UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

Firmado digitalmente por LOPEZ BARRANTES Marco Antonio FAU 20168014962 soft
Cargo: Decano(A)(E)
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.07.2026 17:48:06 -05:00

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

PROVEIDO 001341-2026-UNH/FCI

FECHA
22/07/2026

EXPEDIENTE : **2026-0017083**

ASUNTO: REMITO FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE TESISPARA EL DIA 03-08-2026 HORA 3.00 PM DE LOS INTERESADOS: GARCIA ALFONZO ROGER y ALVARO CCANTO HEBER

Atender en 0 días

REFERENCIA : SOLICITUD Nº - SOLICITO FIJAR FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

OFICIO Nº 000372-2026-EPICH REMITO DOCUMENTO DE ACUERDO AL ART. 17.12 DEL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS, A FIN DE QUE LOS TESISTAS CONTINÚEN SU TRÁMITE PARA SOLICITAR LUGAR, FECHA Y HORA PARA LA SUSTENTACIÓN DE Heber Alvaro Ccente y Roger García Alfonzo.

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
UNIDAD FUNCIONAL DE SECRETARÍA DOCENTE - FCI SÁEZ HUAMÁN WILFREDO	ATENDER	NORMAL	

LOPEZ BARRANTES MARCO ANTONIO

DECANO(A)(e)

SOLICITO: REVISIÓN Y APROBACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

SEÑOR DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

Sr. Dir.

Nosotros, **GARCÍA ALFONZO, Roger**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Hvca identificado con DNI Nº 71278316, código de Matricula **Nº 2018151015** y domiciliado en Av. 28 de abril S/N San Cristobal - Huancavelica y **ALVARO CCENTE, Heber**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Hvca identificado con DNI Nº 61248794, código de Matricula **Nº 2018151001** y domiciliado en Av. Huancavelica S/N San Cristobal - Huancavelica, ante Ud., con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que, en el marco del procedimiento para la obtención del Título profesional cito "Reglamento de Grados y Títulos" de la Universidad Nacional de Huancavelica y habiendo culminado con la ejecución del proyecto de tesis titulado **"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"**, por consiguiente, acudimos a su digno despacho para solicitarle la revisión, aprobación u observación de ser el caso del informe final de Tesis.

Para lo cual, adjuntamos lo siguiente:

- 01 Cd, conteniendo el Archivo del informe Final de Tesis en forma PDF.
- Informe del Asesor.
- Copia de Resolución y Aprobación del proyecto de Tesis.
- Copia de Resolución de Designación de Jurados.

Por lo expuesto: Ruego a usted, señor director que acceda a mi petición por ser de justicia.

Huancavelica, 2 de julio de 2026

GARCÍA ALFONZO, Roger
DNI: 71278316
Cel: 927971688

ALVARO CCENTE, Heber
DNI: 61248794
Cel: 917410605

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

Decanatura

RESOLUCIÓN N° 0296-2026-D-FCI-R-UNH

Huancavelica, 25 de junio de 2026.

VISTOS

Oficio Nº 000303-2026-UNH/EPICH (19-06-2026) proveído Nº 001153 (22-06-2026), por el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica; solicita designación de miembros del Jurado evaluador para revisión y evaluación del informe final de tesis mediante resolución y;

CONSIDERANDO

Que, de conformidad con lo previsto por el artículo 18° de la Constitución Política del Perú y el artículo 8° de la Ley Universitaria N°30220. Cada universidad es autónoma en su régimen normativo, de gobierno, académico, administrativo y económico. Las universidades se rigen por sus propios estatutos en el marco de la Constitución y de las Leyes; y; El Estado reconoce la autonomía universitaria. La autonomía inherente a las universidades se ejerce de conformidad con lo establecido en la Constitución, respetiva.

Que conforme al artículo 15° del Estatuto de la UNH, reformado con Resolución N°004-2026-AU-UNH (19.02.2026); establece que, la autonomía es inherente a la UNH; se ejerce de conformidad con la Constitución Política del Perú, la Ley Universitaria y demás normas. La autonomía es reconocida por el Estado y se manifiesta en los siguientes regímenes normativo gubernativo, académico, administrativo y económico.

Que, conforme al artículo 37 de la norma antes citada establece que las facultades gozan de autonomía académica, normativa, gubernativa, administrativa y económica, dentro del marco de la Ley y el Estatuto.

Que, de conformidad con el Artículo 63º y numerales 63.3 63.4 y 63.5 del Reglamento Único de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica, aprobado con Resolución N° 0430-2026-CU-UNH, de fecha 06 de abril 2026, VERSIÓN 1 Que a la letra dice: Una vez aprobado el informe final de tesis o el trabajo académico por el asesor, los interesados cuentan con un plazo máximo de hasta seis (6) meses para solicitar la designación de jurados...). El jurado evaluador es designado por la Dirección del PSEP. Está integrado por tres (3) docentes titulares y dos (02) accesitarios, deben ser docentes ordinarios o contratados (A1 o B1) afín con el tema de investigación de la especialidad. El jurado es presidido por el docente de mayor categoría o que ostente el mayor grado académico. La Dirección del PSEP

Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado en la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo lo dispuesto por el Art. 25° del D.S. 070.2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser verificados a través de la siguiente dirección. https://appunh.com/validar-documento/900c79c4-3f1d-43ca-97d2-af4af3a23b75/verificar

RESOLUCIÓN N° 0296-2026-D-FCI-R-UNH

Huancavelica, 25 de junio de 2026.

comunica al Decano de la Facultad para que éste emita la resolución correspondiente. El jurado dispone de un plazo máximo de quince (15) días hábiles para revisar el informe final de tesis o el trabajo académico y dictaminar la conformidad el cual puede ser: aprobado y pase a sustentación o devolución para su complementación y/o corrección.

Que, según Resolución de Decano N° 0559-2023-FCI-UNH, de fecha 21 de diciembre del 2023, en su artículo primero. - Se designa al Ing. Carlos Gaspar Paco, Asesor del proyecto de tesis titulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024", de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica.

Que, con proveído Nº 001153 de fecha 22-06-2026, el Decano de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, autoriza al Secretario Docente emitir la resolución correspondiente.

Que, en uso de las atribuciones conferidas al Decano (a) por la Ley Universitaria, el Estatuto de la UNH, y la Resolución del Comité Electoral Universitario N°009-2024-CEU-AU-UNH (16-12-2024), que lo acredita como autoridad.

SE RESUELVE

ARTÍCULO PRIMERO. - DESIGNAR a los miembros del Jurado evaluador para revisión y evaluación del informe final de tesis titulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024", presentado por **Roger Garcia Alfonzo y Heber Alvaro Ccente** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, a los siguientes Docentes:

Ing. OMAR CABALLERO SÁNCHEZ	**: PRESIDENTE**
M.Sc. ELEUTERIO MARTIN ALCÁNTARA ESPINOZA	**: SECRETARIO**
M.Sc. KENNEDY RICHARD GOMEZ TUNQUE	**: VOCAL**
M.Sc. RUSSELL MEJIA CAYLLAHUA	**: ACCESITARIO**
Ing. JUDITH MARTÍNEZ QUISPE	**: ACCESITARIA**

Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado en la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo lo dispuesto por el Art. 25° del D.S. 070.2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser verificados a través de la siguiente dirección. https://appunh.com/validar-documento/900c79c4-3f1d-43ca-97d2-af4af3a23b75/verificar

RESOLUCIÓN N° 0296-2026-D-FCI-R-UNH

Huancavelica, 25 de junio de 2026.

ARTÍCULO SEGUNDO. - **DERIVAR** la presente resolución a interesados, Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica, Unidad Funcional de Gestión de Grados y Títulos, Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, para su conocimiento y trámite correspondiente.

Regístrese, comuníquese y archívese. ----------

Firmado digitalmente por SANCHEZ ARAUJO Victor Guillermo FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25.06.2026 11:02:57 -05:00

Dr. Víctor Guillermo Sánchez Araujo
Decano
Facultad de Ciencias de Ingeniería

Firmado digitalmente por SAEZ HUAMAN Wilfredo FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 25.06.2026 10:47:42 -05:00

Dr. Wilfredo Sáez Huamán
Secretario Docente
Facultad de Ciencias de Ingeniería

Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado en la Universidad Nacional de Huancavelica, siguiendo lo dispuesto por el Art. 25° del D.S. 070.2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser verificados a través de la siguiente dirección. https://appunh.com/validar-documento/900c79c4-3f1d-43ca-97d2-af4af3a23b75/verificar

INFORME N°013-2026-UNH-FCI-EPICH-CGP

AL : **Dr. Marco Antonio lopez barrantes**
Director de la Escuela profesional de Ingeniería Civil-Hvca.

DE : Ing. Carlos Gaspar Paco
Docente

ASUNTO : REMITO INFORME FINAL DE EVALUACION DE TESIS EN CALIDAD DE ASESOR

FECHA : Huancavelica, 11 de mayo del 2026

Es grato dirigirme a usted en calidad de docente de la EPIC-Hvca. y asesor de la tesis: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024" con la finalidad de remitirle el informe final de APROBACION de la tesis presentado por el Bach. ALVARO CCENTE, Heber y el Bach. GARCIA ALFONZO, Roger, habiendo obtenido un puntaje total de 120 según la ficha de evaluación adjunta el presente informe.

Es todo cuanto se informa para los fines que estime por conveniente.

Firmado digitalmente por GASPAR PACO Carlos FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.05.2026 18:20:25 -05:00

Ing. Carlos Gaspar Paco
Asesor

NOMBRE DEL TRABAJO

"Estabilizaci´on de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Coral Pampa, Huancavelica - 2024"

AUTOR

Heber Alvaro Ccente Roger Garcıa Alfonzo

RECUENTO DE PALABRAS

23867 Words

RECUENTO DE CARACTERES

123383 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

270 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

27.0MB

FECHA DE ENTREGA

May 5, 2026 2:38 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 5, 2026 2:41 PM GMT-5

22% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 17% Base de datos de Internet
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 15% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

Firmado digitalmente por GASPAR PACO Carlos FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05/05/2026 14:47:30 -05:00

Ficha de evaluación del informe final de tesis/trabajo de investigación/trabajo académico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUANCAVELICA

FICHA DE EVALUACIÓN DE INFORME DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO

Título de la tesis	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA – 2024"
Tesista(s)	Bach. ALVARO CCENTE Heber Bach. GARCIA ALFONZO Roger
Asesor(a)	Ing. Carlos Gaspar Paco
Jurado Evaluador	Presidente:
	Secretario:
	Vocal:

INCOMPLETO (1)	BUENO (2)	MUY BUENO (3)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN		ESCALA		
TÍTULO		**1**	**2**	**3**
1	El título presenta claridad, precisión y coherencia (mínimo 15 y máximo 20 palabras)		X	
2	Delimitación adecuada		X	
RESUMEN		**1**	**2**	**3**
3	Contiene el problema y objetivo de investigación o población y/o muestra.			X
4	Precisa el método, técnica e instrumentos de estudio.		X	
5	Precisa los resultados, conclusiones y palabras clave.			X
6	Tiene un máximo de 250 palabras y están redactadas en un solo párrafo.		X	
INTRODUCCIÓN		**1**	**2**	**3**
7	Contiene el problema de investigación y los antecedentes de estudio.		X	
8	Se señala los objetivos de investigación y la hipótesis.			X
9	Describe brevemente el estudio y presenta la estructura del informe de investigación.			X
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		**1**	**2**	**3**
10	Delimita y contextualiza el problema.			X
11	La redacción del planteamiento del problema es coherente.		X	
12	Argumentación con referencias bibliográficas.		X	
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		**1**	**2**	**3**
13	La formulación del problema está redactada con claridad y precisión.		X	

14	El problema presenta variable(s) y tiene relación con el título.					X
15	Los problemas específicos se relacionan con el problema general.					X
OBJETIVOS				**1**	**2**	**3**
16	El objetivo general evidencia el propósito del estudio				X	
17	Los objetivos específicos se derivan del objetivo general y son factibles de alcanzar.					X
18	Los objetivos responden al problema de investigación.					X
JUSTIFICACIÓN				**1**	**2**	**3**
19	Se exponen las razones ¿por qué?, ¿para qué? y la viabilidad del estudio.					X
LIMITACIONES				**1**	**2**	**3**
20	Explica las limitaciones en el control de la(s) variable(s), selección de la muestra, instrumentos de medición y la generalización de los resultados.				X	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO						
ANTECEDENTES				**1**	**2**	**3**
21	Presenta los antecedentes y los integra en relación con el problema de investigación.				X	
22	En los antecedentes se mencionan el problema, objetivo(s), metodología, población, resultados y conclusiones.					X
BASES TEÓRICAS				**1**	**2**	**3**
23	La organización de las bases teóricas es coherente y corresponde a las variables de estudio.					X
24	Las bases teóricas fundamentan las variables de estudio.				X	
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS				**1**	**2**	**3**
25	Define los conceptos más relevantes del estudio.				X	
26	Utiliza 10 conceptos como mínimo con fuentes en orden alfabético.				X	
HIPÓTESIS				**1**	**2**	**3**
27	La hipótesis se enuncia de manera clara y precisa.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación			X
28	La hipótesis responde al problema de investigación.				X	
VARIABLES				**1**	**2**	**3**
29	Identifica(n) con precisión la(s) variable(s) de estudio					X
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				**1**	**2**	**3**
30	La operacionalización presenta definición conceptual y operacional de la(s) variable(s) o también presenta dimensiones (si es pertinente), indicadores, ítems o instrumentos					X
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA				**1**	**2**	**3**
31	Identifica el ámbito de estudio.					X
32	Selecciona y fundamenta el tipo y nivel de investigación.					X
33	Existe correspondencia entre nivel y diseño de investigación.					X
34	Señala la población y muestra de estudio.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación		X	
35	Selecciona y fundamenta el tipo de muestreo a utilizar.				X	
36	Selecciona y fundamenta las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.					X
37	Precisa los procedimientos para la recolección de datos.					X

38	Especifica y fundamenta la(s) técnica(s) y procedimientos estadísticos(s) para el análisis de datos.			X
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN				
RESULTADOS		**1**	**2**	**3**
39	Describe en forma detallada y secuencial los resultados y se corresponden con los objetivos.			X
40	Las tablas y las figuras sirven de complemento para la descripción de los resultados.			X
DISCUSIÓN		**1**	**2**	**3**
41	Interpreta y justifica los resultados.		X	
42	Explica la relación de los resultados con los antecedentes, bases teóricas y la hipótesis.		X	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		**1**	**2**	**3**
43	Las conclusiones se sustentan en los resultados y responden a los objetivos.			X
44	Las recomendaciones se corresponden con las conclusiones, se dirige a instituciones, autoridades o personas para implementar los hallazgos del estudio y sugiere nuevas investigaciones.		X	
REFERENCIAS		**1**	**2**	**3**
45	Las citas y referencias se corresponden con el estilo de redacción.			X
46	Todas las citas están referenciadas y validadas.		X	
ANEXOS		**1**	**2**	**3**
47	Incluye la matriz de consistencia, validación del instrumento, instrumentos utilizados, consentimiento informado, base de datos, evidencia de aplicación de instrumento y otros de acuerdo a la naturaleza del estudio.			X

CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo de marcas en cada una de las tres categorías de la escala y anote)	A	B	C

*Puntaje Total = 1(A) + 2(B) + 3(C) =120*_____

Para el resultado final, ubicar el puntaje obtenido en la siguiente tabla:

RESULTADO		INTERVALO
Desaprobado		[1 – 47]
Replantear		(47 – 94]
Aprobado	X	(94 – 141]

Huancavelica, 11 de mayo de 2026

_____	_____	_____
Presidente	Secretario	Vocal

Firmado digitalmente por GASPAR PACO Carlos FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 11.05.2026 18:19:56 -05:00

_____

Asesor

Nota:
* El presente formato de acta es flexible, debiendo contener mínimamente la información descrita.
* * El presente formulario se emplea en dos etapas: I. Verificación previa del asesor y II. Evaluación por los jurados. El asesor completa únicamente los campos relativos a su revisión y firma exclusivamente en su sección. Los jurados completan y firman únicamente en el espacio destinado a sus cargos.
***El jurado reunido, culminada la evaluación de la tesis, el jurado (presidente) debe informar el resultado del presente anexo a la Escuela Profesional.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
(Creada por Ley Nº 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA
Ciudad Universitaria Paturpampa

RESOLUCIÓN DE DECANO
Nº 559-2023-FCI-UNH

Huancavelica, diciembre 21 del 2023.

VISTO:

El expediente, Oficio Nº 000122-2023-UNH/EPIC-HVCA (21-12-2023) con proveído Nº 000242 (21-12-2023) en 10 folios y un archivo digital formato pdf con contenido de la tesis, presentado por el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica; sobre designación de Asesor y aprobación de proyecto de tesis mediante resolución y;

CONSIDERANDO:

Que, según el artículo primero de la Resolución Nº 005-2021-CEU-UNH, (14-06-2021), proclama como ganador de las Elecciones, en el cargo de Decano de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, al Mg. Pedro Antonio Palomino Pastrana, a partir del 03 de mayo del 2021 al 02 de mayo del 2025 y artículo tercero, dispone que los artículos primero y segundo de la presente resolución, los decanos ganadores de las elecciones entraran en vigencia para sus funciones académicas y administrativas a partir del 15 de junio del 2021 hasta la fecha de culminación para los cuales fueron elegidos.

Que, según el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica aprobado con Resolución N° 0469-2023-CU-UNH, de fecha 10-05-2023, indica en el **Art. 21°** fusiones del asesor; a) velar por la calidad de la tesis; **b)** cumplir con los pazos establecidos en el presente reglamento; **c)** Asesor y velar el cumplimiento del desarrollo de la tesis por parte del o los asesorados hasta la sustentación; **d)** verificar la originalidad de la tesis con el software anti plagio oficial de la UNH; **Art. 17°** de la presentación y aprobación; **a)** El/los bachiller (s), egresado (s) o estudiante (s) presentara (n) un a solicitud dirigida al director de la Escuela Profesional, acompañado el proyecto de tesis en medio digital formato PDF, solicitando designación del asesor, debidamente ser un docente ordinario o contratado (A1 o B1) , el asesor y co-asesor pueden ser a propuesta del interesado. En caso de convenios o financiamientos con instituciones, un representante de dicha institución realizaría las funciones del asesor o co-asesor; **c)** el director de escuela profesional notifica el proyecto de investigación al asesor para su revisión en el plazo máximo de quince días (15) días hábiles, debiendo este emitir un informe al director de escuela profesional dando a conocer el resultado de la evaluación, adjunto el proyecto en un medio digital. **d)** en caso de ser favorable, el director de Escuela profesional solicita al decano la designación de asesor y aprobación del proyecto de tesis, con resolución de decano; para ser notificado al responsable de investigación de la Escuela Profesional para su inscripción. **e)** ***una vez emitida la resolución de aprobación del proyecto de tesis, el o los interesados procederán a ejecutar el proyecto cuya vigencia no excederá de tres años (presentación de la tesis a la escuela profesional) a partir de la fecha de la notificación de la resolución. Vencido dicho plazo el/los interesados deberán presentar un nuevo proyecto de tesis.***

Que, el decano de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, autoriza al secretario docente con proveído Nº 000242 de fecha 21-12-2023, la emisión de la resolución correspondiente.

Que, en uso de las atribuciones que le confieren al Decano y al amparo de la Ley Universitaria Nº 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de Huancavelica.

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **DESIGNAR** al Ing. Carlos Gaspar Paco, Asesor del proyecto de tesis titulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024", de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica.

ARTÍCULO SEGUNDO.- **APROBAR** el proyecto de tesis titulado: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024", presentado por **Roger Garcia Alfonzo y Heber Alvaro Ccente** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica.

ARTÍCULO TERCERO. - **DERIVAR** la presente Resolución a los: interesados, Asesor, responsable de Investigación y Dirección de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil-Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería, Universidad Nacional de Huancavelica, para su conocimiento y trámite correspondiente.

Regístrese, comuníquese y archívese----------"

Firmado digitalmente por PALOMINO PASTRANA Pedro Antonio FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.12.2023 09:27:49 -05:00

Dr. PEDRO ANTONIO PALOMINO PASTRANA
Decano

Firmado digitalmente por ARTICA FELIX Marino FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.12.2023 09:10:07 -05:00

Ing. MARINO ARTICA FELIX
Secretario Docente


REPUBLICA DEL PERU
REGISTRO NACIONAL DE IDENTIFICACION Y ESTADO CIVIL
DOCUMENTO NACIONAL DE IDENTIDAD
DNI 71278316 - 3
71278316
GARCIA
Primer Apellido
GARCIA
Segundo Apellido
ALFONZO
Pre Nombres
ROGER
Nacimiento: Fecha y Ubigeo
06 07 1996 080120
Sexo Estado Civil
M S
Fecha Inscripción
11 03 2008
Fecha Emisión
11 04 2022
Fecha Caducidad
11 04 2030
I<PER71278316<5<<<<<<<<<<<<<<<
9607066M3004113PER<<<<<<<<<<<4
GARCIA<<ROGER<<<<<<<<<<<<<<<<


CONSTANCIA DE SUFRAGIO
CONSTANCIA DE SUFRAGIO
CONSTANCIA DE SUFRAGIO
CONSTANCIA DE SUFRAGIO
CONSTANCIA DE SUFRAGIO
CONSTANCIA DE SUFRAGIO
CONSTANCIA DE SUFRAGIO
Indice Der.
Departamento
HUANCAVELICA
Provincia
HUANCAVELICA
Distrito
HUANDO
Dirección
C.P TINYACCLLA
Observaciones
Donación de Organos NO
Grupo de Votación 275134
CARMEN VELARDE KOECHLIN
JEFE NACIONAL
000221 000221 071620 0205 95812376

REPÚBLICA DEL PERÚ
REGISTRO NACIONAL DE IDENTIFICACIÓN Y ESTADO CIVIL
DOCUMENTO NACIONAL DE IDENTIDAD

CUI
71248794-7



71248794

Primer Apellido
ALVARO

Segundo Apellido
CCENTE

Prenombres
HEBER

569839

Sexo	Nacionalidad	Fecha de Nacimiento
M	PER	03 11 1998

Estado Civil	Fecha de Emisión
SOLTERO	24 04 2024

N° de Tarjeta	Fecha de Caducidad
0203942829	24 04 2032

Constancia de Sufragio	Constancia de Sufragio	Constancia de Sufragio	Constancia de Sufragio

116297
Grupo de Votación
080101
Cuarto Nivel

Ubigeo de Nacimiento 080103
Donacion de Órganos NO
Grupo y Factor Sanguíneo

Dirección
AV. HUANCAVELICA LT-01 INT. MZ Q-CIUDAD UNIVERSITARIA BARRIO SAN CRISTOBAL

Departamento/Provincia/Distrito
HUANCAVELICA/HUANCAVELICA/HUANCAVELICA

Carmen Velarde Koechlin
Jefa Nacional

I<PER71248794<8<<<<<<<<<<<<<<<
9811038M3204245PER<<<<<<<<<<<6
ALVARO<<HEBER<<<<<<<<<<<<<<<<

EN NOMBRE DE LA NACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

El Rector de la Universidad Nacional de Huancavelica

Por cuanto:

El Consejo Universitario de esta universidad en sesión del **06 de noviembre de 2023,** ha acordado conferir el

Grado académico de:

BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL

a Don (ña):

ROGER GARCIA ALFONZO

Carrera Profesional de: **INGENIERÍA CIVIL**

Aprobado por la Facultad de: **CIENCIAS DE INGENIERÍA**

Por tanto:

Se expide el presente **DIPLOMA,** para que se le reconozca como tal y se le otorgue los beneficios y goces que las leyes de la República lo acuerdan.

Huancavelica, **29 de noviembre de 2023**

Firmado digitalmente por PALOMINO TORRES Edgardo Felix FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.12.2023 10:35:50 -05:00

EDGARDO FELIX PALOMINO TORRES
RECTOR

Firmado digitalmente por QUISPE VIDALON Daniel FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2023 16:39:48 -05:00

DANIEL QUISPE VIDALON
SECRETARIO GENERAL

Firmado digitalmente por PALOMINO PASTRANA Pedro Antonio FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.11.2023 09:21:33 -05:00

PEDRO ANTONIO PALOMINO PASTRANA
DECANO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
SECRETARÍA GENERAL - GRADOS Y TÍTULOS



Código de la universidad:	051
Tipo de documento:	1
Número de documento:	71278316
Abreviatura Grado/Título:	B
Modalidad de obtención del grado o título:	Bachiller Automático
Modalidad de estudios:	P
Número de resolución de otorgamiento:	1258-2023-CU-UNH
Fecha de resolución de otorgamiento:	22/11/2023
Número de diploma:	0014106
Tipo de emisión del diploma:	O
Libro:	059
Folio:	011-A
Registro:	11656

Firmado digitalmente por QUISPE VIDALON Daniel FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2023 16:39:55 -05:00

DANIEL QUISPE VIDALON
SECRETARIO GENERAL

Firmado digitalmente por MATAMOROS HUAMAN Nancy Rocio FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2023 10:37:03 -05:00

NANCY ROCIO MATAMOROS HUAMAN
JEFA DE LA UNIDAD DE GRADOS Y TÍTULOS

Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el artículo 25 de D.S.070 - 2013 - PCM y la tercera disposición complementaria del D.S 025 - 2015 - PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web http://appunh.com/diploma/1b1e425d-f064-4b6b-8914-90755533ddd4/verificar.

EN NOMBRE DE LA NACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

El Rector de la Universidad Nacional de Huancavelica

Por cuanto:

El Consejo Universitario de esta universidad en sesión del **06 de noviembre de 2023,** ha acordado conferir el

Grado académico de:

BACHILLER EN INGENIERÍA CIVIL

a Don (ña):

HEBER ALVARO CCENTE

Carrera Profesional de: **INGENIERÍA CIVIL**

Aprobado por la Facultad de: **CIENCIAS DE INGENIERÍA**

Por tanto:

Se expide el presente **DIPLOMA,** para que se le reconozca como tal y se le otorgue los beneficios y goces que las leyes de la República lo acuerdan.

Huancavelica, **29 de noviembre de 2023**

Firmado digitalmente por PALOMINO TORRES Edgardo Felix FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.12.2023 10:35:09 -05:00

EDGARDO FELIX PALOMINO TORRES
RECTOR

Firmado digitalmente por QUISPE VIDALON Daniel FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2023 16:39:32 -05:00

DANIEL QUISPE VIDALON
SECRETARIO GENERAL

Firmado digitalmente por PALOMINO PASTRANA Pedro Antonio FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 29.11.2023 09:21:15 -05:00

PEDRO ANTONIO PALOMINO PASTRANA
DECANO

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
SECRETARÍA GENERAL - GRADOS Y TÍTULOS



Código de la universidad:	051
Tipo de documento:	1
Número de documento:	71248794
Abreviatura Grado/Título:	B
Modalidad de obtención del grado o título:	Bachiller Automático
Modalidad de estudios:	P
Número de resolución de otorgamiento:	1258-2023-CU-UNH
Fecha de resolución de otorgamiento:	22/11/2023
Número de diploma:	0014107
Tipo de emisión del diploma:	O
Libro:	059
Folio:	011-B
Registro:	11657

Firmado digitalmente por QUISPE VIDALON Daniel FAU 20168014982 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2023 16:39:40 -05:00

DANIEL QUISPE VIDALON
SECRETARIO GENERAL

Firmado digitalmente por MATAMOROS HUAMAN Nancy Rocio FAU 20168014982 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.11.2023 10:36:53 -05:00

NANCY ROCIO MATAMOROS HUAMAN
JEFA DE LA UNIDAD DE GRADOS Y TITULOS

Este es un documento auténtico imprimible de un elemento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica aplicando lo dispuesto por el artículo 25 de D.S.070 - 2013 - PCM y la tercera disposición complementaria del D.S 026 - 2016 - PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web http://apps.unh.com/dgsoma/?43a0-428-88be-4ad0-8a39-ca6845cd09d9/verificar

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
UNIDAD DE TESORERIA - CAJA
FORMULARIO DE PAGO
FP FP01-59047

CLIENTE : ROGER GARCIA ALFONZO
DNI/COD : 2018151015
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL

FECHA : 2026-07-22 11:47:33
CAJERO : ROMUALDO FERNANDEZ GARCIA

DETALLE DEL PAGO

DERECHO DE SUSTENTACION PARA EGRESADOS DE LA UNH TÍTULO PROFESIONAL
Cant:1.00 P.U:S/500.00 ST:S/500.00

COMISION POR OPERACIONES EN CAJA IGUALES Y/O MAYORES A S/. 20
Cant:1.00 P.U:S/1.00 ST:S/1.00

TOTAL A PAGAR : S/ 501.00

GRACIAS POR SU PREFERENCIA
22/7/2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
CAJA CENTRAL UNH
Adm. Romualdo Fernandez Garcia
UNH

Escaneado con CamScanner

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
UNIDAD DE TESORERIA - CAJA
FORMULARIO DE PAGO
FP FP01-59046

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
CAJA CENTRAL UNH
Lic. Adm. Romualdo Fernández García
UNH

CLIENTE : HEBER ALVARO CCENTE
DNI/COD : 2018151001
ESCUELA : INGENIERÍA CIVIL

FECHA . 2026-07-22 11:46.46
CAJERO . ROMUALDO FERNANDEZ GARCIA

DETALLE DEL PAGO
DERECHO DE SUSTENTACION PARA EGRESADOS DE LA UNH TITULO PROFESIONAL
Cant:1.00 P.U:S/500.00 ST:S/500.00

COMISION POR OPERACIONES EN CAJA IGUALES Y/O MAYORES A S/. 20
Cant:1.00 P.U:S/1.00 ST:S/1.00

TOTAL A PAGAR : S/ 501.00

GRACIAS POR SU PREFERENCIA
22/7/2026

Ficha de evaluación del informe final de tesis/trabajo de investigación/trabajo académico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por ley N° 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUANCAVELICA

FICHA DE EVALUACIÓN DE INFORME DE TESIS/TRABAJO DE INVESTIGACIÓN/TRABAJO ACADÉMICO

Título de la tesis	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA – 2024"
Tesista(s)	Bach. ALVARO CCENTE Heber Bach. GARCIA ALFONZO Roger
Asesor(a)	Ing. Carlos Gaspar Paco
Jurado Evaluador	Presidente: ING. CABALLERO SANCHEZ OMAR
	Secretario: M Sc. ALCÁNTARA ESPINOZA ELEUTERIO MARTÍN
	Vocal: M Sc. KENNEDY RICHARD GOMEZ TUNQUE

INCOMPLETO (1)	BUENO (2)	MUY BUENO (3)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN		ESCALA		
TÍTULO		**1**	**2**	**3**
1	El título presenta claridad, precisión y coherencia (mínimo 15 y máximo 20 palabras)			X
2	Delimitación adecuada			X
RESUMEN		**1**	**2**	**3**
3	Contiene el problema y objetivo de investigación o población y/o muestra.		X	
4	Precisa el método, técnica e instrumentos de estudio.		X	
5	Precisa los resultados, conclusiones y palabras clave.			X
6	Tiene un máximo de 250 palabras y están redactadas en un solo párrafo.		X	
INTRODUCCIÓN		**1**	**2**	**3**
7	Contiene el problema de investigación y los antecedentes de estudio.		X	
8	Se señala los objetivos de investigación y la hipótesis.			X
9	Describe brevemente el estudio y presenta la estructura del informe de investigación.			X
CAPÍTULO I. EL PROBLEMA				
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA		**1**	**2**	**3**
10	Delimita y contextualiza el problema.		X	
11	La redacción del planteamiento del problema es coherente.		X	
12	Argumentación con referencias bibliográficas.			X
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA		**1**	**2**	**3**
13	La formulación del problema está redactada con claridad y precisión.			X

14	El problema presenta variable(s) y tiene relación con el título.				X	
15	Los problemas específicos se relacionan con el problema general.				X	
OBJETIVOS				**1**	**2**	**3**
16	El objetivo general evidencia el propósito del estudio				X	
17	Los objetivos específicos se derivan del objetivo general y son factibles de alcanzar.					X
18	Los objetivos responden al problema de investigación.					X
JUSTIFICACIÓN				**1**	**2**	**3**
19	Se exponen las razones ¿por qué?, ¿para qué? y la viabilidad del estudio.				X	
LIMITACIONES				**1**	**2**	**3**
20	Explica las limitaciones en el control de la(s) variable(s), selección de la muestra, instrumentos de medición y la generalización de los resultados.				X	
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO						
ANTECEDENTES				**1**	**2**	**3**
21	Presenta los antecedentes y los integra en relación con el problema de investigación.					X
22	En los antecedentes se mencionan el problema, objetivo(s), metodología, población, resultados y conclusiones.				X	
BASES TEÓRICAS				**1**	**2**	**3**
23	La organización de las bases teóricas es coherente y corresponde a las variables de estudio.					X
24	Las bases teóricas fundamentan las variables de estudio.					X
DEFINICIÓN DE TÉRMINOS				**1**	**2**	**3**
25	Define los conceptos más relevantes del estudio.					X
26	Utiliza 10 conceptos como mínimo con fuentes en orden alfabético.				X	
HIPÓTESIS				**1**	**2**	**3**
27	La hipótesis se enuncia de manera clara y precisa.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación			X
28	La hipótesis responde al problema de investigación.					X
VARIABLES				**1**	**2**	**3**
29	Identifica(n) con precisión la(s) variable(s) de estudio					X
OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES				**1**	**2**	**3**
30	La operacionalización presenta definición conceptual y operacional de la(s) variable(s) o también presenta dimensiones (si es pertinente), indicadores, ítems o instrumentos				X	
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA				**1**	**2**	**3**
31	Identifica el ámbito de estudio.				X	
32	Selecciona y fundamenta el tipo y nivel de investigación.					X
33	Existe correspondencia entre nivel y diseño de investigación.				X	
34	Señala la población y muestra de estudio.	Proyectos de investigación que consideren hipótesis, se califica y se otorga el puntaje correspondiente	Proyectos de investigación que no consideren hipótesis, se asigna la máxima puntuación			X
35	Selecciona y fundamenta el tipo de muestreo a utilizar.					X
36	Selecciona y fundamenta las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.				X	
37	Precisa los procedimientos para la recolección de datos.				X	

38	Especifica y fundamenta la(s) técnica(s) y procedimientos estadísticos(s) para el análisis de datos.			X
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN				
RESULTADOS		**1**	**2**	**3**
39	Describe en forma detallada y secuencial los resultados y se corresponden con los objetivos.			X
40	Las tablas y las figuras sirven de complemento para la descripción de los resultados.		X	
DISCUSIÓN		**1**	**2**	**3**
41	Interpreta y justifica los resultados.		X	
42	Explica la relación de los resultados con los antecedentes, bases teóricas y la hipótesis.			X
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		**1**	**2**	**3**
43	Las conclusiones se sustentan en los resultados y responden a los objetivos.			X
44	Las recomendaciones se corresponden con las conclusiones, se dirige a instituciones, autoridades o personas para implementar los hallazgos del estudio y sugiere nuevas investigaciones.		X	
REFERENCIAS		**1**	**2**	**3**
45	Las citas y referencias se corresponden con el estilo de redacción.			X
46	Todas las citas están referenciadas y validadas.			X
ANEXOS		**1**	**2**	**3**
47	Incluye la matriz de consistencia, validación del instrumento, instrumentos utilizados, consentimiento informado, base de datos, evidencia de aplicación de instrumento y otros de acuerdo a la naturaleza del estudio.			X

CONTEO TOTAL DE MARCAS (realice el conteo de marcas en cada una de las tres categorías de la escala y anote)		21	26
	A	B	C

*Puntaje Total = 1(A) + 2(B) + 3(C) =120*_____*120*_____

Para el resultado final, ubicar el puntaje obtenido en la siguiente tabla:

RESULTADO		INTERVALO
Desaprobado		[1 – 47]
Replantear		(47 – 94]
Aprobado	X	(94 – 141]

Huancavelica, 14 de julio de 2026

Firmado digitalmente por CABALLERO SANCHEZ Omar FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.07.2026 11:26:32 -05:00

Presidente

Firmado digitalmente por ALCANTARA ESPINOZA Eleuterio Martin FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.07.2026 11:33:24 -05:00

Secretario

Firmado digitalmente por GOMEZ TUNQUE Kennedy Richard FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 14.07.2026 17:37:29 -05:00

Vocal

Asesor

Nota:
* El presente formato de acta es flexible, debiendo contener mínimamente la información descrita.
* * El presente formulario se emplea en dos etapas: I. Verificación previa del asesor y II. Evaluación por los jurados. El asesor completa únicamente los campos relativos a su revisión y firma exclusivamente en su sección. Los jurados completan y firman únicamente en el espacio destinado a sus cargos.
***El jurado reunido, culminada la evaluación de la tesis, el jurado (presidente) debe informar el resultado del presente anexo a la Escuela Profesional.

Firmado digitalmente por GASPAR PACO Carlos FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.07.2026 17:46:35 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 21 de Julio del 2026

INFORME N° 000011-2026-UNH/DAICH-CGP

A: **IVAN ARTURO AYALA BIZARRO**
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

ASUNTO: **REMITO INFORME FINAL DE TESIS APTO PARA SUSTENTACION DE LOS BACHILLERES HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCÍA ALFONZO DE ACUERDO AL REGLAMENTO DE GRADOS Y TITULOS INCISO 17.12 EL ASESOR DEVUELVE AL DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL EL INFORME FINAL DE TESIS JUNTO CON EL REPORTE DE SIMILITUD COMPLETO, CON UN PORCENTAJE IGUAL O MENOR AL TREINTA POR CIENTO (30%) DE COINCIDENCIA.**

Referencia: PROVEIDO 000782-2026-UNH/EPICH (21JUL2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 21 de Julio de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, en mi condición de asesor de tesis, remitir el Informe Final de Tesis, conjuntamente con el Reporte de Similitud completo generado mediante el **software antiplagio Turnitin**, correspondiente al trabajo de investigación titulado: **"Estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024**", elaborado por los bachilleres **Heber Alvaro Ccente y Roger García Alfonzo.**

Como resultado de la evaluación de similitud, el reporte registra un 18 % de coincidencia, porcentaje que se encuentra dentro del límite permitido por el inciso 17.12 del Reglamento de Grados y Títulos vigente, el cual establece:

"El asesor devuelve al director de la Escuela Profesional el informe final de tesis junto con el reporte de similitud completo, con un porcentaje igual o menor al treinta por ciento (30 %) de coincidencia."

En ese sentido, al haberse cumplido con lo establecido en la normativa vigente y verificarse que el porcentaje de similitud es inferior al máximo permitido, el Informe Final de Tesis se encuentra **APTO PARA LA SUSTENTACIÓN DE TESIS,** por lo que se remite para el trámite correspondiente.

Adjunto:

- Reporte de similitud completo (Turnitin).

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

CARLOS GASPAR PACO
ASESOR
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

N° Expediente: 2026-0017083

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: **https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do**
Código de Verificación: **CCSCO3P**

www.unh.edu.pe
Jr. Victoria Garma N° 330 y
Jr. Hipólito Unanue N° 209.
Local Central - Huancavelica

NOMBRE DEL TRABAJO

Estabilizaci´on de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Coral Pampa, Huancavelica - 2024

AUTOR

Heber Alvaro Ccente Roger Garcıa Alfonzo

RECUENTO DE PALABRAS

22121 Words

RECUENTO DE CARACTERES

114806 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

261 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

23.3MB

FECHA DE ENTREGA

Jul 21, 2026 5:21 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jul 21, 2026 5:24 PM GMT-5

18% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 14% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 14% Base de datos de trabajos entregados

Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)

Firmado digitalmente por GASPAR PACO Carlos FAU 20155014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.07.2026 17:33:00 -05:00

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL-HUANCAVELICA

TESIS

"Estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTADO POR:

Heber Alvaro Ccente

Roger García Alfonzo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAVELICA, PERÚ

2026

Título

"Estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

Autor

Heber Alvaro Ccente
Roger García Alfonzo

Asesor

Ing. Carlos Gaspar Paco

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3594-0815

DNI: 23261897

Dedicatoria

A Dios por la vida, por guiar mis pasos y brindarme fortaleza en cada etapa de este camino
A mis padres, Dionisio y Teresa, por su sacrificio, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas y acompañarme en cada momento de mi formación universitaria.
A Analy chanco, por guiarme y apoyarme en mi formación como futuro profesional de éxito.

ALVARO CCENTE, Heber

A mis padres, Teodora María y Feliciano por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional. Asimismo, a mis hermanos (as) Angel, Jaime, Karina, Saul, Norma y Dina por apoyarme en todo momento.
GARCÍA ALFONZO, Roger

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por sus bendiciones en el día a día, por cuidarnos y guiarnos en este buen camino, por darnos salud, brindarnos la fuerza y sabiduría para salir adelante y cumplir nuestros objetivos.

A Ing. Carlos Paco, por su apoyo y motivación en el desarrollo de esta tesis como asesor.

Agradecemos a nuestros padres y hermanos (as) por sus muestras de apoyo y por estar con nosotros en cada momento.

Agradecemos a los docentes de la Universidad Nacional de Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, por su contribución en nuestra formación académica y profesional.

Tabla de Contenidos

Portada I

Acta de sustentación I

Certificado de Similitud I

Título II

Autor III

Asesor IV

Dedicatoria V

Agradecimiento VI

Tabla de Contenidos XI

Tabla de contenidos de Cuadros XIII

Tabla de contenidos de Figuras XV

Resumen XVI

Abstract XVII

Introducción XVIII

CAPÍTULO I **22**

1 EL PROBLEMA **22**

1.1 Planteamiento del problema 22

1.2 Formulación del problema . . . 24
1.2.1 Problema general . . . 24
1.2.2 Problemas específicos . . . 24
1.3 Objetivos: . . . 24
1.3.1 Objetivo general . . . 24
1.3.2 Objetivos específicos . . . 25
1.4 Justificación . . . 25
1.4.1 Justificación Práctica . . . 26
1.4.2 Justificación Metodológica . . . 26

2 MARCO TEÓRICO **27**

2.1 Antecedentes . . . 27
2.1.1 Internacional . . . 27
2.1.2 Nacional . . . 28
2.1.3 Local . . . 31
2.2 Bases teóricas . . . 31
2.2.1 Suelos Expansivos . . . 31
2.2.2 Estructura de Arcilla . . . 31
2.2.3 Estabilización de Suelos Arcillosos . . . 33
2.2.4 Subrasante . . . 33
2.2.5 Ceniza . . . 34
2.2.5.1 Ceniza de Eucalipto . . . 34
2.2.6 Suelo . . . 37
2.2.7 Clasificación de Suelos . . . 38
2.2.7.1 Sistema SUCS . . . 39
2.2.7.2 Sistema AASHTO . . . 40
2.2.8 Análisis granulométrico . . . 41
2.2.9 Límites de Consistencia . . . 42
2.2.10 Ensayo de Proctor Modificado . . . 44
2.2.11 Ensayo California Bearing Ratio (CBR) . . . 47
2.3 Definición de términos . . . 49
2.4 Hipótesis . . . 50

2.4.1 Hipótesis general 50
2.4.2 Hipótesis específicas: 51
2.5 Variables 51
2.5.1 Variables Independientes 51
2.5.2 Variables Dependientes 51
2.6 Operacionalización de variables 51

3 METODOLOGÍA **53**
3.1 Ámbito espacial y temporal 53
3.1.1 Ámbito Espacial 53
3.1.2 Ámbito Temporal 56
3.2 Métodos de investigación 56
3.2.1 Tipo de investigación 56
3.2.2 Nivel de investigación 56
3.2.3 Diseño de investigación 57
3.3 Población, muestra y muestreo 57
3.3.1 Población 57
3.3.2 Muestra 58
3.3.3 Muestreo 58
3.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos para recolección de datos 59
3.4.1 Técnicas 59
3.4.2 Instrumentos 60
3.4.2.1 Validez 61
3.4.2.2 Confiabilidad 61
3.5 Técnicas de procesamiento de análisis de datos 61
3.5.1 Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos 61
3.5.2 Precesamiento de Datos 61

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN **63**
4.1 Presentación y análisis de resultados 63
4.1.1 Obtención de las muestras 63
4.1.2 Exploracion de calicatas 63

4.1.3 Obtención de cenizas de eucalipto 64
4.1.4 Contenido de Humedad ASTM D-2216 65
4.1.4.1 Objetivo 65
4.1.4.2 Norma de referencia 66
4.1.4.3 Equipos y Materiales 66
4.1.4.4 Ejecución del ensayo 66
4.1.4.5 Resultados del ensayo 67
4.1.5 Análisis granulométrico 68
4.1.5.1 Objetivo 68
4.1.5.2 Norma de Referencia 68
4.1.5.3 Equipos y Materiales 69
4.1.5.4 Procedimiento del Ensayo 69
4.1.5.5 Resultados del ensayo 70
4.1.6 Ensayo de Límite de consistencia 76
4.1.6.1 Objetivo 76
4.1.6.2 Norma de Referencia 76
4.1.6.3 Equipos y Materiales 76
4.1.6.4 Procedimiento del Ensayo 77
4.1.6.5 Resultados del ensayo 79
4.1.7 Proctor Modificado 84
4.1.7.1 Objetivo 84
4.1.7.2 Norma de Referencia 85
4.1.7.3 Equipos y Materiales 85
4.1.7.4 Procedimiento del Ensayo 85
4.1.7.5 Resultados del ensayo 86
4.1.8 Ensayo de CBR 91
4.1.8.1 Objetivo 91
4.1.8.2 Norma de Referencia 91
4.1.8.3 Equipos y Materiales 92
4.1.8.4 Procedimiento del Ensayo 92
4.1.8.5 Resultados del ensayo 93

4.2 Prueba de hipótesis 99
4.2.1 Hipótesis especifica 01 99
4.2.2 Hipótesis especifica 02 102
4.2.3 Hipótesis especifica 03 104
4.3 Discusión de los resultados 107

Conclusiones **109**

Recomendaciones **110**

Referencias **111**

Anexos **115**
A.1. Matriz de consistencia 116
A.2. Ensayos de laboratorio 118
A.3. Planos 249
A.4. Constancia de Laboratorio 251
A.5. Panel fotográfico 253

Tabla de contenidos de Cuadros

Tabla 1 Categorías de la Subrasante 34
Tabla 2 Clasificación según sus propiedades físicas 35
Tabla 3 Clasificación según la taxonomía del eucalipto 36
Tabla 4 Componentes químicos de las cenizas de eucalipto 37
Tabla 5 Clasificación de suelos AASHTO – SUCS 39
Tabla 6 Clasificación de suelos según el tamaño de partículas 42
Tabla 7 Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad 44
Tabla 8 Relación con la presión y penetración 48
Tabla 9 Operacionalización de variables 52
Tabla 10 Ubicación Geográfica - localidad Quiralquichqui. 55
Tabla 11 Ubicacion de la Calicatas 64
Tabla 12 Resultados de contenido de humedad 68
Tabla 13 Analisis granulometrico de la Calicata - 01 71
Tabla 14 Análisis de granulometría de la Calicata - 02 72
Tabla 15 Análisis de granulometría de la Calicata - 03 74
Tabla 16 Clasificación de suelos de la $C_0$1, C_2 y C_3 75
Tabla 17 Límite de consistencia - Calicata - 01 79
Tabla 18 Límite de consistencia - Calicata - 02 81
Tabla 19 Límite de consistencia - Calicata - 03 82
Tabla 20 Resumen de ensayo de Límite de Consistencia de la C-01,C-02 y C-03 83
Tabla 21 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-01. 87

Tabla 22 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-02. 88
Tabla 23 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-03. 89
Tabla 24 Resumen de ensayo - Proctor Modificado de la C_1, C_2 y C_3 . 90
Tabla 25 Ensayo de CBR de la C-01. 94
Tabla 26 Ensayo de CBR de la C-02. 95
Tabla 27 Ensayo de CBR de la C-03. 96
Tabla 28 Resumen de Ensayo de CBR de la C-01,C-02 y C-03. 98
Tabla 29 Valores de Índice de plasticidad 100
Tabla 30 Estadística descriptiva de Índice de plasticidad 100
Tabla 31 Valores de Máxima densidad seca 102
Tabla 32 Estadística descriptiva de Máxima densidad seca 103
Tabla 33 Valores de CBR al 95 % de las muestras 105
Tabla 34 Estadística descriptiva de CBR al 95 % 105

Tabla de contenidos de Figuras

Figura 1 Carrtera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa 23

Figura 2 Diagrama de las estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita. 32

Figura 3 Ceniza de Eucalipto 35

Figura 4 Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS 40

Figura 5 Clasificación de los Suelos según sistema AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282 41

Figura 6 Límites de Atterberg 43

Figura 7 Recipiente cilíndrico de 6.0 pulg para el ensayo de Proctor modificado. 45

Figura 8 Corrección de las curvas presión – penetración. 48

Figura 9 Mapa de ubicación y localización 54

Figura 10 Vista Panorámica localidad de Quiralquichqui. 55

Figura 11 Excavación de Calicatas 64

Figura 12 Obtención de Cenizas de Eucalipto 65

Figura 13 Las muestras para el ensayo de contenido de humedad . . . 67

Figura 14 Las muestras para ensayo - contenido de humedad 70

Figura 15 Gráfica granulométrica de la Calicata - 01 71

Figura 16 Gráfica granulométrica de la Calicata - 02 73

Figura 17 Gráfica granulométrica de la Calicata - 03 74

Figura 18 Curvas granulométricas de las Calicatas 75

Figura 19 Resultados de límites de consistencia - Calicata C_1 80

Figura 20 Resultados de límites de consistencia de la C-02 81

Figura 21 Resultados de límites de consistencia - Calicata-03 82
Figura 22 Resultados - Indice de Plasticidad 84
Figura 23 Resultados - Proctor Modificado de la C-01 87
Figura 24 Resultados - Proctor Modificado de la C-02 88
Figura 25 Resultados - Proctor Modificado de la C-03 89
Figura 26 Resultados de variación de Densidad Máxima Seca 91
Figura 27 Resultados del ensayo C.B.R de la C-01 94
Figura 28 Resultados del ensayo C.B.R de la C-02 95
Figura 29 Resultados del ensayo C.B.R de la C-03 97
Figura 30 Resumen de ensayo de CBR al 95 98
Figura 31 Resultados gráficos de Índice de plasticidad. 101
Figura 32 Resultados gráficos de la máxima densidad seca. 103
Figura 33 Resultados gráficos del CBR al 95 % de la MDS. 106
Figura A1 Reconocimiento y identificación del área de estudio. 254
Figura A2 Exploración de calicata para toma de muestras de suelo del tramo de estudio. 255
Figura A3 Procedimiento - ensayo de contenido de humedad natural de las calicatas. 256
Figura A4 Procedimiento - ensayo de los Límites de Atterberg de las calicatas. 257
Figura A5 Procedimiento de ensayo de análisis de granulometría - suelo natural de las calicatas. 258
Figura A6 Procedimiento de obtención de ceniza de eucalipto. 259
Figura A7 Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado de muestra natural de calicatas. 260
Figura A8 Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado con adición de ceniza de eucalipto. 261
Figura A9 Procedimiento del ensayo de C.B.R de muestra natural de calicatas. 262
Figura A10 Procedimiento del ensayo de C.B.R con adición de ceniza de eucalipto. 263

Resumen

En el presente estudio se analiza la influencia de cenizas de eucalipto para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui- Corral Pampa, Huancavelica. La investigación realizada es de tipo aplicada, con un nivel explicativo y un diseño cuasi experimental.

Para el desarrollo del estudio se realizaron ensayos especializados en laboratorio con muestras de suelo natural y suelo estabilizado con ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 %. La muestra del suelo natural presentó IP alto, con un índice de plasticidad (IP) de 17.77 %, la cual disminuyó en IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 % con la adición de ceniza de eucalipto. La máxima densidad seca (MDS) aumentó significativamente con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para la muestra del suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3 y al agregar en 8 %, 14 % y 22 % aumento en MDS = 1.905 g/cm^3, MDS = 2.013 g/cm^3 y MDS = 1.850 g/cm^3. Asimismo, el CBR al 95 % para la muestra natural fue de 4.46 %, clasificándose como subrasante pobre; sin embargo, al adicionar ceniza de eucalipto, la resistencia se incrementó notablemente, alcanzando valores de CBR de 15.59 %, 52.93 % y 46.04 %, el mayor valor de CBR (52.93 %) fue obtenido con la adición de 14 % de ceniza de eucalipto. En conclusión, la ceniza de eucalipto mejora la resistencia del suelo reduciendo la plasticidad, incrementando la máxima densidad seca.

Palabras clave: California Bearing Ratio (CBR), Proctor modificado, Limite de Consistencia y Ceniza de Eucalipto.

Abstract

This study analyzes the influence of eucalyptus ash to improve the physical and mechanical properties of expansive soils at subgrade level on the Quiralquichqui-Corral Pampa road, Huancavelica. The research carried out is of an applied type, with an explanatory level and a quasi-experimental design.

For the development of the study, specialized laboratory tests were carried out with samples of natural soil and soil stabilized with eucalyptus ash in proportions of 8 %, 14 % and 22 %. The natural soil sample presented high IP, with a plasticity index (IP) of 17.77 %, which decreased in IP=12.86 %, IP=10.61 % and IP=5.97 % with the addition of eucalyptus ash. The maximum dry density (MDS) increased significantly with the incorporation of eucalyptus ash, reaching for the natural soil sample a value of MDS = 1.835 g/cm3 and when adding in 8 %, 14 % and 22 % increase in MDS = 1.905 g/cm3, MDS = 2.013 g/cm3 and MDS = 1.850 g/cm3. Also, the 95 % CBR for the natural sample was 4.46 %, being classified as poor subgrade; however, by adding eucalyptus ash, the resistance was markedly increased, reaching CBR values of 15.59 %, 52.93 % and 46.04 %, the highest CBR value (52.93 %) was obtained with the addition of 14 % eucalyptus ash. In conclusion, eucalyptus ash improves soil resistance by reducing plasticity, increasing the maximum dry density.

Keywords: California Bearing Ratio (CBR), Modified Proctor, Consistency Limit and Eucalyptus Ash.

Introducción

Los suelos expansivos presentan uno de los principales problemas geotécnicos en la infraestructura vial, ya que experimentan variaciones volumétricas frente a la presencia de agua, en caso de que al nivel de la subrasante se haya determinado la existencia de propiedades físicas propias de suelos expansivos, se priorizará su estabilización según MTC (2014).

Una alternativa de solución consiste en mejorar el comportamiento mecánico y volumétrico de estos materiales cuando conforman la subrasante, mediante su estabilización con productos adicionados. Entre estos, las cenizas destacan como un material fino compuesto por silicatos, aluminio, cal libre y diversos óxidos, que favorecen reacciones puzolánicas con el suelo. Estas reacciones mejoran significativamente la resistencia del suelo. De esta manera, es posible evitar el uso de material de préstamo, cuyo costo suele ser elevado.

Por lo cual, se tuvo como objetivo analizar los efectos que producen las cenizas de eucalipto en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Quiralquichqui-Corralpampa, Huancavelica, las cuales presentan suelos arcillosos o expansivos. En ese sentido, se evaluó la ceniza de eucalipto con porcentajes adecuados mediante ensayos en laboratorio, analizando parámetros como los límites de consistencia, el CBR, la expansión y la compactación. Con los resultados alcanzados se determina la dosificación adecuada y la eficiencia de este material como alternativa sostenible para mejorar las propiedades geotecnicas del suelo.

En el proyecto se involucran ensayos en laboratorio como la determinación del CBR que ayudará a comprobar el grado de variación del volumen del suelo que se encuentran en el sector, obtención de los límites de Atterberg, límites

de contracción. Se usó varias muestras de mezclas estabilizadoras con diferentes dosificaciones para evaluar su plasticidad, además de ensayos de laboratorio que respalden resultados para realizar el análisis comparativo pertinente con la incorporación de las cenizas de Eucalipto. Se realiza el ensayo de Proctor Modificado y CBR al porcentaje óptimo de ceniza de eucalipto para comprobar el porcentaje de expansión que cada elemento controla en la subrasante.

La variación en las propiedades del suelo, una vez que se haya realizado la estabilización con cenizas de eucalipto así como también la determinación del porcentaje optimo requerido de estabilizante para lograr la disminución del potencial de expansión o contracción del material en el área de estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En muchos casos los suelos en el sitio propuesto para una estructura pueden ser expansivos y colapsables. Estos suelos pueden extenderse a una gran profundidad. Los suelos expansivos se hinchan y se contraen a medida que aumenta y disminuye el contenido de humedad Braja (2012). Asimismo, los suelos expansivos son suelos que están formados por partículas inferiores a la malla #200 y además presentan un índice de plasticidad de 11 o más Juárez y Rico (2005).

La naturaleza general de los suelos expansivos, está compuesta por arcillas plásticas se hinchan considerablemente cuando se agrega agua y luego se contraen cuando pierden el agua Braja (2012). Las infraestructuras construidas sobre ese tipo de arcillas están sujetas a grandes fuerzas de levantamiento ocasionadas por la expansión y esto genera el deterioro de la obra.

En ese contexto, los suelos arcillosos presentan fallas principalmente por la expansión ocasionada por la variación de la humedad. Asimismo, la ocurrencia de precipitaciones en la zona de estudio favorece la infiltración y acumulación de agua en el suelo como consecuencia de la escorrentía superficial, incrementando el contenido de humedad y, por ende, la susceptibilidad del terreno a deformaciones y pérdida de capacidad de soporte.

En tanto, una de las dificultades que se presentan al ejecutar una construcción son los suelos expansivos, por sus propiedades físicas - mecánicas negativas y por sus características de baja capacidad de soporte que presenta el suelo, lo que conlleva a mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos, mediante la estabilización química o mecánica así obtener parámetros adecuados para su utilización. Según MTC (2014) las directrices establecidos, se considera un material inadecuada y insuficiente subrasante cuando el CBR es $< 6\,\%$.

Estudios revelan que una de las formas de estabilización con productos naturales es la ceniza; Guillermo Ayala y Durán (2019), sostiene que, al incorporar cenizas, derivados de la combustión de la madera, incrementa significativamente la resistencia del suelo arcilloso, elevando el CBR desde un $2.2\,\%$ inicial hasta un $9.5\,\%$. por otra parte Hussein Karim y Nsaif (2018), refiere que las cenizas poseen la capacidad de desempeñar el papel de un asequible y viable estabilizador en la construcción de carreteras, contribuyendo a la mejora sustancial de diversas propiedades geotécnicas presentes en suelos arcillosos.

Con el propósito de determinar el impacto de la incorporación de la ceniza de eucalipto en la mejora del comportamiento del suelo arcilloso en la carretera quirallquichqui - ccorralpampa tal como se evidencia en la figura 1. Por lo tanto, el mejoramiento mediante estabilización de subrasante, considerando que el suelo identificado es expansivo, con lo cual se busca extender el periodo de la vía.

Figura 1.

Carrtera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa



Fuente: Elaboración propia.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?
- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?
- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.
- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.
- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

1.4. Justificación

La vía de interconexión es primordial para el desarrollo regional; sin embargo, muchas vías presentan deterioro prematuro debido a las deficientes propiedades de los suelos arcillosos. Ante esta problemática, es necesario mejorar las propiedades mecánicas de los suelos.

La carreteras se ve afectada por las deformaciones, asentamientos y fallos estructurales debido alta plasticidad de los suelos arcillosos y su potencial de expansión y contracción M. Quispe (2024).

Las vías presentan daños estructurales que afectan su desempeño y durabilidad, lo que evidencia la necesidad de analizar adecuadamente las características de los suelos provenientes de las canteras de la zona. En este contexto, la ingeniería de ha incorporado avances técnicos orientados al uso de estabilizadores químicos en la construcción vial, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas del material, optimizar su comportamiento estructural. Gonzales (2018).

1.4.1. Justificación Práctica

Este informe tiene como propósito analizar el comportamiento de la ceniza de eucalipto en la subrasante de la carretera Quiralquicqui-Ccoralpampa. Se realizarán ensayos para el análisis de mejora en las propiedades de la subrasante. Además, se estudiará el aporte estructural de la ceniza de Eucalipto.

1.4.2. Justificación Metodológica

Los ensayos demostraron un buen comportamiento estructural en la estabilización de suelos, lo que facilitará su aplicación en futuras obras y mejorará los procesos constructivos.

Dentro de las alternativas para mejoramiento del suelo expansivo se plantea el uso de ceniza de eucalipto. El cual se genera mayormente en la industria de panaderías. Por lo tanto, se propone la alternativa del uso y aprovechamiento de la ceniza proveniente de eucalipto y analizar la eficiencia en la estabilización de los suelos expansivos.

Según Dabou (2021) demuestran que la ceniza de madera de eucalipto puede reemplazar al cemento, mejorando la resistencia del suelo y reduciendo el uso de estabilizantes convencionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

Cañar (2017), en su investigación titulada "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón". Tuvo como finalidad evaluar la estabilización de suelos con diferentes características mediante la adición de ceniza de carbón, así como determinar su influencia en la capacidad de soporte y la resistencia al corte a través de ensayos de laboratorio.

Para la evaluación de la capacidad de soporte (CBR), se realizó previamente el ensayo de compactación Proctor Modificado, con el que se obtuvo la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad. Posteriormente, se ensayaron mezclas con incorporaciones de ceniza de carbón del 20 %, 23 % y 25 %. Los resultados evidenciaron que la adición del 25 % de ceniza produjo el mayor grado de compactación del suelo, incrementando la capacidad de soporte (CBR) y mejorando la resistencia al corte.

Morales (2015), en su investigación titulada "Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas". Tuvo como propósito analizar el comportamiento mecánico

de las cenizas de carbón como material estabilizante de suelos y determinar su capacidad para soportar las cargas generadas por el tránsito vehicular.

Para ello, evaluó el desempeño de una ceniza de carbón activada alcalinamente en diferentes tipos de suelo mediante el ensayo de resistencia a la compresión no confinada (UCS) y los ensayos Proctor Modificado y UCS realizados en muestras de arcilla, arenilla y un suelo representativo. Las mezclas incorporaron ceniza de carbón en proporciones de 7 %, 14 % y 21 %. Como resultado, se observó que el contenido óptimo de humedad del 95 % fue de 14 % para la ceniza de carbón y de 7 % para la humedad ambiental

2.1.2. Nacional

M. Quispe (2024), en su tesis titulado *"Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de la ciudad de Juliaca provincia de San Román región Puno"*. Tuvo como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de eucalipto en el mejoramiento de la subrasante de la avenida Tasa, en la ciudad de Juliaca.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental, los cuales se comparó el comportamiento del suelo natural con mezclas que incorporaban 4 %, 8 % y 12 % de ceniza de eucalipto, mediante ensayos de laboratorio orientados a determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Los resultados mostraron que el índice de plasticidad disminuyó de 18.76 % a 14.97 %, 11.18 % y 6.28 %, mientras que la capacidad de soporte (CBR) se incrementó de 6.01 % a 7.02 %, 7.38 % y 8.06 % conforme aumentó el contenido de ceniza. En conclusión, se comprobó que la incorporación de ceniza de eucalipto mejora significativamente las propiedades geotécnicas del suelo, al reducir la plasticidad y aumentar la capacidad portante, constituyendo una alternativa viable para la estabilización de subrasantes en proyectos de infraestructura vial.

Labajos y Núñez (2020), en su articulo de investigación titulado *"Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada"*. Tuvo

como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de carbón, obtenida como subproducto de la combustión de carbón mineral y vegetal en una industria ladrillera de Chachapoyas, sobre las propiedades geotécnicas de un suelo arcilloso para su aplicación como subrasante.

La investigación comprendió la caracterización del suelo natural mediante ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, Proctor Estándar y CBR. Posteriormente, se analizaron mezclas con 15 %, 20 % y 25 % de ceniza de carbón para evaluar su efecto en la plasticidad, compactación y capacidad de soporte. Los resultados evidenciaron que el CBR aumentó conforme se incrementó el porcentaje de ceniza incorporada; sin embargo, aunque se observaron mejoras en las propiedades mecánicas de los suelos CH y OH, las dosificaciones evaluadas no permitieron cumplir con las especificaciones establecidas en el Manual de Carreteras para clasificarlos como subrasantes mejoradas.

Gonzales (2018). "Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno". Tuvo como propósito evaluar el efecto de la incorporación de ceniza volante, cemento y cal en el mejoramiento de las propiedades geotécnicas del suelo para su utilización como subrasante. La metodología consideró diferentes dosificaciones de ceniza volante (6 %, 16 % y 26 %), complementadas con 3 % de cemento para incrementar la resistencia y 1 % de cal para reducir la plasticidad. Para la caracterización y evaluación del comportamiento del suelo se realizaron ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor Modificado y CBR, conforme a las normas ASTM y las especificaciones del MTC. Los resultados demostraron que la mezcla compuesta por 26 % de ceniza volante, 3 % de cemento y 1 % de cal presentó el mejor desempeño, incrementando el CBR de 46.10 % a 97.20 %, lo que evidenció una mejora significativa en la resistencia del suelo y su aptitud para emplearse como subrasante y subbase mejorada en pavimentos.

Jara (2024)."Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín), en su comportamiento mecánico-deformacional para el mejoramiento

de la subrasante, de las vías de la urbanización las Gardenias de la ciudad de Juliaca". Tuvo como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de madera en el comportamiento mecánico-deformacional de suelos arcillosos.

La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, y analizó mezclas con 5 %, 12 %, 18 % y 25 % de ceniza. Los resultados evidenciaron una disminución de la plasticidad en 31 %, un incremento del CBR de 3.36 % a 17.26 % y una reducción de la deformación, concluyendo que la ceniza de madera constituye un material estabilizante económicamente viable.

Villanueva (2023)."Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación". Tuvo como objetivo evaluar la ceniza de carbón obtenida de ladrilleras de La Victoria para su uso en la estabilización de suelos arcillosos.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño cuasiexperimental para evaluar la influencia de la ceniza de carbón en el mejoramiento físico-mecánico de un suelo natural. Se incorporó ceniza en proporciones de 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, evaluando su comportamiento mediante los ensayos de Proctor Modificado y CBR. Los resultados mostraron que la adición de 10 % de ceniza proporcionó el mejor desempeño, alcanzando un CBR de 95 %, una densidad máxima seca de 1.688 g/cm^3 y un contenido de humedad óptimo de 14.77 %. En conclusión, se determinó que la ceniza de carbón constituye una alternativa eficaz para la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación en obras viales.

Mallqui (2021)."Aplicación de las cenizas de madera producto de las ladrilleras artesanales en el compactado de zanjas en el distrito de pillcomarca – huánuco 2021". La investigación tuvo como objetivo evaluar el grado de compactación de un suelo mediante la incorporación de ceniza de madera, proveniente de ladrilleras artesanales del distrito de Pilcomarca.

Se comparó el comportamiento del suelo natural con mezclas que contenían 5 %, 10 % y 15 % de ceniza, mediante ensayos de compactación. Los resultados evidenciaron que la adición de ceniza mejoró el grado de compactación del suelo

utilizado como relleno de zanjas y permitió cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASTM D1556, demostrando la viabilidad de este material como alternativa de estabilización.

2.1.3. Local

V. Quispe y Romero (2023). "Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera Colcabamba". Tuvieron como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de materiales granulares estabilizados con Megasol y cemento.

La investigación fue de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. Se emplearon dosificaciones de 0.12 g de Megasol y 0.5 %, 0.75 % y 1 % de cemento, evaluándose mediante ensayos de límites de consistencia y CBR. Los resultados evidenciaron una disminución del índice de plasticidad y un incremento significativo del CBR, alcanzando valores entre 153 % y 169 %, concluyendo que la combinación de Megasol y cemento mejora las propiedades geotécnicas del material para su uso como base de pavimentos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelos Expansivos

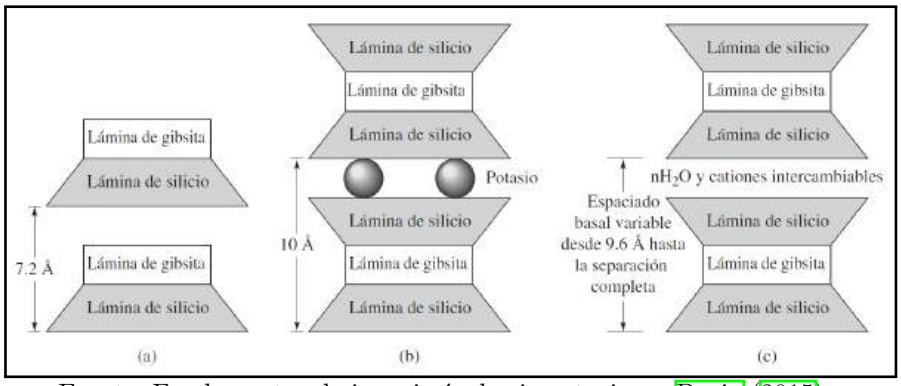
Según Braja (2012), los suelos expansivos son suelos arcillosos que experimentan cambios significativos de volumen debido a las variaciones en su contenido de humedad, expandiéndose al absorber agua y contrayéndose al secarse. este comportamiento atribuido principalmente a la presencia de minerales arcillosos expansivos, lo que representa un riesgo para la estabilidad de cimentaciones y pavimentos.

2.2.2. Estructura de Arcilla

Las arcillas están formadas principalmente por silicatos de aluminio hidratados y en algunos casos, por silicatos de magnesio, hierro u otros metales. Estos minerales poseen una estructura cristalina organizada en láminas, característica que influye directamente en el comportamiento físico y mecánico de los suelos Juárez y Rico (2005), tal como se evidencia en la figura 2.

Figura 2.

Diagrama de las estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita.



Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Braja (2015)

- **Caolinitas:**

  Las arcillas caoliníticas están constituidas por la superposición de una lámina silícica y una lámina alumínica. La fuerte unión entre sus retículas estructurales impide la infiltración de moléculas de agua en su interior; por ello, presentan una estabilidad relativa frente a la acción del agua Juárez y Rico (2005).

- **Montmorillonitas:**

  Están constituidas por una lámina alumínica intercalada entre dos láminas silícicas, las cuales se superponen de manera indefinida. En este caso, la unión entre las retículas del mineral es débil, lo que permite la penetración de moléculas de agua en su estructura con relativa facilidad, debido a las fuerzas eléctricas originadas por su naturaleza dipolar Juárez y Rico (2005).

- **Ilitas:** Las arcillas ilíticas poseen una estructura similar a la de las montmorillonitas; no obstante, su configuración interna evidencia una tendencia a la formación de agregados, disminuyendo el área específica expuesta al agua por unidad de volumen. Como resultado, presentan menor potencial de expansión y, en términos generales, un comportamiento mecánico más favorable desde el punto de vista ingenieril Juárez y Rico (2005).

2.2.3. Estabilización de Suelos Arcillosos

Según MTC (2014), la estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante procedimientos mecánicos y la incorporación de agentes estabilizantes naturales o sintéticos, con el objetivo de garantizar la resistencia y durabilidad del suelo en el tiempo. Su aplicación es común en subrasantes inadecuadas, empleándose técnicas como suelo–cemento, suelo–cal y suelo–asfalto; mientras que, en el caso de subbases o bases granulares tratadas, el material resultante se denomina material granular tratado.

Criterios geotécnicos:

- Se consideran aptos para subrasante suelos con CBR $\geq 6\,\%$. Cuando este valor es inferior (sub rasante inadecuada o sub rasante insuficiente), o se presentan áreas húmedas o zonas blandas, se deberá realizar un análisis especial para definir las medidas de estabilización, mejoramiento o reemplazo del suelo.
- Para definir el tipo de estabilización de suelo, es importante identificar las condiciones del suelo, presentan en el área de estudio las arcillas, los limos y arenas limosas o arcillosas.

2.2.4. Subrasante

De acuerdo a MTC (2014), la subrasante se define como la superficie terminada a nivel de movimiento de tierras, es decir, corte y relleno, en la cual se sentará

la estructura del pavimento o afirmado. Así como la clasificación de subrasante establecida según se observa la tabla 1.

Tabla 1.

Categorías de la Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S_0 : Sub rasante Inadecuada	CBR $< 3\,\%$
S_1: Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq 3\,\%$ a CBR $< 6\,\%$
S_2 : Sub rasante Regular	De CBR $\geq 6\,\%$ a CBR $< 10\,\%$
S_3 : Sub rasante Buena	De CBR $\geq 10\,\%$ a CBR $< 20\,\%$
S_4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR $\geq 20\,\%$ a CBR $< 30\,\%$
S_5 : Sub rasante Excelente	CBR $\geq 30\,\%$

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de la subrasante se realiza mediante la exploración de calicatas de 1.5 m de profundidad. Se establecen calicatas por kilómetro como mínimo, según el manual de carreteras.

2.2.5. Ceniza

Las cenizas son un subproducto de la combustión de carbón pulverizado, compuesto principalmente por sílice, alúmina y óxidos minerales. Debido a su carácter puzolánico, reaccionan con la cal hidratada formando compuestos cementantes, lo que las convierte en un material adecuado para la estabilización de bases y sub bases de carreterasBraja (2015).

2.2.5.1. Ceniza de Eucalipto

La ceniza de eucalipto (ver figura 3) es un residuo inorgánico obtenido de la combustión de la madera de eucalipto, considerada una biomasa leñosa utilizada como fuente de bioenergía. Su composición mineral, rica en óxidos como sílice y calcio, favorece su aprovechamiento en diversas aplicaciones, entre ellas la estabilización de suelos y la valorización de residuos agroforestales FAO (2014).

Figura 3.

Ceniza de Eucalipto



Fuente: Elaboración propia.

a) Según su Propiedades Físicas

La ceniza de eucalipto es un material pulverulento de color gris claro a gris oscuro, compuesto por partículas finas de baja densidad aparente y elevada superficie específica. Su granulometría está conformada principalmente por partículas que pasan el tamiz N.° 200 (0,075 mm), característica que favorece su mezcla con suelos finos y su participación en reacciones puzolánicas Vassilev y cols. (2013), según la tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación según sus propiedades físicas

Característica	Descripción
Composición	Minerales y materia orgánica
Textura	Grano fino (< 0.075 mm)
Color	Gris a negro
Densidad	Baja

Fuente: Vassilev y cols. (2013)

b) Según su taxonomía

Según Ministerio del Ambiente (2020), el eucalipto, perteneciente a la familia de las mirtáceas, "es un género de árboles y algunos arbustos que se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes partes del mundo. Por su rápido crecimiento, son comúnmente empleados en plantaciones forestales para fines como la producción de papel, madera y productos químicos", ver tabla 3.

Tabla 3.

Clasificación según la taxonomía del eucalipto

Taxonomía del eucalipto	
Nombre científico	*Eucalyptus globulus* Labill.
Nombre común	Eucalipto
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Subfamilia	Myrtoideae
Tribu	Eucalypteae
Género	*Eucalyptus*

Fuente: Ministerio del Ambiente (2020)

c) Según su Composicion Química

El proceso de cocción dura aproximadamente 142 horas y se realiza a temperaturas elevadas, entre 900 y 1000 °C. Durante este proceso, el Eucalyptus globulus experimenta una combustión completa, generando así la ceniza utilizada en esta investigación Valenzuela y cols. (2025), ver tabla 4.

Tabla 4.

Componentes químicos de las cenizas de eucalipto

Descripción	Fórmula Química
Dióxido de silicio	SiO_2
Oxido de aluminio	Al_2O_3
Oxido de hierro	Fe_2O_3
Oxido de potasio	K_2O
Oxido de sodio	Na_2O
Oxido de magnesio	MgO
Oxido de calcio	CaO
Oxido de manganeso	MnO
Dióxido de titanio	TiO_2
Pentóxido de fósforo	P_2O_5

Fuente: Valenzuela y cols. (2025)

Propiedades Geotécnicas de los Suelos

2.2.6. Suelo

El suelo es un material natural compuesto por partículas minerales, agua y aire, que en conjunto forman un sistema trifásico. Gran parte de la superficie terrestre está cubierta por los suelos y son ampliamente utilizados como materiales de construcción. Constituye la base de las obras de ingeniería civil y su comportamiento frente a las cargas es estudiado por la mecánica de suelos Braja (2012).

Se clasifica según las propiedades físicas, entre las cuales están:

- **Color:**

  Los suelos oscuros manifiestan una mayor concentración de materia orgánica; suelos rojos presentan en su composición hierro y manganeso, y suelo

de color amarillo presentan en mayor proporción arcilla y menor materia orgánica.

- **Textura:**

  La textura hace referencia a la cantidad expresada en (%) y la calidad de la partícula mineral que presenta el suelo. Los suelos presentan una variedad de partículas minerales; sin embargo, las más representativas son la arena, el limo y la arcilla.

- **Estructura:**

  Se define como la manera de agrupación de las partículas minerales del suelo para formar terrones (agregados). Los minerales no se encuentran dispersos en el suelo, sino agrupados en unidades con distintos grados de unión, variando en forma y tamaño.

- **Porosidad:**

  Se define como la proporción del volumen de vacíos de cualquier tipo respecto al volumen total del suelo, expresada en porcentajes (%). Esta característica está condicionada por la textura y la estructura del suelo. Los suelos de textura fina presentan mayor porosidad que en aquellos de textura gruesa.

2.2.7. Clasificación de Suelos

Se clasifican en sistema AASHTO y ASTM (SUCS). En la cual determinará rasgos que hacen diferenciar el estrato de suelo. Se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y luego clasificar los suelos MTC (2014), según la tabla 5.

Tabla 5.

Clasificación de suelos AASHTO – 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	L, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.7.1. Sistema SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) clasifica los suelos en diferentes categorías, identificadas mediante símbolos como MH, ML, CH, GW, GP, CL, entre otros. Esta clasificación se fundamenta principalmente en análisis de granulometría y en las características de plasticidad del suelo, las cuales permiten identificar y agrupar adecuadamente el tipo de suelo evaluado.

Cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz #200 es mayor al 50 %, se clasifica como suelo fino. La identificación se realiza mediante la carta de plasticidad de Casagrande, utilizando la línea base A, donde los parámetros del límite líquido y del índice plástico permiten determinar si el suelo corresponde a arcilla o limo, así como su grado de plasticidad (baja o alta).

- **Suelos de partículas gruesas:**

  Son aquellos en que más del 50 % son retenidos en el tamiz N°200. Según su granulometría se subdivide en arenas y gravas.

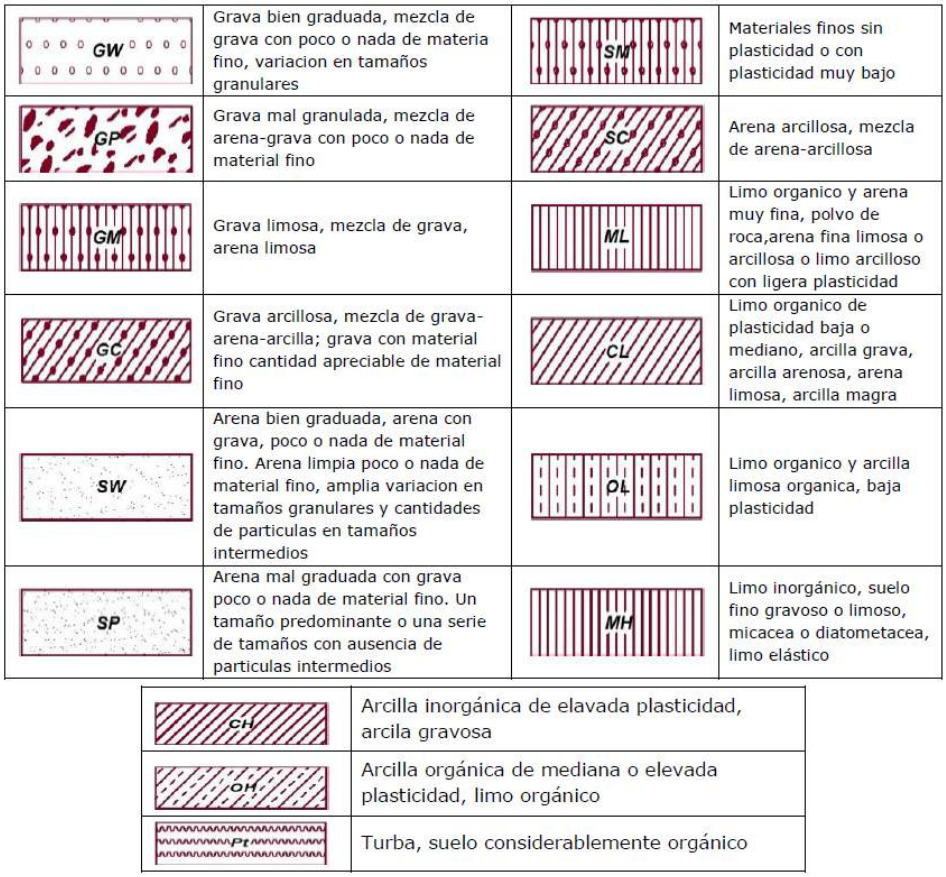
- **Suelos de partículas finas:**

  Son aquellos en que excede del 50 % pasa en el tamiz N°200. Los símbolos que utiliza el SUCS, corresponde al inglés a excepción del limo.

La clasificación de signos de suelos por el sistema SUCS, se da según la figura 4:

Figura 4.

Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS



Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.7.2. Sistema AASHTO

Según Braja (2015). Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

En el sistema AASHTO, el suelo se clasifica en siete grupos principales comprendidos entre A-1 y A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35 % o menos de las partículas pasan a través del tamiz N.° 200. Aquellos suelos donde con más de 35 % pasa a través del tamiz

N.° 200 se incluyen en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

El sistema de clasificación AASHTO, se caracteriza por emplear una clasificación basada en grupos y subgrupos, según la figura 5.

Figura 5.

Clasificación de los Suelos según sistema AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx.10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Caracteristicas de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Caracteristicas de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 [a]	mín. 11 [b]
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Exelente a bueno					Regular a insuficiente						

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

- **Suelos gruesos o materiales gruesos:**

  Son aquellos en que más del 35 % son retenidos en tamiz N°200.

- **Suelos finos o materiales limo - arcillosos:**

  Se define a aquellos en que superior del 35 % pasa el tamiz N°200. De otro lado, el sistema AASHTO clasifica a los suelos en 7 grupos (A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7) y los subgrupos (A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7-5 y A-7-6).

2.2.8. Análisis granulométrico

El análisis de granulometría por tamizado, conforme al Ensayo MTC E 107, permite determinar la distribución del tamaño de partículas del agregado, a partir de la cual se pueden estimar diversas propiedades del material (ver tabla 6). Este

ensayo tiene como objetivo establecer la proporción de las diferentes fracciones del suelo según su tamaño, facilitando su clasificación y evaluar para el uso en proyectos de ingeniería civil.

Tabla 6.

Clasificación de suelos según el tamaño de partículas

Tipo de material		**Tamaño de partículas**
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

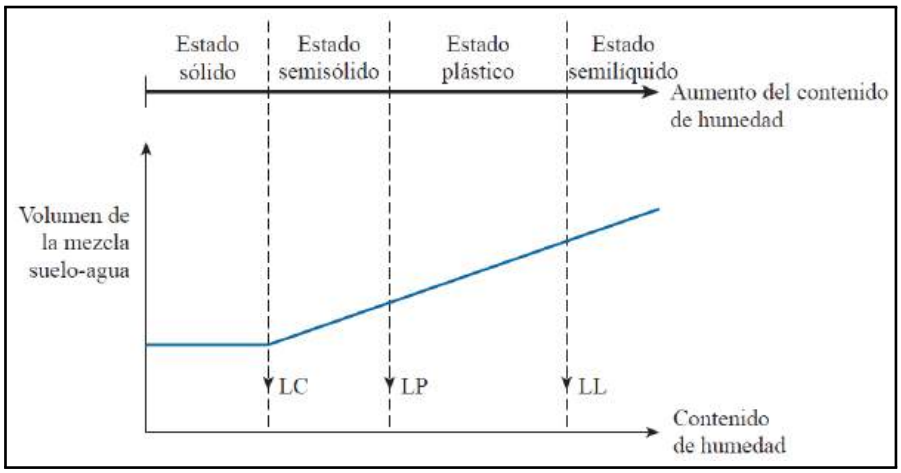
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras*, Norma E-107 MTC (2014).

2.2.9. Límites de Consistencia

Cuando un suelo contiene arcilla y contenido de humedad óptimo, el suelo se puede remover sin que se desintegre. Este comportamiento cohesivo se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. El científico sueco Albert Mauritz Atterberg 1900 desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino en función de su contenidos de humedad (ver figura 6). Mientras más contenido de agua tenga, el suelo adquiere un comportamiento fluido, similar al de un líquido; y al disminuir el contenido de humedad el suelo tiende a ser rígido y quebradizo. La naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica en cuatro estados básicos fundamentales: sólido, semisólido, plástico y líquido Braja (2015).

Figura 6.

Límites de Atterberg



Fuente: figura 1.4 de la Braja (2012).

a) Límite Líquido (LL)

Se determina utilizando la copa de Casagrande (designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes Braja (2012).

b) Límite plástico (LP)

Se define como el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM) Braja (2012).

c) Índice de Plasticidad (IP)

El índice de plasticidad es la diferencia del Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP), y su resultado expresa la cantidad de arcilla que un suelo posee, un IP alto significa que el suelo es muy arcilloso, mientras un IP bajo significará que es suelo pobremente arcilloso MTC (2014). Así como la clasificación del índice de plasticidad según la tabla 7.

$$I_P = L_L - L_P \tag{2.2.1}$$

Donde:

I_P = Índice de Plasticidad

L_L = Límite Líquido

L_P = Límite Plástico

Tabla 7.

Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad

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

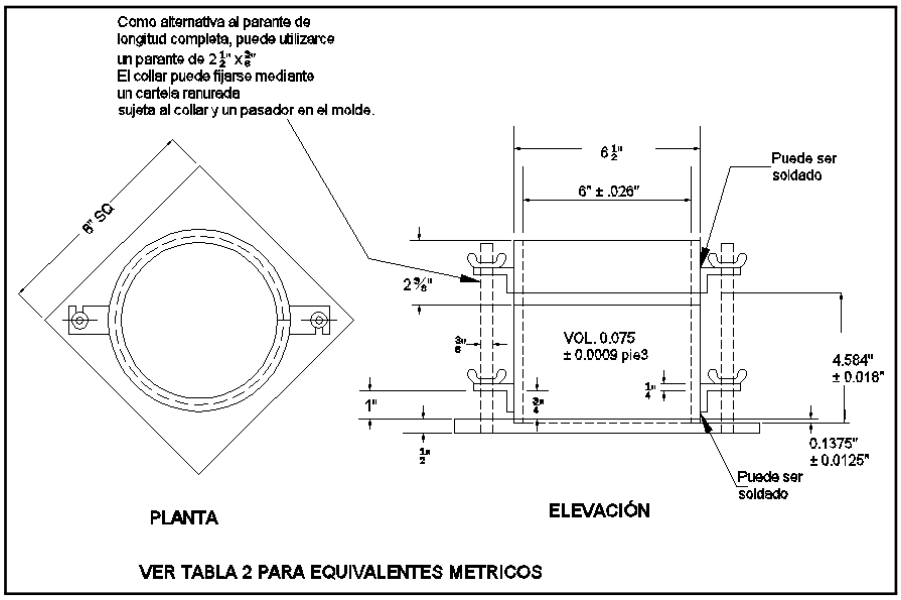
Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.10. Ensayo de Proctor Modificado

Según Braja (2015), la prueba Proctor modificada fue desarrollada para simular de manera más adecuada las condiciones reales de compactación en campo, especialmente por el uso de rodillos pesados. Esta prueba, normalizada por la ASTM D-1557 y AASHTO T-180, emplea el mismo molde del Proctor estándar con un volumen aproximado de 943.3 cm^3, pero aplica una mayor energía de compactación. El suelo se compacta en cinco capas, empleando un martillo de 44.5 N (4.536 kg) con caída de 457.2 mm, aplicando 25 golpes por capa. Como resultado, la energía aplicada por unidad de volumen es considerablemente mayor que en la prueba Proctor estándar, representando mejor las condiciones de obra, según se evidencia en la figura 7.

Figura 7.

Recipiente cilíndrico de 6.0 pulg para el ensayo de Proctor modificado.



Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC (2016) E-115.

En la siguiente se calcula la densidad seca y húmeda del suelo compactado, así como los parámetros fundamentales:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \tag{2.2.2}$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda de la muestra compactado (Mg/m^3)

M_t = Masa de la muestra húmedo y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde cilíndrico de compactación (kg)

V = Volumen Total del molde de compactación (m^3)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \tag{2.2.3}$$

Donde:

$\rho_d =$ Densidad seca de la muestra compactada ($\mathrm{Mg/m^3}$)

$w =$ contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62{,}43\,\rho_d \quad \text{expresado en} \quad \mathrm{lbf/pie^3} \tag{2.2.4}$$

$$\gamma_d = 9{,}807\,\rho_d \quad \text{expresado en} \quad \mathrm{kN/m^3}$$

Donde:

$\gamma_d =$ peso unitario seco de la muestra compactada.

Para el cálculo de los puntos necesarios para el ploteo de la curva del 100 % de la relación de vacíos o curva de saturación del peso unitario seco, se deben seleccionar los valores de contenido de humedad en la condición de 100 % de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w G_s) - \gamma_d}{\gamma_d G_s} \times 100 \tag{4}$$

Donde:

$W_{sat} =$ Contenido de agua para saturación completa (%)

$\gamma_w =$ Peso unitario de agua $9{,}807\,\mathrm{kN/m^3}$ ó $62{,}43\,\mathrm{lbf/pie^3}$

$\gamma_d =$ Peso unitario seco de la muestra - suelo

$G_s =$ Gravedad específica de la muestra - suelo

2.2.11. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo con MTC (2016), el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR, California Bearing Ratio) es un procedimiento empleado para evaluar la capacidad de resistencia de los suelos, ampliamente utilizado en el diseño de estructuras de pavimentos. El ensayo consiste en medir la resistencia del suelo mediante la penetración de un pistón cilíndrico normalizado, comparando los resultados obtenidos con los de un material patrón.

$$\% \quad CBR = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ unitaria\ del\ patron} x100 \tag{2.2.5}$$

- Expansión

  La expansión se determina calculando a partir de la diferencia entre la lectura del deformímetro tomada antes y después de sumergir la muestra. Dicha diferencia se representa como un porcentaje respecto a altura original de la muestra dentro del molde, la cual es 127 mm (5 pulgadas).

$$\%Expansion = \frac{L_2 - L_1}{127} x100 \tag{2.2.6}$$

  Donde:
  L_1 =Lectura inicial expresada en mm.
  L_2 =Lectura final expresada en mm.

  El Valor de la relación de soporte de California (CBR). Para una determinada fuerza de penetración dada, el valor del índice CBR se denomina porcentaje de la presión necesaria ejercida por el pistón sobre el suelo en relación con la presión requerida de la misma fuerza de penetración en un material patrón. Las características de la muestra patrón utilizada son las siguientes que se muestran en la tabla 8:

Tabla 8.

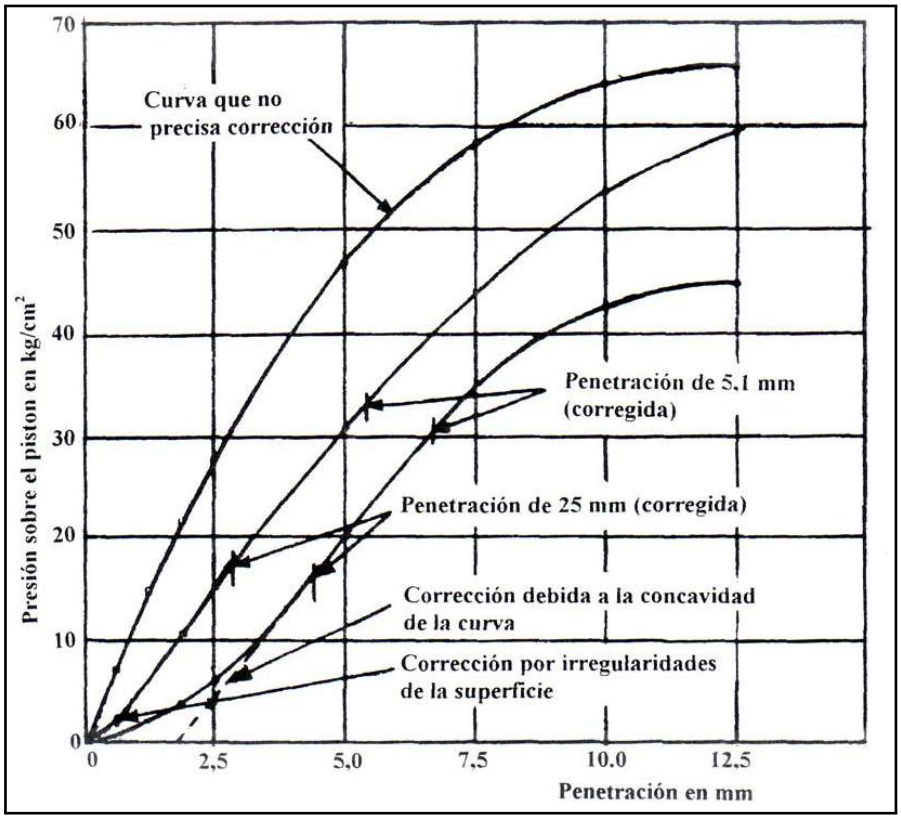
Relación con la presión y penetración

Penetración		Presión		
Mm	**Pulgadas**	**MN/m2**	**kgf/cm2**	**lb/plg2**
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC (2016) E-132.

Figura 8.

Corrección de las curvas presión – penetración.



Fuente: Mecánica de suelos y rocas Chacón y cols. (2004)

Se dibuja la curva presión - penetración (figura 8). Si es necesario se corrige esta curva desplazando su origen para neutralizar la influencia de las irregularidades superficiales y rectificar la parte inicial de la misma, que corresponde al ajuste inicial del pistón sobre la muestra.

De la curva corregida se deduce la presión correspondiente a penetraciones

de 0,1 pulgada (2,54 mm) y de 0,2″ (5,08 mm). Por definición se obtienen los valores de CBR dividiendo las presiones correspondientes a estas penetraciones por 70,31$Kg/cm2$ y 105,46 $Kg/cm2$ respectivamente, el resultado, se multiplica por 100. Si se tienen los datos de carga y no de presión, una vez corregidos, se multiplican las correspondientes a 0,1 y 0,2 pulgadas por 0,0735 y 0,0490, respectivamente Chacón y cols. (2004).

2.3. Definición de términos

a) Estabilización de suelos

Se define como el proceso de mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de la aplicación de métodos mecánicos e incorporación de agentes naturales, químicos o sintéticos. (MTC, 2014)

b) Capacidad portante

La capacidad soporte - portante en carreteras se evalúa mediante el ensayo CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio, el cual permite determinar la resistencia de los suelos con fines de diseño de pavimentos.

c) Suelos arcillosos

Se han originado de rocas preexistentes o sedimentarios. Estos materiales arcillosos presentan comportamientos expansivas debido a la naturaleza mineralógica de la roca de origen - generalmente arcillolitas, como a los procesos de meteorización a los que han estado sometidos.

d) AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

e) ASTM

American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

f) Subrasante

Es la superficie final de la carretera obtenida a nivel de movimiento de

tierras, ya sea de corte o relleno, sobre la cual se apoya la estructura del pavimento o del afirmado.

g) Ceniza de carbón

Las cenizas de carbón son similares a conglomerantes puzolánicos, aunque esta no brinda condiciones óptimas si lo comparamos con el cemento con la cal, es necesario incorporar agua y adicionalmente, un activante en proporciones controladas, para potenciar la capacidad de estabilización.

h) Ahuellamiento

Son deformaciones denominadas huellas o surcos que se desarrollan en la superficie de rodadura de carreteras pavimentadas o no pavimentadas y que se originan como consecuencia de la consolidación o desplazamiento lateral de los materiales por efectos de cargas de tránsito.

i) Arcillas

Son partículas finas con un tamaño de grano inferior a 2 m (0.002 mm) provenientes de la meteorización química y física de minerales y rocas.

j) Bache

Depresión que se forma en la superficie de rodadura como consecuencia del desgaste ocasionado por desintegración localizada y el tránsito vehicular.

k) CBR (California Bearing Ratio)

Expresa la capacidad de soporte relativa de un suelo o material, determinado por la penetración de una carga normalizada.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas:

- El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024
- El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024
- El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la relación de capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

2.5. Variables

2.5.1. Variables Independientes

- Cenizas de Eucalipto.

2.5.2. Variables Dependientes

- Estabilización de Suelos Expansivos.

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 9.

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
1.- Variable Indipendiente Ceniza de Eucalipto	las principales fuentes secundarias de los biocombustibles sólidos provienen de restos generados por actividades agrícolas o de industrias relacionados con la madera, los cuales se obtienen mediante procesos termoqumicos como la combustión. Mallqui (2021)	1.- Dosificacion del Ceniza del eucalipto	I1.- 8 % de Ceniza I2.- 14 % de Ceniza I3.- 22 % de Ceniza	Balanza y Tamiz
2.- Variable Dependiente Estabilización de Suelos Expansivos	La estabilización de suelos es el procedimiento mediante el cual se mejoran o controlan las propiedades mecánicas y físicas de un suelo cuando estas no cumplen con los requisitos técnicos exigidos en un proyecto, tales como la estabilidad volumétrica, la compresibilidad y la capacidad de soporte Laos (2022).	1.- Propiedades físicas del suelo	I1.- Contenido de Humedad I2.- Análisis Granulometrico I3.- Límites de Consistencia	ASTM D-2216, MTC E 108 ASTM D-422 / D6913, MTC E 107 ASTM D4318
		2.- Proctor Modificado	I1.- Máxima Densidad Seca I2.- Óptimo Contenido de Humedad	ASTM D-1557, MTC E 115
		3.- Capacidad Soporte de suelo (CBR)	I1.- CBR (100 % MDS) I2.- CBR (95 % MDS)	ASTM D-1883, MTC E 132)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito espacial y temporal

3.1.1. Ámbito Espacial

El ámbito espacial del presente estudio corresponde al tramo vial Quiralquichqui – Corral Pampa, sector en el que se desarrollaron las actividades de reconocimiento, levantamiento de información y caracterización geotécnica. Este tramo de carretera constituye el espacio físico en el cual se analizan las condiciones del terreno y los factores que influyen en el comportamiento mecánico del suelo.

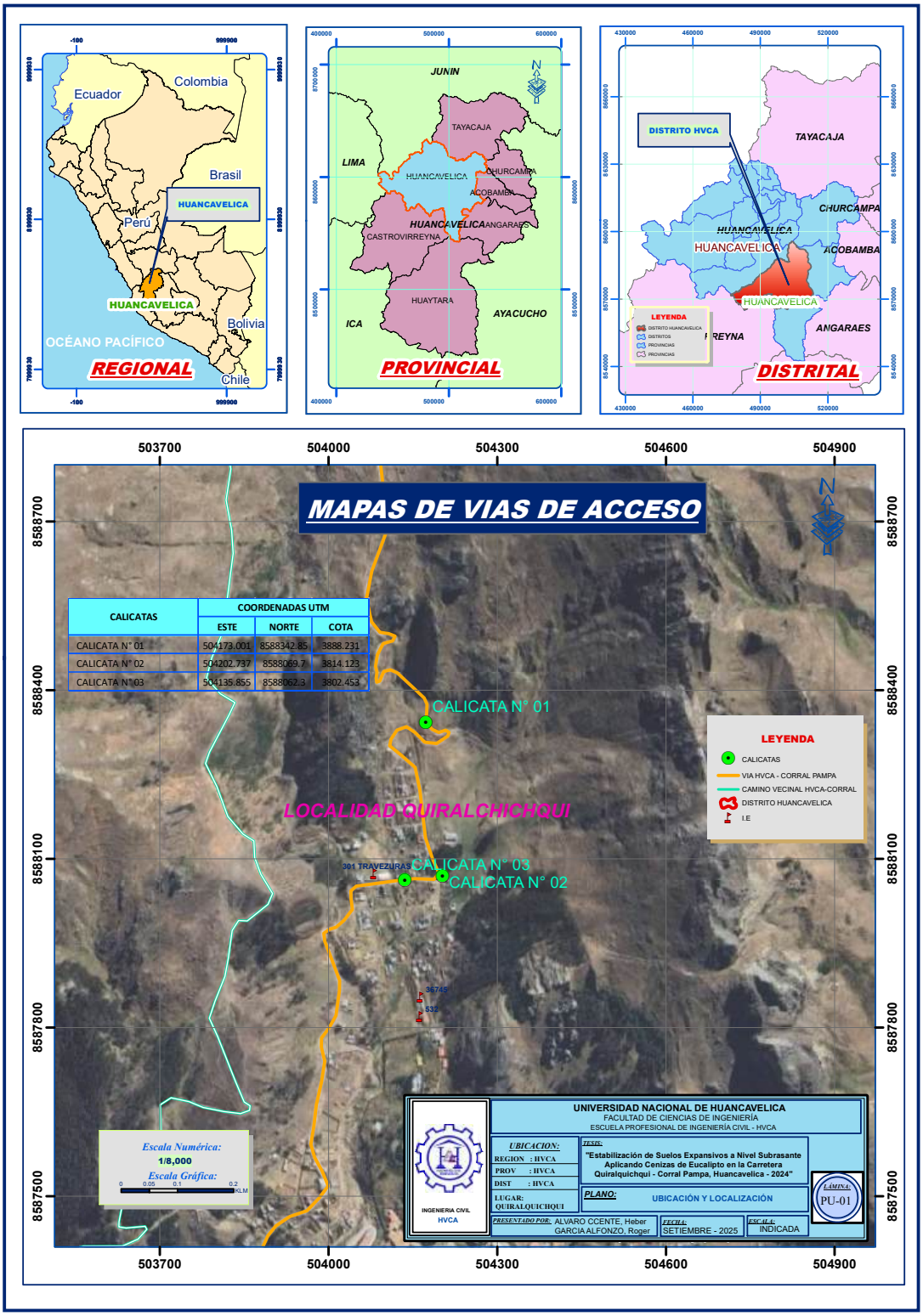
Descripción del Area de Estudio

- UBICACIÓN POLÍTICA :

- **LOCALIDAD** : QUIRALQUICHQUI
- **DISTRITO** : HUANCAVELICA
- **PROVINCIA** : HUANCAVELICA
- **DEPARTAMENTO** : HUANCAVELICA

Figura 9.

Mapa de ubicación y localización



- UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Tabla 10.

Ubicación Geográfica - localidad Quiralquichqui.

Localidad	CoordenadaS UTM		
	Este	Norte	Cota
Quiralquichqui	504125.88	8588014.34	3790.46

Fuente: Elaboración propia.

La localidad de QUIRALQUICHQUI presenta los siguientes límites:

√ **Por el Norte**, con el Distrito de Palca.

√ **Por el Este**, con el C.P. Antaccocha.

√ **Por el Oeste**, con el Distrito Ascensión.

√ **Por el Sur**, con la Provincia de Huancavelica



Figura 10.

Vista Panorámica localidad de Quiralquichqui.

3.1.2. Ámbito Temporal

El proyecto se desarrollará durante el año 2024 en la región de Huancavelica – Perú. Las actividades de campo, que incluyen la excavación de calicatas, se llevaron a cabo entre los meses de marzo y junio, complementándose con la ejecución de los ensayos correspondientes en laboratorio.

3.2. Métodos de investigación

Según Borja (2016), en el presente estudio se utiliza el método científico, entendido como el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales cuyo objetivo es la comprobación empírica de un planteamiento o hipótesis, lo que permite la interpretación de la realidad; sin embargo, sus conclusiones no deben considerarse como verdades absolutas.

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo APLICADA, debido a que se utiliza conocimientos científicos para resolver un problema práctico, específicamente mejorar el comportamiento de suelos arcillosos con la incorporación de ceniza de eucalipto. Cuya finalidad es evaluar y validar una solución técnica que pueda ser empleada en proyectos reales de ingeniería.

Según Arias y Covinos (2021), la investigación es aplicada, ya que mediante, la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías.

3.2.2. Nivel de investigación

La Presente investigación corresponde al nivel EXPLICATIVO, debido a que busca determinar las causas y los mecanismos mediante los cuales la ceniza de eucalipto modifica el comportamiento del suelo arcilloso. Este nivel permite analizar

las relaciones de causa–efecto entre la adición del estabilizante y los variaciones en las propiedades mecánicas y físicas del suelo, considerando procesos como las reacciones puzolánicas y la evolución de la estructura del material.

Asimismo, posibilita evaluar cómo diferentes porcentajes de ceniza influyen en el desempeño del suelo, generando explicaciones científicas que sustentan su uso como una alternativa sostenible en la estabilización de suelos arcillosos.

3.2.3. Diseño de investigación

El tipo de diseño de la investigación es cuasiexperimental, puesto que se manipula la variable independiente con la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto con la finalidad de observar los efectos sobre las propiedades mecánicas y físicas del suelo arcilloso.

En tanto, el diseño permite comparar el comportamiento de suelo natural, considerado como grupo control, con los grupos experimentales tratados con ceniza de eucalipto en porcentajes de 8 %, 14 % y 22 %, sin asignación aleatoria de las muestras. De esta manera, se identifican las variaciones significativas en las propiedades mecánicas-físicos del suelo atribuibles al uso del estabilizante.

Este tipo de diseño implica la presencia de un grupo de control o comparación, los cuasi experimentos se utilizan cuando no es posible utilizar sujetos de forma aleatoria, es decir, al igual que el pre experimento están preelegidos Arias y Covinos (2021).

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Está conformada por todos los suelos expansivos existentes en el tramo vial Quiralquichqui – Corral Pampa, distrito y provincia de Huancavelica, en la región Huancavelica. Que constituyen el nivel de subrasante susceptible de ser estabilizado mediante la aplicación de cenizas de eucalipto.

3.3.2. Muestra

Arias y Covinos (2021), define que la muestra es un subgrupo considerado como una parte representativa de la población o el universo, los datos recolectados serán obtenidos de la muestra y la población se perfila desde la situación problemática de la investigación.

La muestra de estudio corresponde al suelo de subrasante de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, específicamente en los tramos ubicados entre el km 0 + 195, km 0 + 255 y el km 0 + 730, el cual presenta un mayor contenido de arcilla y una baja capacidad portante. En este tramo crítico se ejecutaron calicatas para la toma de muestras, con profundidades de 1.50m.

3.3.3. Muestreo

El muestreo es una técnica para estudiar la muestra, como resultado de la aplicación de esta técnica a la población se obtiene un estadígrafo, esta es una cifra que se logra por medio de un cálculo o una operación estadística la cual proporciona una cifra o el número real de los elementos que representan a la poblaciónArias y Covinos (2021).

El muestreo de la investigación es de tipo no probabilístico, debido a que la elección de la nuestra no se realiazó de manera aleatoria. En este caso, se seleccionó la muestra considerando el tramo más crítico de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa.

Pasos del mustreo

- Marco muestral: delimitar el tramo de estudio y registrar coordenadas de las calicatas.
- Según MTC 2014, se establece cantidad de calicatas por cada km 1 calicatas. Se tomaron tres (03) calicatas con una profundidad de 1.50 metros respecto al nivel de la sub rasante.

- Selección de puntos: elegir calicatas por criterios de representatividad (variación de terreno, presencia de suelos expansivos).
- Extracción: obtener muestras perturbadas e indeformadas según ensayo requerido (ensayos de laboratorio).
- Transporte y conservación: embalaje adecuado y entrega al laboratorio en 24–48 h.
- Preparación en laboratorio: secado, tamizado, homogeneización y mezcla con dosis de ceniza; conformación de probetas y curado según procedimiento.
- Registro: ficha de campo con fecha, hora, coordenadas, observaciones y número de muestra.

3.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Según la opinión de Borja (2016), las técnicas que se utilizarán en la recopilación de toda la información de campo, se deben presentar todos los formatos utilizados en esta tarea; para el caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelo, estudios de tráfico, formatos para realizar los ensayos. Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

- **Observación indirecta:** búsqueda del tema de investigación por medio de las observaciones ya realizadas anteriormente tales como libros, revistas informes, fotografías, etc.
- **Observación directa:** ubicación de los puntos críticos del fenómeno de la ocurrencia de los hechos en el campo de estudio.

- **Observación de campo y laboratorio:** lugar de ocurrencia de los fenómenos o hechos mediante la extracción de muestras. Posteriormente, estas son analizados en los ensayos en laboratorio.

El procedimiento de recolección de datos en laboratorio es con los ensayos que se muestran a continuación:

- Contenido Humedad (ASTM D-2216, MTC E 108)
- Análisis Granulometrico (ASTM D-422 / D6913, MTC E 107)
- Límite de Consistencia (ASTM D4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E 115)
- CBR – California Bearing Ratio (ASTM D-1883, MTC E 132)

3.4.2. Instrumentos

El instrumento permitió analizar el efecto de la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto en estabilización del suelo arcilloso, comparando los parámetros obtenidos antes y después del tratamiento, con el fin de determinar optimizar la capacidad portante y la disminución de la plasticidad del suelo. Los instrumentos empleados fueron las siguientes:

- Balanza calibrada y horno para contenido humedad.

- Instrumento para el análisis granulometría.

- Instrumento para límites de Atterberg.

- Instrumento para proctor modificada

- Máquina de prueba CBR

- Fichas técnicas de laboratorio

- Fichas de ensayos

3.4.2.1. Validez

Según Villasís-keever (2018), la validez de la investigación se refiere a lo que es verdadero o a lo que se acerca a la verdad. Se considera que los resultados de una investigación serán válidos cuando el estudio esté libre de errores. La validez de esta investigación está basada en los parámetros establecidos en las normas vigentes.

3.4.2.2. Confiabilidad

Según Villasís-keever (2018), los resultados de un estudio pueden considerarse confiables cuando tienen un alto grado de validez, es decir, cuando no hay sesgos. La confiabilidad de la presente investigación está respaldada por el uso de instrumentos que cumplen con los estándares establecidos por las normativas vigentes.

3.5. Técnicas de procesamiento de análisis de datos

3.5.1. Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos

En la presente investigación, los estadísticos descriptivos permitirán analizar y presentar los datos de manera objetiva, identificando patrones, tendencias y características de las variables de estudio.

Los estadísticos descriptivos son esenciales para interpretar el comportamiento de suelos arcillosos estabilizados. Resumir los valores de ensayos de laboratorio con indicadores de tendencia central y dispersión ayuda a entender la variabilidad del suelo y a evaluar sus propiedades geotécnicas, facilitando su uso a través de tablas, medidas numéricas o gráficas.

3.5.2. Precesamiento de Datos

Los datos experimentales fueron organizados y presentados mediante tablas y gráficos, aplicando estadística descriptiva para resumir e interpretar la información obtenida durante los ensayos de clasificación.

Se incluyen:

-Tablas con los valores individuales de cada ensayo por tratamiento.

-Gráficos de variación procesados en jupyter notebook

-Tablas de resultados

La adecuada presentación de resultados permite evidenciar de forma clara el impacto del estabilizante en la plasticidad, compactación y resistencia del suelo, contribuyendo a sustentar las conclusiones finales del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación y análisis de resultados

4.1.1. Obtención de las muestras

La obtención de las muestras se realizó a lo largo de la vía carrozable Quiralquichqui – Corral Pampa, ubicada en el distrito y provincia de Huancavelica de la región de Huancavelica. En este tramo se identificó la existencia principal de suelos arcillosos de carácter expansivo, los cuales presentan una menor capacidad portante y generan problemas en la estabilidad de la subrasante.

4.1.2. Exploracion de calicatas

El presente estudio se analizó con el propósito de determinar las condiciones geotécnicas del área de investigación. Para ello, se efectuó la extracción de muestras representativas en puntos estratégicos a lo largo de la vía, garantizando que el material obtenido refleje las características reales del suelo existente.

En seguida, las muestras fueron transportadas al laboratorio para llevar a cabo los ensayos geotécnicos correspondientes, permitiendo evaluar sus propiedades físicas y mecánicas bajo condiciones controladas.

Se realizaron tres calicatas en las progresivas 0+195, 0+255, 0+730 con una profundidad de 1.50 m cada una según tabla 11 y figura 11.

Tabla 11.

Ubicacion de la Calicatas

Calicatas	Prof. (m)	Coordenadas UTM		
		Este	Norte	Cota
C -01	1.50	504173.001	8588342.853	3888.231
C -02	1.50	504202.737	8588069.698	3814.123
C -03	1.50	504135.855	8588062.299	3802.453

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11.

Excavación de Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Obtención de cenizas de eucalipto

La recolección de las cenizas de eucalipto se realizó en el barrio San Cristóbal, ubicada en el distrito, provincia y región de Huancavelica. Este sector concentra un número significativo de panaderías que emplean leña de eucalipto como principal fuente de combustión, debido a su amplia disponibilidad y elevado poder calorífico.

Dado que una parte significativa de la población consume diariamente pan, la generación de cenizas es continua, lo que permitió obtener un volumen adecuado de ceniza de eucalipto fresca y representativa para su posterior utilización como material estabilizante en la investigación.

Antes de su uso, las cenizas recolectadas fueron acondicionadas (ver figura 12 para garantizar su correcta incorporación en la mezcla de suelo durante los ensayos de estabilización.

Figura 12.

Obtención de Cenizas de Eucalipto



Fuente: Elaboración propia.

Resultados de los ensayos de Laboratorio

Se realizarán los siguientes ensayos con el propósito de caracterizar las propiedades mecánicas y físicas del suelo en estado natural y estabilizado con cenizas de eucalipto:

- Contenido Humedad (ASTM D-2216, MTC E 108)
- Análisis Granulometrico (ASTM D-422 / D6913, MTC E 107)
- Límite de Consistencia (ASTM D4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E 115)
- CBR – California Bearing Ratio (ASTM D-1883, MTC E 132)

4.1.4. Contenido de Humedad ASTM D-2216

4.1.4.1. Objetivo

Determinar en laboratorio el contenido de humedad de la muestra de suelo, roca, agregado y otros materiales parecidos, mediante la reducción de la masa secada, debido a pérdida del agua contenida en la muestra.

Por definición el contenido de humedad es como la relación entre la masa de agua que posee el suelo y la masa del suelo en condición seco, expresada en unidades porcentuales conforme a la ecuación siguiente:

$$\omega\,\% = \frac{M_\omega}{M_S} * 100 \qquad (4.1.1)$$

4.1.4.2. Norma de referencia

- A.S.T.M D 2216 Standard test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- M.T.C E 108 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo.
- N.T.P 339.127 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo.

4.1.4.3. Equipos y Materiales

- Horno para secado capaz de conservar una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza de precisión, con aproximación de 0.01g para masas menores de 200g. y de 0.1g para masas mayores de 200g.
- Recipientes para humedad, fabricados en material resistente a corrosión y a la variación de masa frente al secado y enfriamiento continuo.
- Herramientas para manejo de muestras calientes, tenazas, guantes, sujetadores, etc.

4.1.4.4. Ejecución del ensayo

- Pese una tara seco y limpio, registrando su identificación.

- Coloque la muestra húmeda en la tara previamente pesado, tomar la cantidad necesaria de acuerdo al método.
- Registre la masa de la tara más suelo húmedo, usando la balanza apropiada.
- Coloque la tara, incluida la muestra húmeda en el horno para secado a una temperatura de 110 ± 5°C y lograr una masa constante, generalmente requiere un tiempo comprendido entre 12 a 16 horas.
- Una vez que la muestra se haya alcanzado masa constante, retirar la tara del horno.

  Permitir que la muestra y el recipiente enfríe a temperatura normal o hasta que el recipiente pueda manejarse de manera segura con las manos.
- Registre la masa del recipiente junto con la muestra seca al horno usando el mismo tipo de balanza con el que se empezó el ensayo.

Figura 13.

Las muestras para el ensayo de contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5. Resultados del ensayo

Las muestras obtenidas de las calicatas fueron sometidas al ensayo de Contenido de Humedad con el objetivo de determinar el agua contenida en el suelo al momento de la extracción.

La muestra de suelo fue extraída de tres (03) calicatas designadas como C_1, C_2 y C_3. Los resultados de humedad natural determinados son los siguientes:

Tabla 12.

Resultados de contenido de humedad

Calicatas	Muestras	Peso del Tara (grs)	Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	Peso de la Tara +Muestra Seca (grs)	Contenido de humedad (grs)
C1	M1	36.69	185.72	163.24	17.79 %
	M2	36.47	193.56	170.01	17.64 %
C2	M1	36.69	215.38	189.90	16.63 %
	M2	35.86	203.45	179.98	16.29 %
C3	M1	36.21	216.98	187.92	19.15 %
	M2	36.45	208.68	181.05	19.13 %

4.1.5. Análisis granulométrico

4.1.5.1. Objetivo

La finalidad del análisis granulométrico es obtener la clasificación de tamaños de partículas del suelo, tanto en su fracción gruesa como fina. Esta información permite:

- Clasificar el suelo según sistemas como USCS y AASHTO.
- Evaluar su comportamiento ingenieril (permeabilidad, compactación, plasticidad y resistencia).
- Determinar la curva granulométrica mediante tamizado y, cuando corresponde, hidrómetro.

4.1.5.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D422: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Hydrometer)
- A.S.T.M D6913: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.

4.1.5.3. Equipos y Materiales

- Muestra representativa de suelo.
- Horno para secado capaz de conservar temperatura de 110 ± 5 °C
- Balanza de precisión de 0.01 g.
- Serie de tamices estándar ASTM (4.75mm, 2.00mm, 0.425mm, 0.250mm, 0.150mm, 0.075mm y otros según necesidad).
- Tamiz de lavado 200 (0.075 mm).
- Recipientes o taras
- Bandejas, cepillo y brocha
- Tamizado portatil

4.1.5.4. Procedimiento del Ensayo

- Se recolecta la muestra de suelo representativa, para la realizacion del ensayo mecánico.
- Se pesa la muestra seleccionada extraída para proceder a ser puesta en el horno a temperatura determinada.
- Se procede a lavar la muestra con la malla N° 200, con el fin de descartar, en el mayor grado posible, la presencia de limos y arcillas.
- Después se prosigue a secar en el horno a temperatura determinada aproximadamente durante 24 horas, se deja enfriar por unos minutos y se pesa la muestra.
- Se procede a seleccionar los tamices a utilizarse, incluido el fondo, con el fin de realizar los ajustes necesarios a la hora de realizar la tabla de granulometría.

- Se ordenan los tamices de mayor a menor y, al final, se coloca una vasija para evitar que se pueda perder material.
- Se deposita el material por los tamices y se deja en el tamizador portátil por un lapso de 2 minutos.
- Después de los 2 minutos, se pasa a pesar el material (muestra) retenido en cada tamiz. Acto seguido se realizan los ajustes necesarios, teniendo en cuenta el peso de cada uno de ellos, datos que son registrados en una tabla.

Figura 14.

Las muestras para ensayo - contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.5. Resultados del ensayo

Las muestras presentan los siguientes comportamientos granulométricos:

- **Resultado de la Calicata N° 01**

Tabla 13.

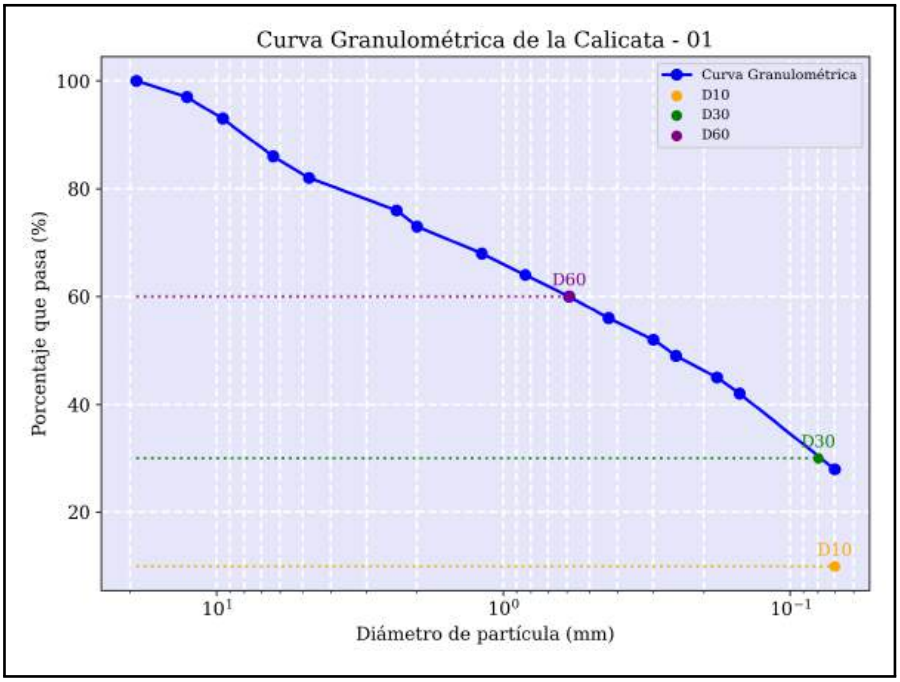
Analisis granulometrico de la Calicata - 01

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
3/4”	19.05	100.00
1/2”	12.70	97.16
3/8”	9.53	92.60
1/4”	6.35	86.17
N°4	4.76	81.54
N°8	2.36	76.00
N°10	2.00	72.97
N°16	1.19	68.41
N°20	0.84	64.14
N°30	0.59	60.02
N°40	0.43	56.12
N°50	0.30	52.13
N°60	0.25	49.37
N°80	0.18	44.57
N°100	0.15	41.80
N°200	0.07	27.54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 01



Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la tabla 13 y Figura 15 se muestra la granulometría de la calicata $C_0 1$, el cual presenta 18.46 % grava, 54 % arena y 27.54 % de material que pasa por la malla 200. En función a ello, la clasificación de suelo según S.U.C.S es SC (Arena Arcilloso) y conforme al sistema AASHTO A-2-6(0), por tanto, el suelo se identifica como (Arena Arcillosa con presencia de Grava).

- **Resultado de la Calicata N° 02**

Tabla 14.

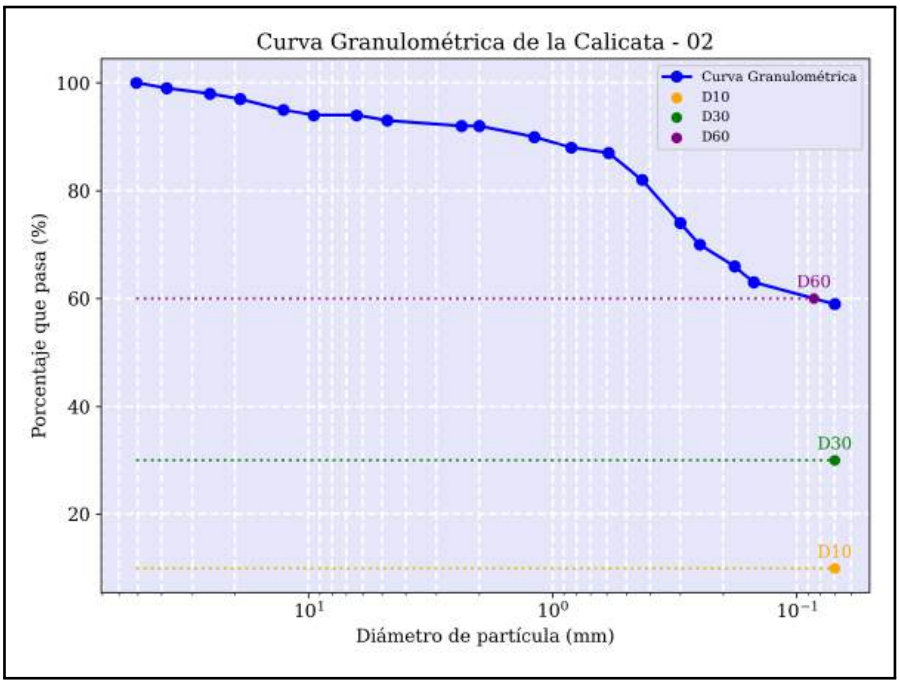
Análisis de granulometría de la Calicata - 02

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
2”	50.80	100.00
1 1/2”	38.10	99.19
1”	25.40	97.90
3/4”	19.05	96.68
1/2”	12.70	95.39
3/8”	9.53	94.04
1/4”	6.35	93.82
N°4	4.76	92.73
N°8	2.36	92.48
N°10	2.00	92.36
N°16	1.19	90.36
N°20	0.84	88.36
N°30	0.59	86.67
N°40	0.43	81.85
N°50	0.30	74.29
N°60	0.25	70.30
N°80	0.18	65.69
N°100	0.15	63.27
N°200	0.07	59.39

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 02



Fuente: Elaboración propia.

Conforme tabla 14 y figura 16 se muestra la granulometría de la calicata C_2, presenta 7.27 % de grava, 33.34 % de arena y 59.39 % de material que pasa por la malla N.°200. Por tanto, la clasificación del suelo de acuerdo a S.U.C.S es CL (Arcilla de Baja Plasticidad) y con el sitemma AASHTO A-7-6, es decir, el suelo se cataloga como (Suelo Arcilloso).

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 15.

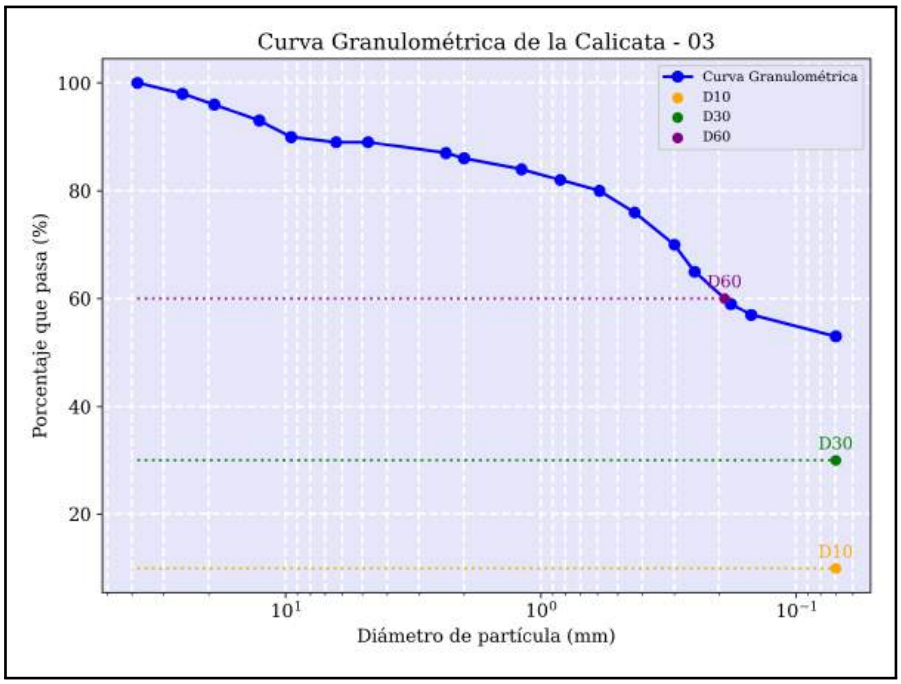
Análisis de granulometría de la Calicata - 03

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
1 1/2”	38.10	100.00
1”	25.40	97.75
3/4”	19.05	95.64
1/2”	12.70	92.86
3/8”	9.53	90.20
1/4”	6.35	89.18
N°4	4.76	88.94
N°8	2.36	87.09
N°10	2.00	85.56
N°16	1.19	84.44
N°20	0.84	82.12
N°30	0.59	80.23
N°40	0.43	76.09
N°50	0.30	70.49
N°60	0.25	65.34
N°80	0.18	58.60
N°100	0.15	56.73
N°200	0.07	52.53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 03



Fuente: Elaboración propia.

Conforme tabla 16 y Figura 17 se muestra la granulometría de la calicata C_3, presenta 18.3 % de grava, 53.4 % de arena y 28.3 % de material que pasa por la malla N.°200. Por tanto, la clasificación del suelo de acuerdo a S.U.C.S es CL (Arcilla de Baja Plasticidad) y de cauerdo a AASHTO A-7-6, es decir, el suelo se cataloga como (Suelo Arcilloso).

- **Interpretación Final**

Tabla 16.

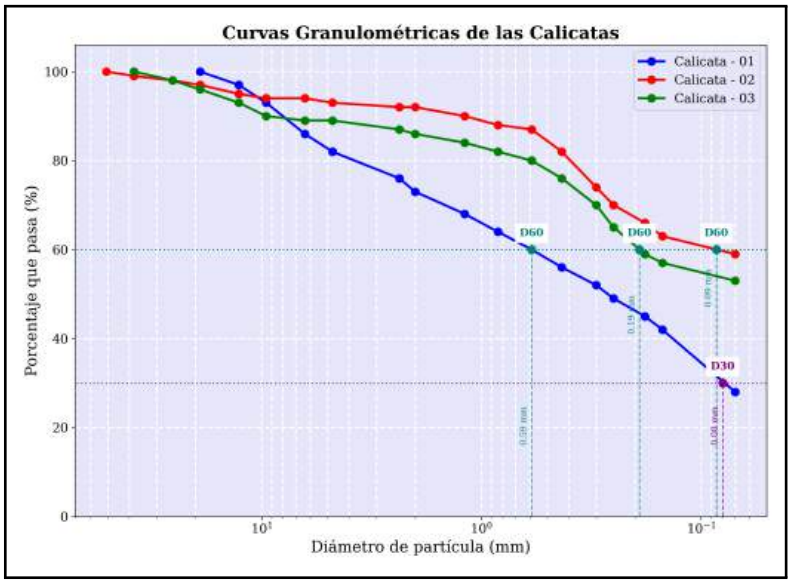
Clasificación de suelos de la $C_0$1, C_2 y C_3

Muestra	Clasificación			
	S.U.C.S		AASHTO	
	Grupo	Material	Grupo	Material
C-01	CS	Arena Arcillosa	A-2-6	Arena Arcillosa con Grava
C-02	CL	Arcilla de Baja Plasticidad	A-7-6	Suelo Arcilloso
C-03	CL	Arcilla de Baja Plasticidad	A-7-6	Suelo Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18.

Curvas granulométricas de las Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se evidencia la clasificación SUCS y AASHTO indica que las muestras C-02 y C-03 corresponden a suelos arcillosos, mientras que C-01 es una arena arcillosa. Las curvas granulométricas confirman esta clasificación, evidenciando un mayor contenido de finos en C-02 y C-03, por lo que estos suelos requieren estabilización para mejorar su comportamiento como subrasante.

4.1.6. Ensayo de Límite de consistencia

4.1.6.1. Objetivo

El objetivo del ensayo - Límites de Consistencia es determinar los Límites de Atterberg en los suelos finos, específicamente:

- Límite Líquido (L_L)
- Límite Plástico (L_P)
- Índice de Plasticidad ($I_P = L_L \breve{} L_P$)

Estos parámetros permiten evaluar la plasticidad, consistencia y comportamiento volumétrico del suelo.

4.1.6.2. Norma de Referencia

- ASTM D4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- AASHTO T89/T90: (Límite Líquido y Límite Plástico).

4.1.6.3. Equipos y Materiales

Para Ensayo de Límite Líquido (L_L)

- Dispositivo o copa de Casagrande con taza y manivela.

- Cuchilla o espátula metálica.
- Recipientes para mezclado.
- Balanza con precisión ±0.01 g.
- Tamiz N.º 40 (0.425 mm).
- Horno a 110 ± 5°C.
- Agua destilada.
- Cápsulas metálicas para humedad.

Para Límite Plástico (LP)

- Superficie lisa (vidrio esmerilado o mármol).
- Espátula o cuchillo.
- Caja para almacenamiento de la muestra.
- Regla o calibrador (para verificar el diámetro del hilo de 3.2 mm).

4.1.6.4. Procedimiento del Ensayo

Preparar la muestra

- Tomar una cantidad de muestra de suelo que pase el tamiz N.º 40.
- Mezclar con agua en estado destilada para lograr una pasta homogénea.
- Poner la muestra en un recipiente hermético por 24 horas de reposo (curado).

A. Límite Líquido (L_L) – Método de la Copa de Casagrande

- Colocar una porción de la pasta-masa en la taza del dispositivo de Casagrande.

- Utilizando una espátula, cortar la muestra a lo largo de la ranura estándar.
- Rotar la manivela a una velocidad constante (dos golpes por segundo).
- Cuantificar el número de golpes requeridos para que las dos divisiones del surco se unan a lo largo de 13 mm.
- Repetir el ensayo cambiando el contenido de agua para determinar puntos entre 15 a 35 golpes.
- Determinar la humedad de cada muestra utilizada en cápsulas.
- Graficar N° de golpes vs. Humedad en papel semilogarítmico.
- Interpolar el valor de humedad obtenida a 25 golpes, que es el Límite Líquido (L_L).

B. Límite Plástico (L_P)

- Tomar una pequeña muestra de suelo y amasarla hasta obtener una masa uniforme.
- Formar un cilindro delgado y rodarlo sobre una superficie lisa con la palma de la mano.
- Continuar para obtener un hilo uniforme de 3 mm (3.2 mm) de diámetro.
- Si el hilo se fractura antes de alcanzar los 3 mm, añadir unas gotas de agua y repetir.
- Si el hilo puede estirarse más allá sin romperse, significa exceso de humedad; seguir amasando.
- Recolectar el material en el punto justo de ruptura y determinar su humedad.
- El promedio de al menos tres determinaciones es el Límite Plástico (L_P).

C. Cálculo del Índice de Plasticidad (I_P) $I_P = L_L L_P$

Este valor indica la plasticidad del suelo y es fundamental para clasificarlo como:

- Arcilla de baja, media o alta plasticidad.

- Limo plástico o no plástico.

4.1.6.5. Resultados del ensayo

Las muestras obtenidas de las calicatas C_1, C_2 *y* C_3 fueron realizadas en el ensayo de contenido de humedad, cuyos resultados para las tres muestras analizadas se presentan a continuación:

- **Resultado de la Calicata N.° 01**

Tabla 17.

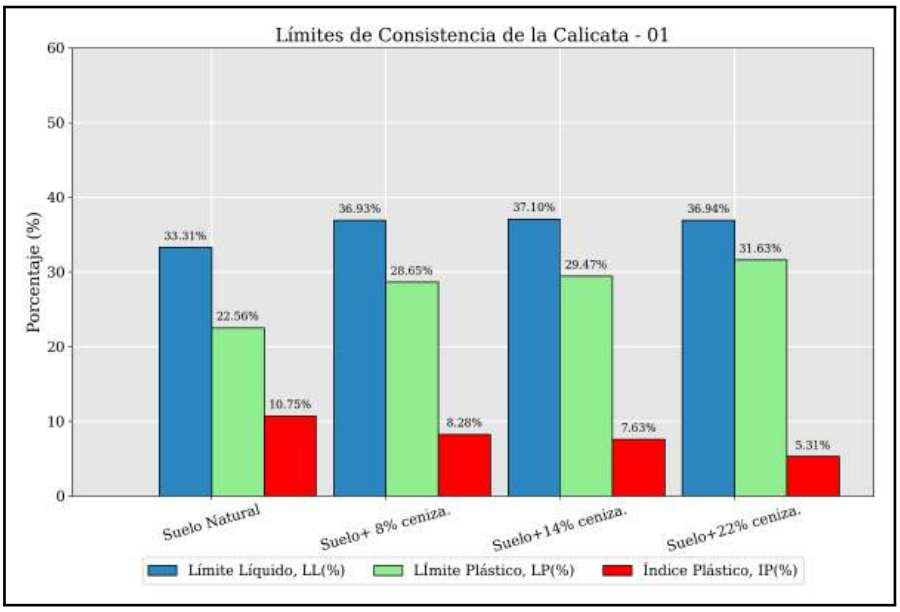
Límite de consistencia - Calicata - 01

Muestra de C-01	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	33.31 %	22.56 %	10.75 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	36.93 %	28.65 %	8.28 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	37.10 %	29.47 %	7.63 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	36.94 %	31.63 %	5.31 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.

Resultados de límites de consistencia - Calicata C_1



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 17 y figura 30, muestra los resultados del ensayo de límites de consistencia de la Calicata-01, para la muestra natural presenta LL=33.31 %, LP=22.56 % y IP=10.75. Al agregar Ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=36.93 %, LP=28.65 % y IP=8.28 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=37.10 %, LP=29.47 % y IP=7.63 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=36.94 %, LP=31.63 % y IP=5.31 %.

En función de la influencia del índice plástico sobre la adición de las cenizas al Suelo Natural, se constata una reducción respecto al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 22.40 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 28.29 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 49.30 % siendo este el de mayor porcentaje de disminución.

- **Resultado de la Calicata N.° 02**

Tabla 18.

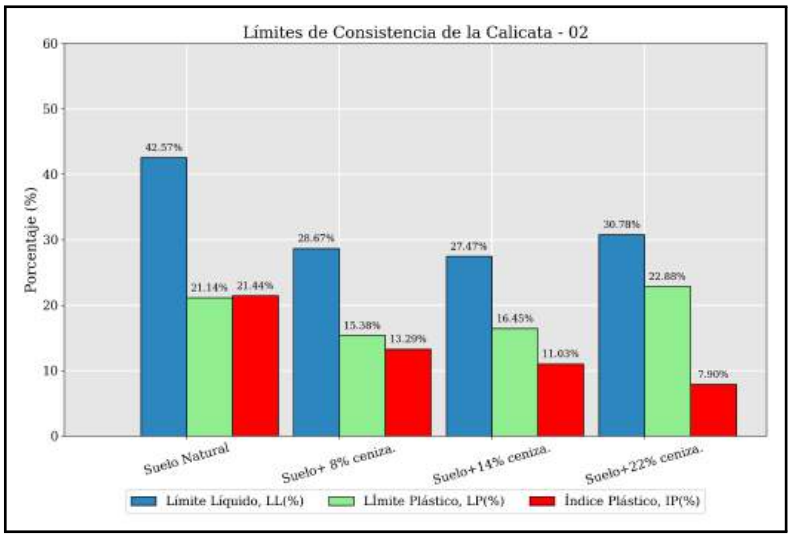
Límite de consistencia - Calicata - 02

Muestra de C-02	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	42.57 %	21.14 %	21.44 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	28.67 %	15.38 %	13.29 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	27.47 %	16.45 %	11.03 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	30.78 %	24.15 %	6.64 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20.

Resultados de límites de consistencia de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 18 y figura 20, muestra los resultados del ensayo de los límites de consistencia de Calicata-02, para el suelo natural presenta un LL=42.57 %, LP=21.14 % y IP=21.44. Al añadir Ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=28.67 %, LP=15.38 % y IP=13.29 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=27.47 %, LP=16.45 % y IP=11.03 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=30.78 %, LP=24.15 % y I_P = 6,64 %.

En función a la influencia en el índice plástico sobre a la adición de las cenizas al Suelo Natural, se aprecia una reducción frente al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 24.41 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 31.21 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 44.38 % siendo este el de mayor porcentaje de disminución.

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 19.

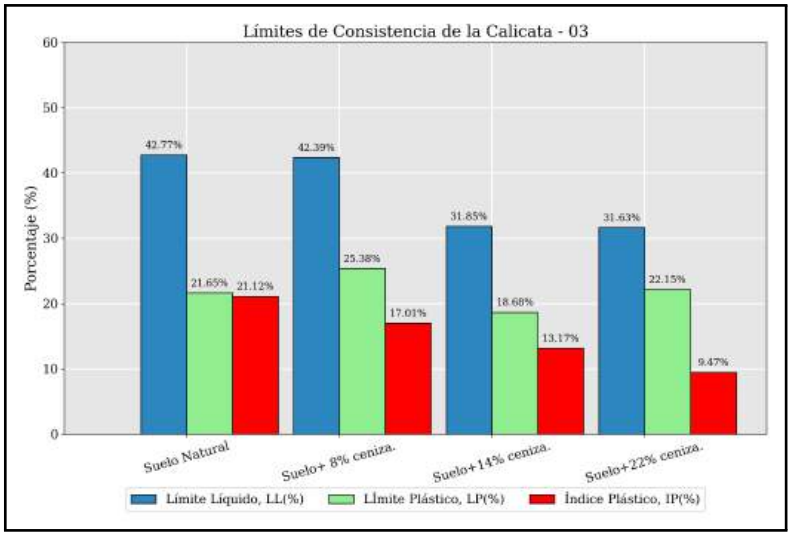
Límite de consistencia - Calicata - 03

Muestra de C-03	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	42.77 %	21.65 %	21.12 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	42.39 %	25.38 %	17.01 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	31.85 %	18.68 %	13.17 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	31.63 %	25.66 %	5.96 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21.

Resultados de límites de consistencia - Calicata-03



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 19 y figura 21, muestra los resultados del ensayo de

los límites de consistencia de Calicata-03, para el suelo natural presenta un LL=42.77 %, LP=21.65 % y IP=21.12. Al añadir ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=42.39 %, LP=25.38 % y IP=17.01 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=31.85 %, LP=16.68 % y IP=13.17 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=31.63 %, LP=25.66 % y IP=5.96 %.

En función a la influencia en el índice plástico sobre la adición de las cenizas al Suelo Natural, se aprecia una reducción frente al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 15.10 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 29.21 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 55.69 % siendo la proporción con el mayor porcentaje de disminución.

- **Interpretación Final**

Tabla 20.

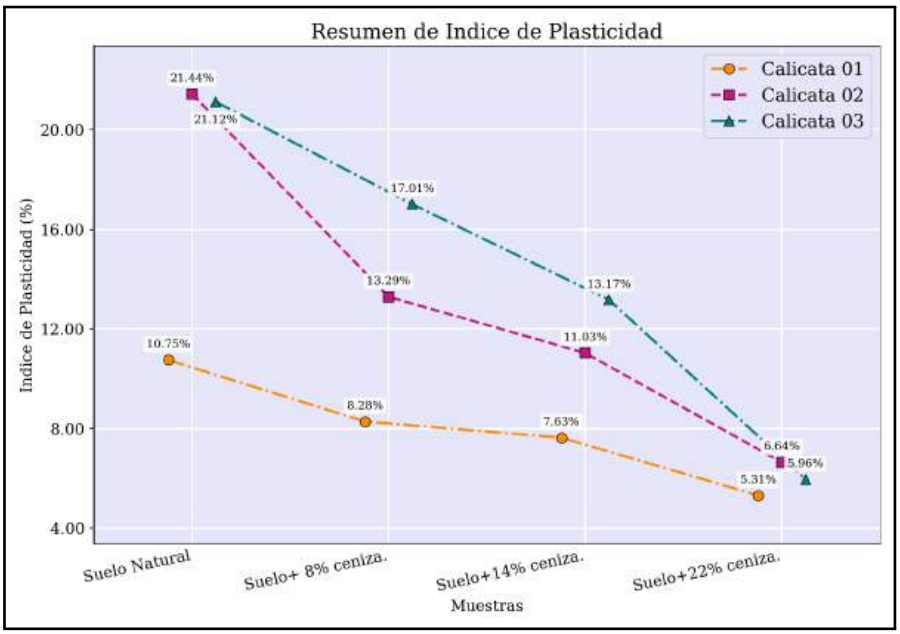
Resumen de ensayo de Límite de Consistencia de la C-01,C-02 y C-03

RESUMEN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	LL	33.31 %	36.93 %	37.10 %	36.94 %
	LP	22.56 %	28.65 %	29.47 %	31.63 %
	IP	**10.75 %**	**8.28 %**	**7.63 %**	**5.31 %**
C-02	LL	42.57 %	28.67 %	27.47 %	30.78 %
	LP	21.14 %	15.38 %	16.45 %	24.15 %
	IP	**21.44 %**	**13.29 %**	**11.03 %**	**6.64 %**
C-03	LL	42.77 %	42.39 %	31.85 %	31.63 %
	LP	21.65 %	25.38 %	18.68 %	25.66 %
	IP	**21.12 %**	**17.01 %**	**13.17 %**	**5.96 %**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22.

Resultados - Indice de Plasticidad



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica muestra que la incorporación de ceniza de eucalipto disminuye progresivamente el índice de plasticidad en todas las calicatas, siendo el 22 % el contenido que presenta los valores más bajos. Esto evidencia que la ceniza de eucalipto mejora las propiedades del suelo, disminuyendo su plasticidad y su potencial expansivo.

4.1.7. Proctor Modificado

4.1.7.1. Objetivo

El propósito del Ensayo Próctor Modificado es obtener la relación entre el contenido de humedad sobre la densidad seca máxima del suelo cuando es compactado bajo un nivel estándar alto de energía, con la finalidad de determinar:

- Humedad Óptima (HO)
- Máxima Densidad Seca (MDS)

4.1.7.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft^3).
- AASHTO T180

4.1.7.3. Equipos y Materiales

- Molde en forma de cilindro con collar de extensión (1/30 ft^3 o 0.00094 m^3).
- Pisón metálico de 4.54 kg (10 libras).
- Altura - caída del pisón: 457 mm (18 in).
- Base metálica para molde.
- Regla o escuadra metálica.
- Cuchilla o espátula.
- Martillo de extracción o extractor de molde.
- Balanza con precisión ± 1 g.
- Horno de secado (110 ± 5 °C).
- Recipientes para mezclado del suelo.
- Tamiz N.° 4 (4.75 mm) según especificación del método.
- Agua destilada.
- Guantes, bandejas y utensilios de laboratorio.

4.1.7.4. Procedimiento del Ensayo

A. Preparación de la muestra

- Secar la muestra de suelo al aire a temperatura ambiental o en horno (sin exceder temperatura si es suelo cohesivo).
- Tamizado del suelo por la malla N.° 4.
- Mezclar el suelo con cantidades proporcionales de agua para lograr una serie de resultados de humedad (mínimo 4 puntos).

B. Compactación en Molde (ASTM D1557)

- Poner el molde ensamblado con la base y collar.
- Llenar la capa inicial (1ra capa) de suelo y compactar con 25 golpes uniformes.
- Repetir el mismo proceso para las capas 2 a 5.
- Retirar el collar y nivelar el material excedente utilizando regla metálica.
- Pesar el molde lleno.
- Extraer una porción de suelo para obtener su contenido de humedad.
- Repetir el proceso en cada una de las mezclas con diferente humedad

4.1.7.5. Resultados del ensayo

Los valores de los siguientes ensayo de Proctor Modificado son las siguiente:

- **Resultado de la Calicata N.° 01**

Tabla 21.

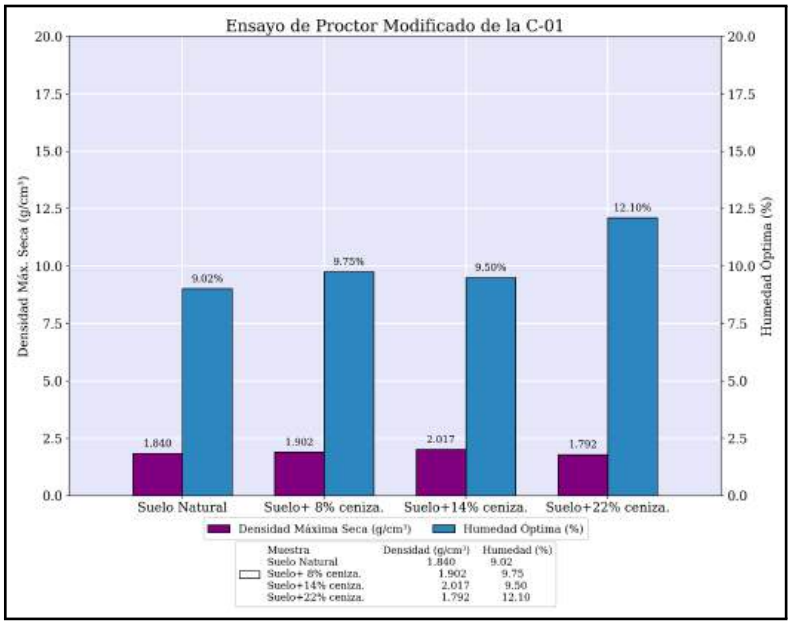
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-01.

PROCTOR MODIFICADO C_1		
Muestra de C-01	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.840	9.02 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.902	9.75 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	2.017	9.50 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.792	12.10 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23.

Resultados - Proctor Modificado de la C-01



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 21 y figura 23, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-01. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.840gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 9.02 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtiene un MDS=1.902gr/cm3 y OCH=9.75 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=2.017gr/cm3 y OCH=9.50 %. Finalmente, al incorporar un

22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.792gr/cm3 y OCH=12.10 %.

- **Resultado de la Calicata N.° 02**

Tabla 22.

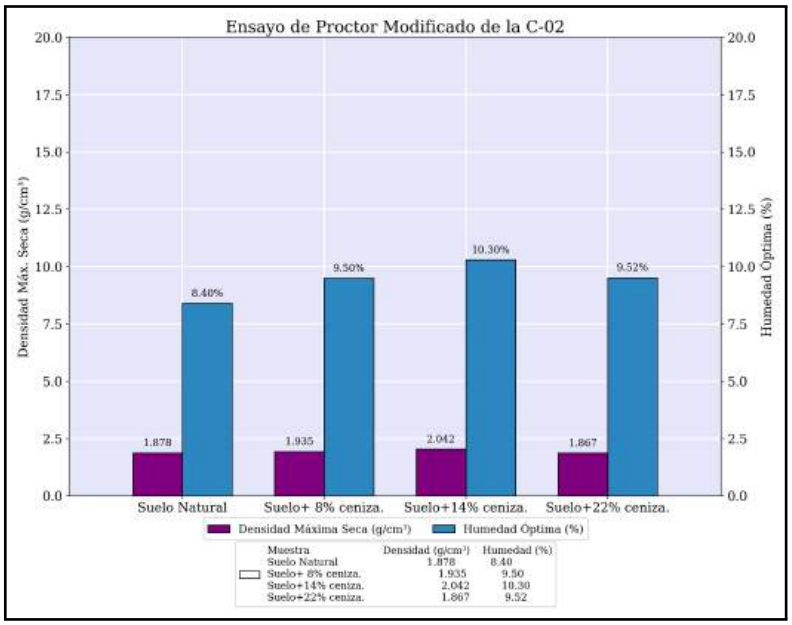
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-02.

PROCTOR MODIFICADO C_2		
Muestra de C-02	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.878	8.40 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.935	9.50 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	2.042	10.30 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.867	9.52 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24.

Resultados - Proctor Modificado de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 22 y figura 24, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-02. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.878gr/cm3 y un óptimo contenido de hume-

dad (OCH) de 8.40 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un MDS=1.935gr/cm3 y OCH=9.50 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=2.042gr/cm3 y OCH=10.30 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.867gr/cm3 y OCH=9.52 %.

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 23.

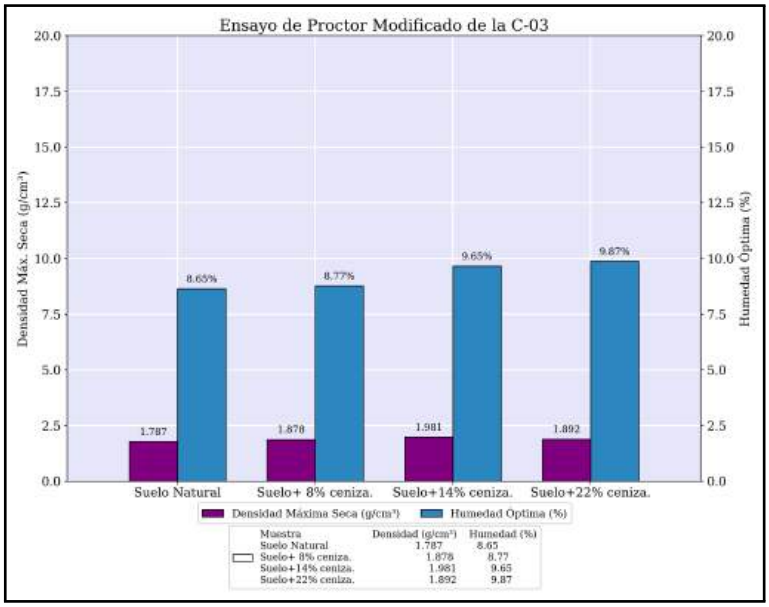
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-03.

PROCTOR MODIFICADO C_3		
Muestra de C-03	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.787	8.65 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.878	8.77 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	1.981	9.65 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.892	9.87 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25.

Resultados - Proctor Modificado de la C-03



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 23 y figura 25, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-03. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.787gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 8.65 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtiene un MDS=1.878gr/cm3 y OCH=8.77 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=1.981gr/cm3 y OCH=9.65 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.892gr/cm3 y OCH=9.87 %.

- **Interpretación Final**

Tabla 24.

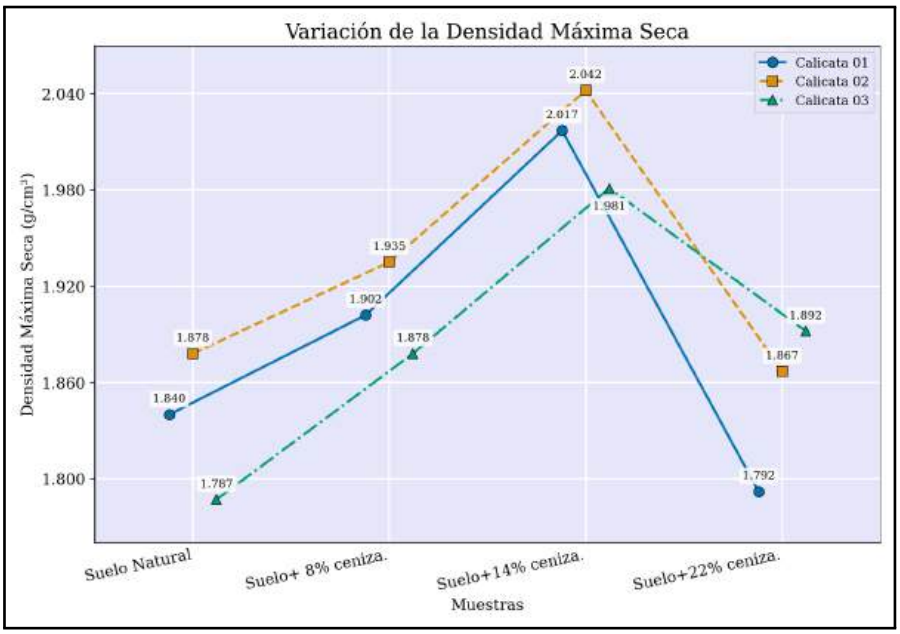
Resumen de ensayo - Proctor Modificado de la C_1, C_2 y C_3

RESUMEN DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.840	1.902	**2.017**	1.792
	Humedad óptima (%)	9.02 %	9.75 %	9.50 %	12.10 %
C-02	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.878	1.935	**2.042**	1.867
	Humedad óptima (%)	8.40 %	9.50 %	10.30 %	9.52 %
C-03	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.787	1.878	**1.981**	1.892
	Humedad óptima (%)	8.65 %	8.77 %	9.65 %	9.87 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26.

Resultados de variación de Densidad Máxima Seca



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo Proctor Modificado evidencian que la incorporación de ceniza de eucalipto modifica la densidad seca máxima del suelo, alcanzándose el valor óptimo con una dosificación del 14 %, la cual presenta el mejor comportamiento entre las proporciones evaluadas.

4.1.8. Ensayo de CBR

4.1.8.1. Objetivo

El objetivo del ensayo C.B.R (California Bearing Ratio) es determinar la capacidad de soporte del suelo utilizado en subrasantes, subbases y bases de pavimentos. Es una prueba fundamental para:

4.1.8.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- AASHTO T193.

4.1.8.3. Equipos y Materiales

- Máquina para penetración CBR con velocidad fija de 1.27 mm/min (0.05 in/min).
- Molde C.B.R (152 mm de diámetro y 178 mm de altura).
- Collarín de extensión y base perforada.
- Pesas/masas para simular la sobre carga (2.27 kg y 4.54 kg).
- Pistón de penetración estándar (50 mm de diámetro).
- Compactador manual o mecánico (según ASTM D1557).
- Pisón metálico de 4.54 kg y altura de caída 457 mm (si se usa compactación Proctor Modificado).
- Horno de secado (110 ± 5 °C).
- Tanque o bandeja para curado por inmersión de 96 horas (opcional según diseño).
- Balanza con precisión de 1 g.
- Regla, espátula y herramientas de compactación.
- Discos espaciadores y papel filtro.
- tamices de 3/4, y N° 4 y agua destilada.

4.1.8.4. Procedimiento del Ensayo

Preparación de la muestra

- Seleccionar el suelo que pasa la tamiz (malla) N.º 3/4" (19 mm).
- Determinar la humedad adecuada para compactación (Humedad Óptima – HO).

- Compactamos cada muestra en cinco capas iguales en los tres (03) moldes CBR, utilizando 12, 25 y 56 golpes por capa en el primer, segundo y tercer moldes cilíndricos, respectivamente.
- Nivelar la superficie y poner un disco de carga y papel filtro.
- Pesar el molde correspondiente con el suelo compactado.

Ensayo con inmersión

- Colocar el molde cilíndrico compactado en un tanque o pozo con agua por un periodo 96 horas (04 días).
- Medir diariamente la expansión si se requiere.
- Luego del curado por inmersión, retirar y drenar el molde.
- Aplicar las masas de sobrecarga.
- Colocar el molde cilíndrico en la máquina CBR.
- Realizar la penetración del pistón a 1.27 mm/min.
- Anotar continuamente la carga aplicada contra la profundidad de penetración.

4.1.8.5. Resultados del ensayo

Los valores de los siguientes ensayo de CBR son las siguiente:

- **Resultado de la Calicata N° 01**

Tabla 25.

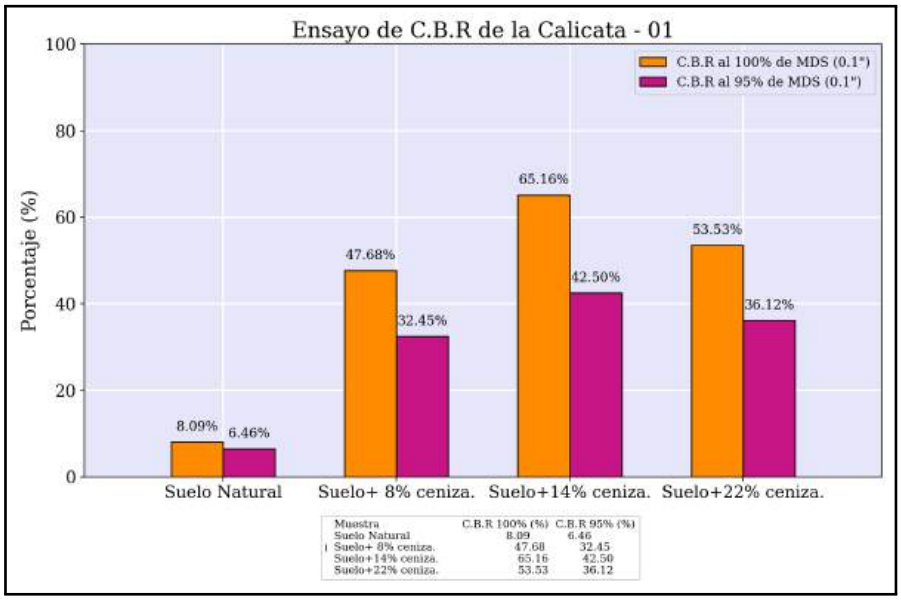
Ensayo de CBR de la C-01.

ENSAYO CBR C-01		
Muestra de C-01	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	8,09 %	6,46 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	47,68 %	32,45 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	65,16 %	42,50 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	53,53 %	36,12 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-01



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 25 y figura 27, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-01. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 6.46 % estando en una clasificación de subrasante Insuficiente y al 100 % el CBR fue de 8.09 % siendo una subrasante Regular. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 32.45 %, y CBR al 100 % de 47.68 %. Con un 14 % de Ceniza

de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 42.50 %, y CBR al 100 % de 65.16 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 36,12 %, y CBR al 100 % de 53.53 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Resultado de la Calicata N° 02**

Tabla 26.

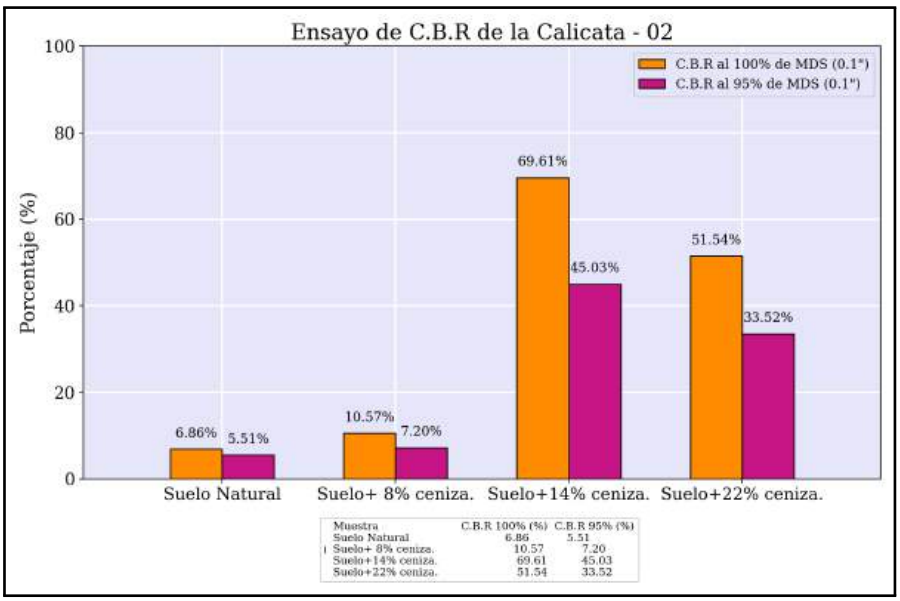
Ensayo de CBR de la C-02.

ENSAYO CBR C-02		
Muestra de C-02	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	6.86 %	5.51 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	10.57 %	7.20 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	69.61 %	45.03 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	51.54 %	33.52 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 26 y figura 28, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-02. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 5.51 % estando en una clasificación de subrasante Insuficiente y al 100 % el CBR fue de 6.86 % siendo una subrasante Regular. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 7.20 %, y CBR al 100 % de 10.57 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 45.03 %, y CBR al 100 % de 69.61 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 33.52 %, y CBR al 100 % de 51.54 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Resultado de la Calicata N° 03**

Tabla 27.

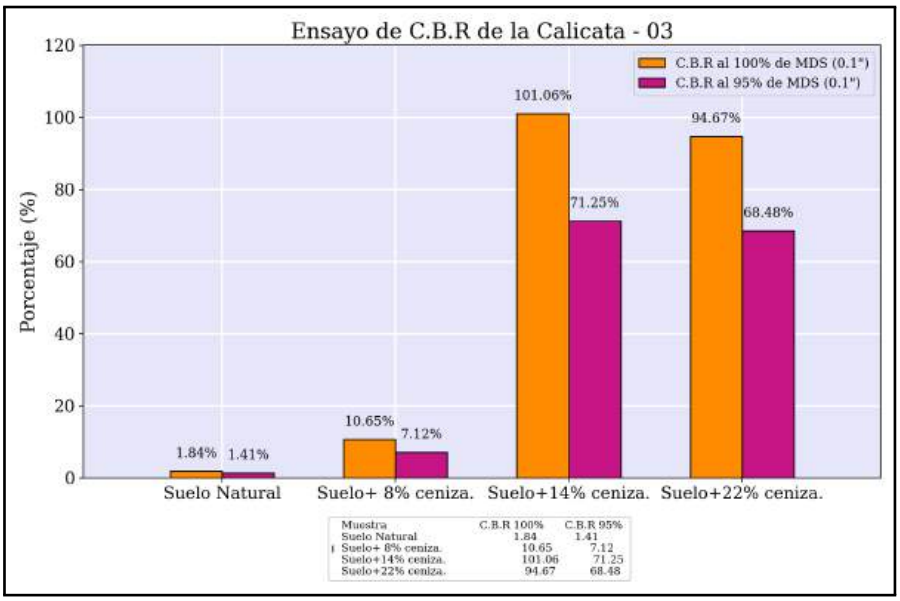
Ensayo de CBR de la C-03.

ENSAYO CBR C-03		
Muestra de C-03	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	1.84 %	1.41 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	10.65 %	7.12 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	101.06 %	71.25 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	94.67 %	68.48 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-03



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 27 y figura 29, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-03. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 1.41 % estando en una clasificación de subrasante Pobre y al 100 % el CBR fue de 1.84 % siendo una subrasante Pobre. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 7.12 %, y CBR al 100 % de 10.65 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 71.25 %, y CBR al 100 % de 101.06 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 68.48 %, y CBR al 100 % de 94.67 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Interpretación Final**

Tabla 28.

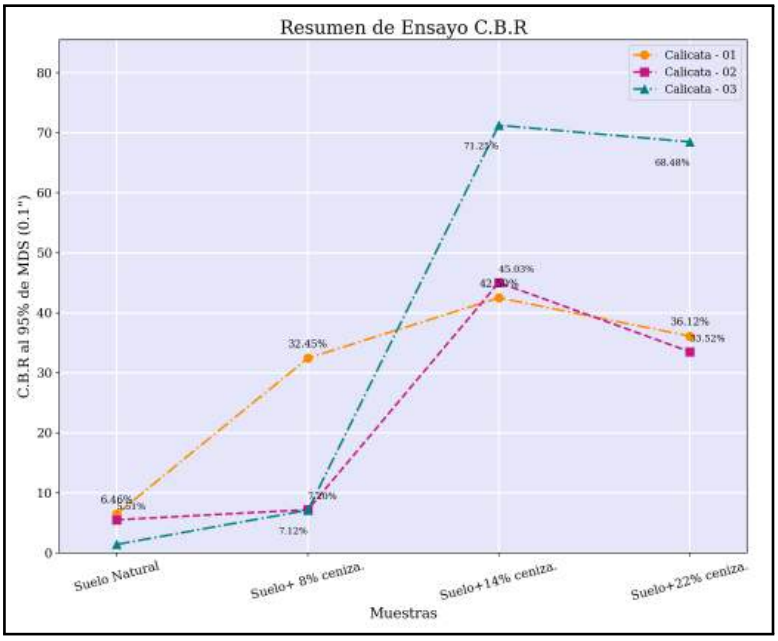
Resumen de Ensayo de CBR de la C-01,C-02 y C-03.

RESUMEN DE ENSAYO DE CBR					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	CBR al 100 %	8,09 %	47,68 %	65,16 %	53,53 %
	CBR al 95 %	6,46 %	32,45 %	42,50 %	36,12 %
C-02	CBR al 100 %	6,86 %	10,57 %	69,61 %	51,54 %
	CBR al 95 %	5,51 %	7,20 %	45,03 %	33,52 %
C-03	CBR al 100 %	1,84 %	10,65 %	101,06 %	94,67 %
	CBR al 95 %	1,41 %	7,12 %	71,25 %	68,48 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30.

Resumen de ensayo de CBR al 95



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo CBR evidencian que la incorporación de ceniza de eucalipto mejora la capacidad portante del suelo, alcanzándose los mayores valores de CBR con una dosificación del 14 %, la cual representa la condición óptima.

4.2. Prueba de hipótesis

La hipótesis se verificó mediante el análisis descriptivo de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. Se compararon los valores promedio del índice de plasticidad, la densidad máxima seca y el CBR del suelo natural y de las mezclas con 8 %, 14 % y 22 % de ceniza de eucalipto. La disminución del índice de plasticidad, el incremento de la densidad máxima seca y el aumento del CBR evidencian que la incorporación de ceniza de eucalipto mejora las propiedades geotécnicas del suelo expansivo.

4.2.1. Hipótesis especifica 01

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no presenta variaciones en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Análisis preliminar de los datos

Tabla 29.

Valores de Índice de plasticidad

Porcentaje de Ceniza	Índice de Plasticidad		
	C1	**C2**	**C3**
SN	10.75 %	21.44 %	21.12 %
SN + 8 % C. de eucalipto	8.28 %	13.29 %	17.01 %
SN + 14 % C. de eucalipto	7.63 %	11.03 %	13.17 %
SN + 22 % C. de eucalipto	5.31 %	6.64 %	5.96 %

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva para cada tratamiento (0 %, 8 %, 14 % y 22 %)

Tabla 30.

Estadística descriptiva de Índice de plasticidad

Tratamiento	n	Media	Mediana	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango
SN	3	17.77	21.12	36.99	6.08	10.75	21.44	10.69
SN+8 %	3	12.86	13.29	19.19	4.38	8.28	17.01	8.73
SN+14 %	3	10.61	11.03	7.81	2.79	7.63	13.17	5.54
SN+22 %	3	5.97	5.96	0.44	0.67	5.31	6.64	1.33

Fuente: Elaboración propia

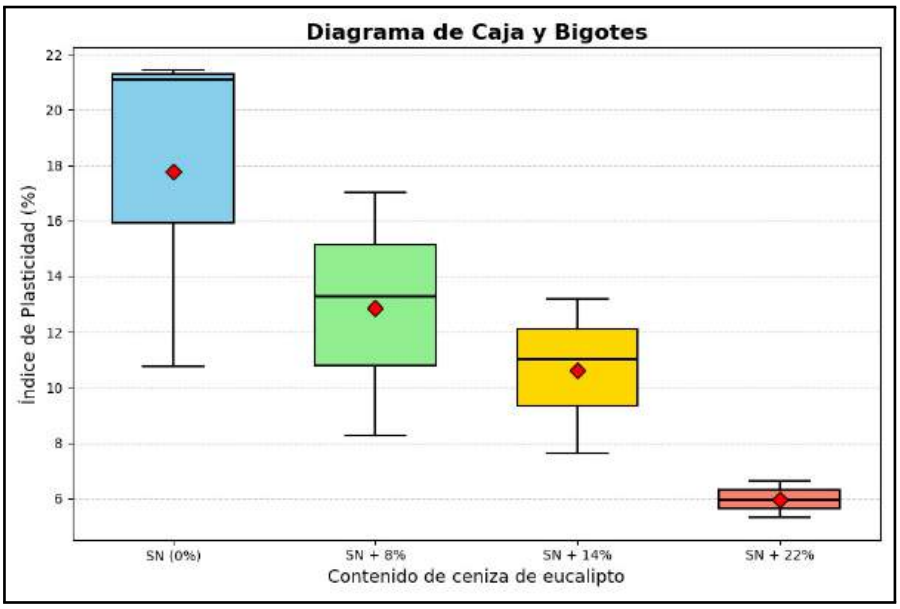
- **Decisión:**

  Según la tabla 30 la estadística descriptiva muestra que el índice de plasticidad disminuye conforme aumenta el porcentaje de ceniza de eucalipto. El suelo natural presentó la mayor media (17.77 %), mientras que la mezcla con 22 % de ceniza registró la menor (5.97 %). Además, la reducción de la desviación estándar (de 6.08 a 0.67) evidencia una mayor homogeneidad de los resultados, indicando que la incorporación de ceniza mejora el comportamiento plástico del suelo.

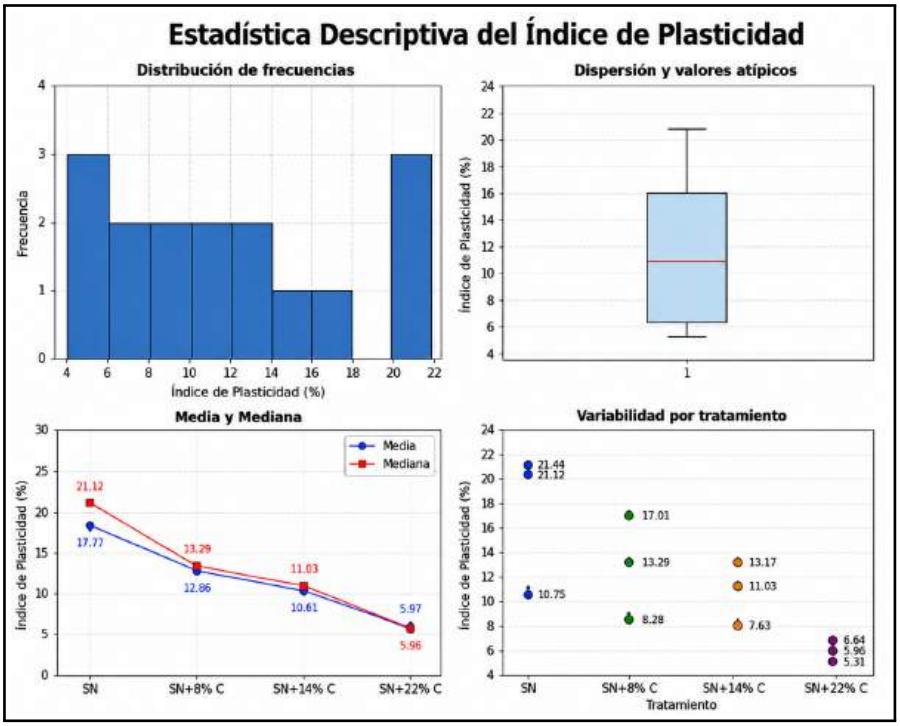
c) Resultados Gráficos

Figura 31.

Resultados gráficos de Índice de plasticidad.



(a) Diagrama de cajas y Bigotes



(b) Gráfico de barras y dispersión con medias y medianas

d) Constrastacion de hipotesis

En función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), concluyéndose que la incorporación de

cenizas de eucalipto produce variaciones en el índice de plasticidad del suelo. Estos resultados respaldan la hipótesis de investigación, al evidenciar que el uso de cenizas de eucalipto influye en el comportamiento plástico del suelo y contribuye a mejorar sus propiedades para su estabilización.

4.2.2. Hipótesis especifica 02

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no presenta variaciones en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Análisis preliminar de los datos

Tabla 31.

Valores de Máxima densidad seca

Porcentaje de Ceniza	Máxima densidad seca (g/cm3)			MDS Promedio
	C1	C2	C3	
SN	1.840	1.878	1.787	**1.835**
SN + 8 % C. de eucalipto	1.902	1.935	1.878	**1.905**
SN + 14 % C. de eucalipto	2.017	2.042	1.981	**2.013**
SN + 22 % C. de eucalipto	1.792	1.867	1.892	**1.850**

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva para cada tratamiento (0 %, 8 %, 14 % y 22 %)

Tabla 32.

Estadística descriptiva de Máxima densidad seca

Tratamiento	n	Media	Mediana	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango
SN	3	1.835	1.840	0.00209	0.04571	1.787	1.878	0.091
SN+8 %	3	1.905	1.902	0.00082	0.02862	1.878	1.935	0.057
SN+14 %	3	2.013	2.017	0.00094	0.03066	1.981	2.042	0.061
SN+22 %	3	1.850	1.867	0.00271	0.05204	1.792	1.892	0.100

Fuente: Elaboración propia

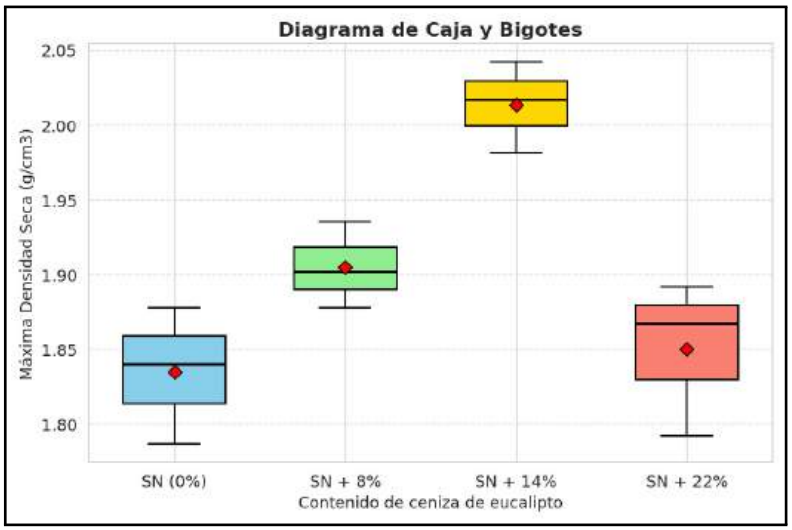
- **Decisión:**

  Según la tabla 32 la estadística descriptiva muestra que la máxima densidad seca (MDS) aumenta con la incorporación de ceniza de eucalipto hasta un contenido del 14 %, alcanzando una media de 2.013 g/cm^3, superior a la del suelo natural (1.835 g/cm^3). Este comportamiento indica una mejor compactación del material debido al efecto de relleno de las partículas finas y a la mejora en el empaquetamiento del suelo.

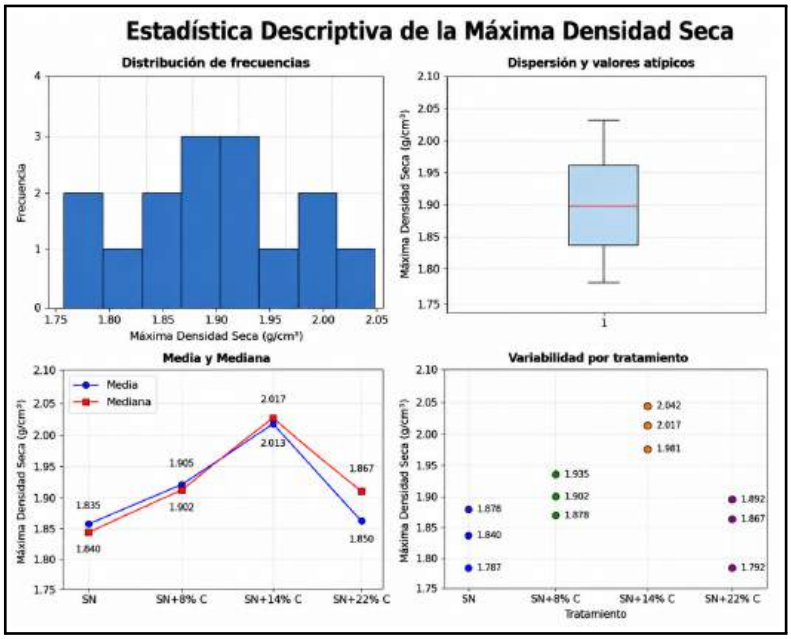
c) Resultados Gráficos

Figura 32.

Resultados gráficos de la máxima densidad seca.



(a) Diagrama de cajas y bigotes.



(b) Gráfico de barras y dispersión con medias y medianas.

d) Constatación de hipótesis

En función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (HO) y se acepta la hipótesis alterna (H1), concluyéndose que la incorporación de cenizas de eucalipto produce variaciones en máxima densidad seca. La dosificación del 14 % presentó el mejor comportamiento, evidenciando una mayor densidad seca máxima y un contenido de humedad óptimo favorable, contribuyendo a la estabilización del suelo.

4.2.3. Hipótesis especifica 03

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no presenta variaciones en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos

a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Análisis preliminar de los datos

Tabla 33.

Valores de CBR al 95 % de las muestras

Porcentaje de Ceniza	C.B.R al 95 % de la MDS			CBR Promedio
	C1	C2	C3	
SN	6.46	5.51	1.41	**4.46**
SN + 8 % C. de eucalipto	32.45	7.20	7.12	**15.59**
SN + 14 % C. de eucalipto	42.50	45.03	71.25	**52.93**
SN + 22 % C. de eucalipto	36.12	33.52	68.48	**46.04**

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva para cada tratamiento (0 %, 8 %, 14 % y 22 %)

Tabla 34.

Estadística descriptiva de CBR al 95 %

Tratamiento	n	Media	Mediana	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango
SN	3	4.46	5.51	7.20	2.68	1.41	6.46	5.05
SN+8 %	3	15.59	7.20	213.20	14.60	7.12	32.45	25.33
SN+14 %	3	52.93	45.03	253.41	15.92	42.5	71.25	28.75
SN+22 %	3	46.04	36.12	379.36	19.48	33.52	68.48	34.96

Fuente: Elaboración propia

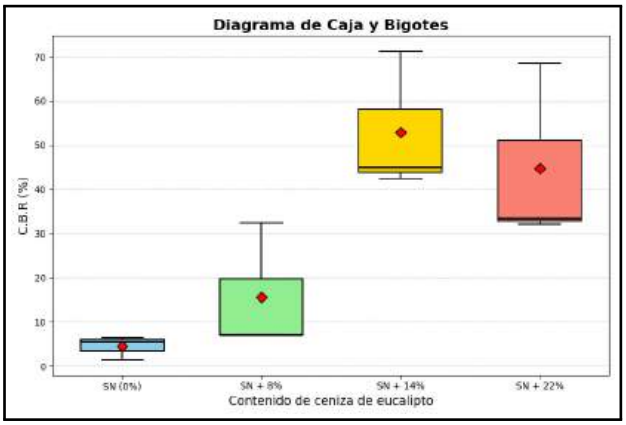
- **Decisión:**

  Según la tabla 34 la estadística descriptiva evidencia que la incorporación de ceniza de eucalipto incrementa la capacidad portante del suelo. El 14 % de ceniza registró el mayor CBR promedio (52.93 %), constituyendo la dosificación óptima, mientras que el suelo natural presentó el menor valor (4.46 %). Confirmando la efectividad de la ceniza de eucalipto para mejorar el desempeño de la subrasante.

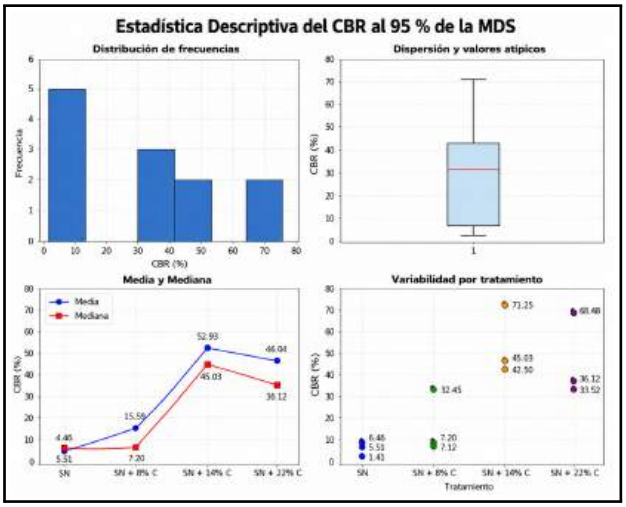
c) Resultados Gráficos

Figura 33.

Resultados gráficos del CBR al 95 % de la MDS.



(a) Diagrama de cajas y Bigotes



(b) Gráfico de barras y dispersión con medias y medianas

d) Constatación de hipótesis

En función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), concluyéndose que la incorporación de cenizas de eucalipto produce variaciones en la capacidad portante del suelo, evaluada mediante el ensayo CBR. Los resultados evidencian un incremento en los valores de CBR respecto al suelo natural, siendo la dosificación del 14 % presentó el mejor comportamiento, contribuyendo a la estabilización del suelo a nivel de subrasante.

4.3. Discusión de los resultados

Limites de consistencia

Los resultados de la investigación establecieron que el empleo de ceniza de eucalipto en proporciones del 8 %, 14 % y 22 % presentan variaciones en los limites de consistencia para estabilizar suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui- Corral pampa Huancavelica. En donde los resultados de Indice plástico disminuye favorablemente con la adición de ceniza, obteniendo valores de IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 %. En comparación con lo que concluye M. Quispe (2024), fue inferior en términos de resultados, los cuales emplearon una adición del 4 %, 8 % y 12 % llegando a valores de MDS de IP=18.76 %, IP=14.97 %, IP=11.18 % y IP=6.28 %, obteniendo el valor mas bajo 6.28 % para un 12 % de ceniza de eucalipto.

Máxima densidad seca (MDS)

Los resultados de la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del uso de ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 % sobre la máxima densidad seca (MDS) y el contenido óptimo de humedad, en el proceso de estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica.

Los resultados obtenidos evidencian que la máxima densidad seca incrementa con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para el suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3. Al adicionar 8 % de ceniza de eucalipto, la MDS aumentó a 1.905 g/cm^3, mientras que con una dosificación de 14 %, se registró el valor más alto, MDS = 2.013 g/cm^3. Finalmente, al incorporar 22 % de ceniza de eucalipto, la MDS presentó una ligera disminución, alcanzando un valor de 1.850 g/cm^3. Al comparar estos resultados fue inferior en cuanto a lo que concluye Gonzales (2018), los cuales emplearon una adición del 0 %, 6 %, 16 % y 26 % llegando a valores de MDS de 2.081gr/cm3, 2.106gr/cm3, 2.110gr/cm3 y 2.112gr/cm3, teniendo como máximo valor la adición del 26 %.

Capacidad de soporte (CBR)

Los resultados de la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del uso de ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 % en la capacidad de soporte (CBR), para la estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica.

Los resultados de CBR al 95 % obtenido fue de 4.46 %, 15.59 %, 52.93 % y 46.04 % con la incorporación de cenizas de eucalipto en 0 %, 8 %, 14 % y 22 % respectivamente los cuales fueron inferiores con respecto a lo que concluyo Gonzales (2018), obteniendo. para los contenidos de ceniza 0 %, 6 %, 16 % y 26 %, el CBR fue del 33.10 %, 63.80 %, 52.70 % y 64.20 % ; el mayor valor de la CBR de 64.20 % que alcanzo con un 26 % ceniza.

Conclusiones

- El uso de cenizas de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 %. en suelos expansivos presenta variaciones en los límites de consistencia. El suelo natural evidenció alta plasticidad, con (I_P) de 17.77 %, el cual disminuyó en IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 %. evidenciándose una reducción en el límite líquido (L_L) y el índice de plasticidad (I_P), así como una ligera variación en el límite plástico (L_P). Esto indica una mejor estabilidad del suelo, disminuyendo su potencial expansivo y contracción, lo cual es óptimo para su utilización como subrasante.

- La incorporación de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca (MDS), alcanzando para la muestra de suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3 y al agregar en 8 %, 14 % y 22 % aumento en MDS = 1.905 g/cm^3, MDS = 2.013 g/cm^3 y MDS = 1.850 g/cm^3. Lo cual mejora la trabajabilidad del suelo y contribuye a una mejor compactación en campo.

- La utilización de cenizas de eucalipto optimiza la capacidad de soporte del suelo, reflejado en una variación del valor de C.B.R al 95 % del suelo natural fue de 4.46 %, clasificándose como subrasante pobre; sin embargo, al adicionar ceniza de eucalipto, la resistencia se incrementó notablemente, alcanzando valores de CBR de 15.59 %, 52.93 % y 46.04 %. Esto demuestra que la ceniza funciona como un material estabilizante, optimizando la resistencia mecánica del suelo, lo cual es fundamental para el diseño y desempeño de la subrasante. Con la dosificación de 14 % de ceniza de eucalipto se obtuvo el mayor valor de CBR (52.93 %), lo que manifiesta una mejora óptima en la resistencia del suelo.

Recomendaciones

- En la construcción de carreteras, el suelo a nivel subrasante debe ajustarse con los parámetros mecánicos indicados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (M.T.C), tales como valores mínimos de C.B.R, densidad seca máxima (Proctor Modificado) y rangos adecuados de límites de consistencia (LL, LP e IP). En caso de presentar valores inferiores a los requeridos, se recomienda aplicar mecanismos de estabilización de suelos, como la incorporación de cenizas de eucalipto, con la finalidad de mejorar su capacidad portante y disminuir su plasticidad.

- Para la correcta estabilización, es indispensable trabajar el suelo a su contenido de humedad óptimo, determinado mediante el ensayo Proctor Modificado. Esto permitirá alcanzar la máxima densidad seca y asegurar una apropiada interacción entre la ceniza y el suelo, optimizando así el comportamiento mecánico del material.

- Es importante continuar con estudios experimentales que analicen la influencia de la ceniza proveniente de eucalipto en distintas clasificaciones de suelos (especialmente suelos finos como A-6 y A-7), evaluando su comportamiento en términos del grado de compactación (Proctor Modificado), resistencia (CBR) y variaciones en los límites de consistencia.

Referencias

Aguilar, H. O., y Bravo, J. C. (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 grado). Universidad Andina del Cusco.

Arias, J. L., y Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, *1*(1), 66–78.

Bastidas Martinez, J. G. D., y Quintana Cabeza, C. D. (2018). Título: Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante autor (es): Parra gomez, manuel gerardo.

Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica*. Ciudad: Editorial.

Braja, M. D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ma ed.). Cengage Learning México DF. Descargado de https://aportesingecivil.com/libro-fundamentos-de-ingenieria-de-cimentaciones/

Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4.ª ed.). México D.F.: Cengage Learning.

Cañar, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ecuador.

Chacón, J., Irigaray, C., Hamdouni, R., y Lamas, F. (2004). *Mecánica de suelos y rocas: Prácticas y ensayos*.

Chirinos, E., Rodriguez, E., y Muñoz, S. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el cbr con fines de pavimentación: Una revisión literaria. *Suelos Ecuatoriales*, *51*(1), 72–92.

Dabou, C. A.-g. Z., Blaise Kanali. (2021). Structural performance of laterite soil stabilised with cement and blue gum (eucalyptus globulus) wood ash for use as a road base material. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *69*(257-264). doi: 10.14445/22315381/IJETT-V69I9P231

Delgado, C. A., y Mormontoy, V. D. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de mazorca de maíz y cal* (Tesis de grado). Universidad Andina del Cusco.

FAO. (2014). *Befs rapid appraisal: Introduction to the approach and the manuals*. Rome: FAO. Descargado de https://www.fao.org/energy/resources/tools/bioenergy-and-food-security/befs-rapid-appraisal/en/

Gonzales, F. M. (2018). *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno* (Tesis de grado). Universidad Nacional Néstor Cáceres velásquez, Puno-Perú.

Guillermo Ayala, A. R., y Durán, G. (2019). Study of the effect of the addition of ash from artisan brick kilns in the stabilization of clay soils for pavements. (7). doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.115

Hussein Karim, M. A.-R., y Nsaif, M. (2018). Stabilization of soft clayey soils with sawdust ashes. (1-7). doi: 10.1051/matecconf/201816201006

Jara, A. (2024). Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín). *Su Comportamiento Mecánico–Deformacional Para El Mejoramiento De La Subrasante, De Las Vías De La Urbanización Las Gardenias De La Ciudad De Juliaca. Puno-Perú: Universidad Nacional Del Altiplano*.

Jurado, C. A. (s.f.). Dimensiones de la estabilización de suelos.

Juárez, E., y Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos. tomo i: Fundamentos de la mecánica de suelos*. México, D.F.: Limusa.

Labajos, O. G., y Núñez, J. H. S. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*. Descargado de https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/589 doi: 10.25127/ucni.v3i1.589

Laos, C. G. (2022). *Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, huánuco 2022* (Tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Maldonado Pomasoncco, G. (2023). *Cenizas de eucalipto (eucalyptus globullus labill) con tratamiento térmico, modificado en medio alcalino para la remoción de niquel y cadmio en soluciones ideales* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú). Descargado de https://repositorio.unsch.edu.pe/home

Mallqui, J. E. (2021). *Aplicación de las cenizas de madera producto de las ladrilleras artesanales en el compactado de zanjas en el distrito de pillcomarca–huánuco 2021* (Tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Ministerio del Ambiente. (2020). *Informe final de la línea de base de pino y eucalipto.* Descargado de https://bioseguridad.minam.gob.pe/normatividad/implementacion/lineas-de-base/pino-y-eucalipto/

Morales, D. (2015). *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas* (Tesis de grado). Universidad de Medellín, Colombia.

MTC. (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. *Lima.: MTC*.

MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales.
(R.D. N° 18-2016-MTC/14, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima, Perú)

Quinto, O., y Ortiz, F. (2019). *Influencia de las características geotécnicas en el diseño de cimentaciones en el sector San Gerónimo - Huancavelica* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú). Descargado de https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3200

Quispe, M. (2024). *Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida tasa de la ciudad de juliaca provincia de san román región puno* (Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú). Descargado de https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3458

Quispe, V., y Romero, G. (2023). *Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera colcabamba* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica.

Romero Ferrer, V. M., y Solar Zegarra, H. R. (2020). Influencia del porcentaje de ceniza de cáscaras de arroz y residuos de conchas de abanico sobre el índice de cbr en la estabilización de un suelo arcilloso, en el distrito de san pedro de lloc.

Salinas, J. E., y Villao, R. A. (2019). *Estudio comparativo de estabilización de suelos de subrasante suelos expansivos, utilizando cal, sal y geoceldas, para implementación en una nueva vía en la comuna bajadita de colonche de la parroquia colonche.* (Tesis de grado). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Valenzuela, A., Hinostroza, H., Hinostroza, V., Ayuque, N., Aliaga, A., Lazo, C., y Carhuallanqui, B. (2025). Sustainable stabilization of clayey soils: The influence of recycled rubber and eucalyptus ash. *Civil Engineering and Architecture*, *13*(4). doi: 10.13189/cea.2025.130419

Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., y Vassileva, C. G. (2013). An overview of the composition and application of biomass ash. part 1: Phase–mineral and chemical composition and classification. *Fuel*, *105*, 40–76. doi: 10.1016/j.fuel.2012.09.041

Villanueva, C. D. (2023). Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación.

Villasís-keever, H. Z.-c. J. N., Miguel Ángel Márquez-gonzález. (2018). El protocolo de investigación vii . validez y confiabilidad de las mediciones. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *65*(414-421). doi: 10.29262/ram.v65i4.560

ANEXOS

A.1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Región Huancavelica - 2024"

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? **Problemas específicos** 1. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en los límites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui -Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? 2. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? 3. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024?	**Objetivo general** Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. **Objetivos específicos** 1. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en las propiedades físicas para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 2. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 3. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024.	**Antecedentes** A. **Internacional** Universidad Técnica de Ambato – Ecuador - (2017): Cañar Tiviano, "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón". B. **Nacional** Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez - (2024): Quispe Melany, "Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de la ciudad de Juliaca provincia de San Román región Puno". C. **Local** Universidad Nacional de Huancavelica - (2023): Quispe y Romero, "Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera Colcabamba". **Marco Teórico Referencial** ▪ Estabilización de suelos ▪ Granulometría ▪ Límite Consistencia ▪ Proctor modificado ▪ CBR	**Hipótesis general** El uso de cenizas de Eucalipto presenta variaciones para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. **Hipótesis específicas:** 1. El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en las propiedades fisicas para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 2. El uso de cenizas de Eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 3. El de cenizas de Eucalipto presenta variaciones en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024.	**Identificación de Variables:** **a. Variable Independiente:** Cenizas de Eucalipto **Dimensiones:** 1. Dosificación de ceniza de eucalipto. ▪ Incorporación de 8 % de cenizas. ▪ Incorporación de 14 % de cenizas. ▪ Incorporación de 22 % de cenizas. **b. Variable dependiente:** Estabilización de suelos expansivos **Dimensiones:** ▪ Propiedades Físicas. ▪ Máxima densidad seca. ▪ Capacidad portante de suelo (CBR).	**Tipo:** Aplicada. **Nivel:** Explicativo **Diseño:** Cuasiexperimental **Población y Muestra:** **Población** Carretera Quiralquichqui – Corral Pampa – Distrito de Huancavelica, Provincia de Huancavelica. **Muestra** Según MTC 2014 por cada km 1 calicatas. Se tomará el tramo de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa donde se realiza 3 calicatas con una profundidad de 1.50 metros respecto al nivel de la sub rasante. **Técnicas e Instrumentos:** **Técnicas:** ▪ Observación ▪ Análisis documentario ▪ Análisis de laboratorio **Instrumentos:** ▪ Fichas técnicas de laboratorio ▪ Equipos e instrumentos de laboratorio ▪ Software computacional **Técnicas de Procesamiento de datos** Procesamiento de datos se realizará en los ensayos de laboratorio como haciendo uso del programa Excel y software penetration Stage. **Análisis de Datos** Excel y jupyter notebook

A.2. Ensayos de laboratorio

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

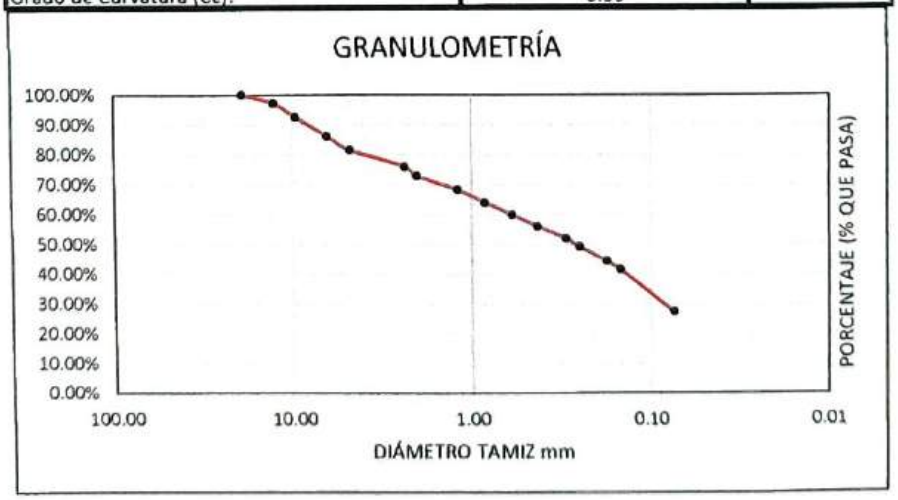
Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO
ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.05	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.70	38.74	2.84%	2.84%	97.16%
3/8"	9.53	62.22	4.56%	7.40%	92.60%
1/4"	6.35	87.77	6.43%	13.83%	86.17%
N°4	4.76	63.22	4.63%	18.46%	81.54%
N°8	2.36	75.62	5.54%	24.00%	76.00%
N°10	2.00	41.42	3.03%	27.03%	72.97%
N°16	1.19	62.21	4.56%	31.59%	68.41%
N°20	0.84	58.28	4.27%	35.86%	64.14%
N°30	0.59	56.19	4.12%	39.98%	60.02%
N°40	0.43	53.35	3.91%	43.88%	56.12%
N°50	0.30	54.39	3.98%	47.87%	52.13%
N°60	0.25	37.75	2.77%	50.63%	49.37%
N°80	0.18	65.40	4.79%	55.43%	44.57%
N°100	0.15	37.87	2.77%	58.20%	41.80%
N°200	0.07	194.67	14.26%	72.46%	27.54%
FONDO	0.01	375.90	27.54%	100.00%	0.00%
TOTAL		1365.00			
PESO INICIAL		1365.00			

LÍMITE LÍQUIDO	LL=	33.31	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	22.56	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	10.75	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		81.54%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		27.54%	%
D60		0.59	mm
D30		0.09	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.03	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		17.72	
Grado de Curvatura (Cc):		0.39	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PROYECCIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

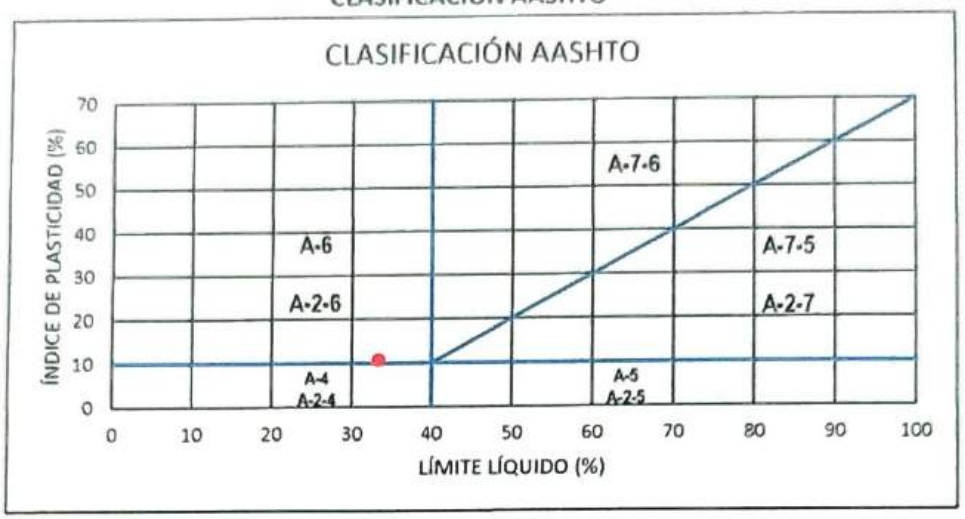
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

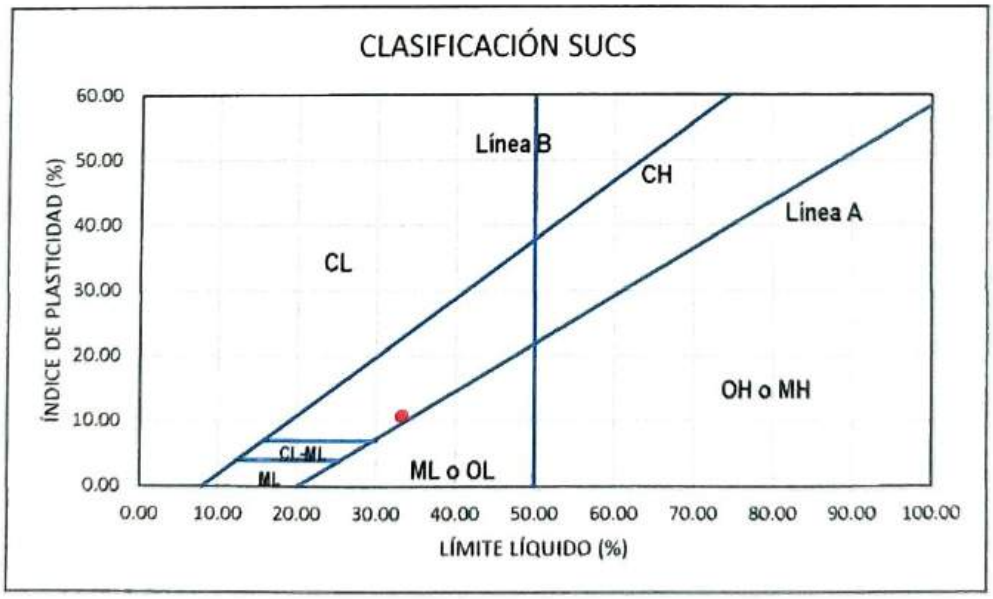
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Excelente o bueno
A-2-6 Grava y Arena Arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	0



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).
Arena Arcillosa SC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA FAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C2 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024

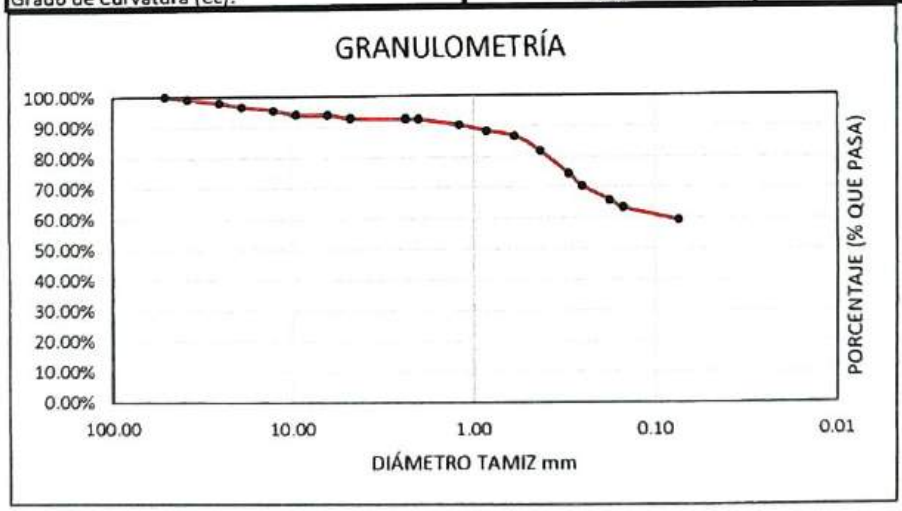
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	39.53	0.81%	0.81%	99.19%
1"	25.40	63.67	1.30%	2.10%	97.90%
3/4"	19.05	59.68	1.22%	3.32%	96.68%
1/2"	12.70	63.48	1.29%	4.61%	95.39%
3/8"	9.53	66.18	1.35%	5.96%	94.04%
1/4"	6.35	10.83	0.22%	6.18%	93.82%
N°4	4.76	53.35	1.09%	7.27%	92.73%
N°8	2.36	12.31	0.25%	7.52%	92.48%
N°10	2.00	6.17	0.13%	7.64%	92.36%
N°16	1.19	98.06	2.00%	9.64%	90.36%
N°20	0.84	98.06	2.00%	11.64%	88.36%
N°30	0.59	83.10	1.69%	13.33%	86.67%
N°40	0.43	236.54	4.82%	18.15%	81.85%
N°50	0.30	370.71	7.55%	25.71%	74.29%
N°60	0.25	196.03	3.99%	29.70%	70.30%
N°80	0.18	226.46	4.61%	34.31%	65.69%
N°100	0.15	118.55	2.42%	36.73%	63.27%
N°200	0.07	190.33	3.88%	40.61%	59.39%
FONDO	0.01	2915.06	59.39%	100.00%	0.00%
TOTAL		4908.10			
PESO INICIAL		4908.10			

LÍMITE LÍQUIDO	LL=	42.57	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	21.14	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	21.44	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		92.73%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		59.39%	%
D60		0.09	mm
D30		0.04	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.02	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		4.13	
Grado de Curvatura (Cc):		1.01	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE REPRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

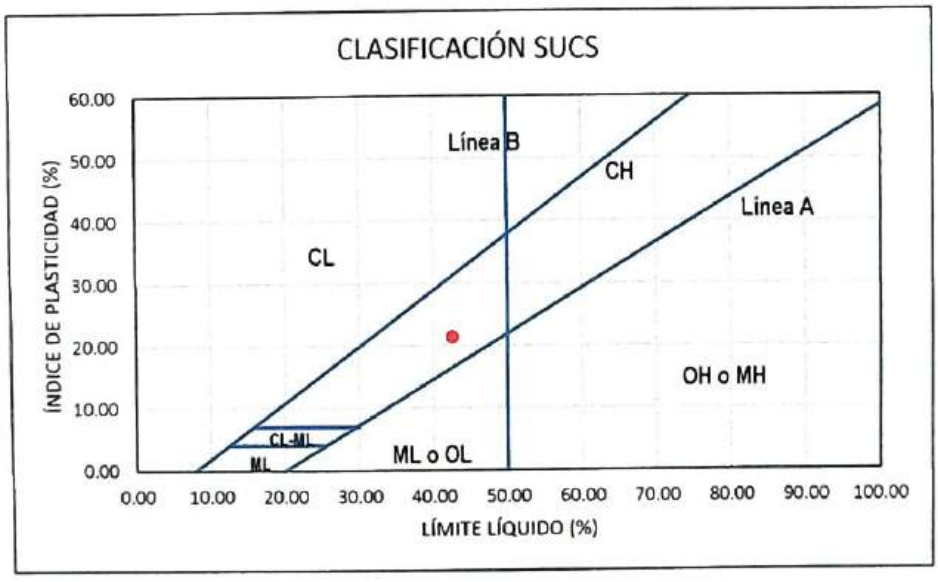
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Regular a pobre
A-7-6 Suelo arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	10



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo con finos (suelo sucio)
Arcilla magra gravosa con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - FIVCA
AREA DE PRODUCCION DE LAB. E APCH

Tec. Lab. Nilton Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

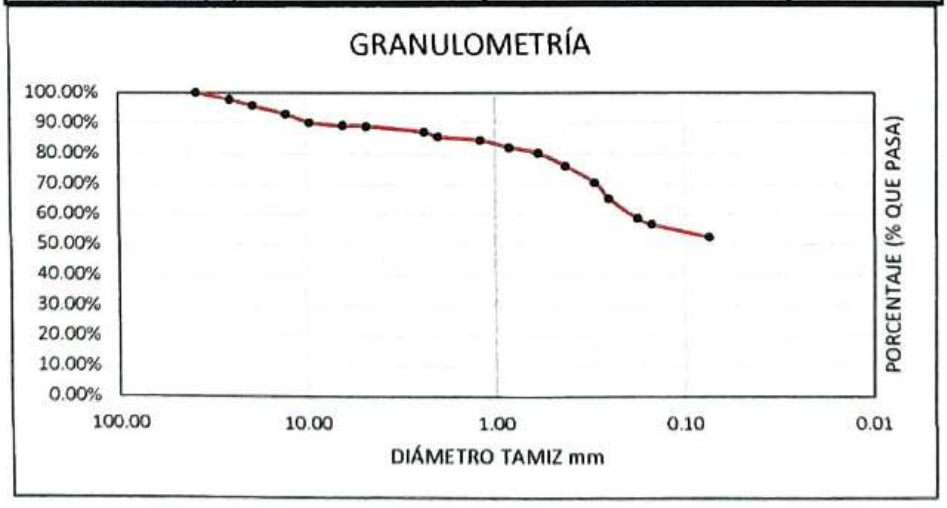
Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO
ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	74.09	2.25%	2.25%	97.75%
3/4"	19.05	69.54	2.11%	4.36%	95.64%
1/2"	12.70	91.46	2.78%	7.14%	92.86%
3/8"	9.53	87.60	2.66%	9.80%	90.20%
1/4"	6.35	33.61	1.02%	10.82%	89.18%
N°4	4.76	8.19	0.25%	11.06%	88.94%
N°8	2.36	60.64	1.84%	12.91%	87.09%
N°10	2.00	50.39	1.53%	14.44%	85.56%
N°16	1.19	37.12	1.13%	15.56%	84.44%
N°20	0.84	76.49	2.32%	17.88%	82.12%
N°30	0.59	62.06	1.88%	19.77%	80.23%
N°40	0.43	136.43	4.14%	23.91%	76.09%
N°50	0.30	184.53	5.60%	29.51%	70.49%
N°60	0.25	169.77	5.15%	34.66%	65.34%
N°80	0.18	221.78	6.73%	41.40%	58.60%
N°100	0.15	61.78	1.88%	43.27%	56.73%
N°200	0.07	138.36	4.20%	47.47%	52.53%
FONDO	0.01	1730.36	52.53%	100.00%	0.00%
TOTAL		3294.20			
PESO INICIAL		3294.20			

LÍMITE LÍQUIDO	LL=	42.77	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	21.65	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	21.12	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		88.94%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		52.53%	%
D60		0.19	mm
D30		0.05	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.02	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		8.66	
Grado de Curvatura (Cc):		0.51	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

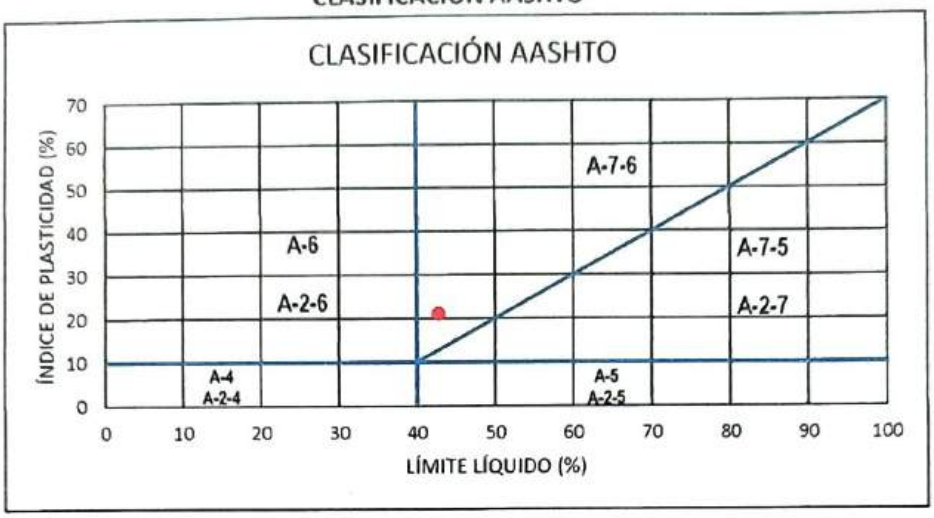
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

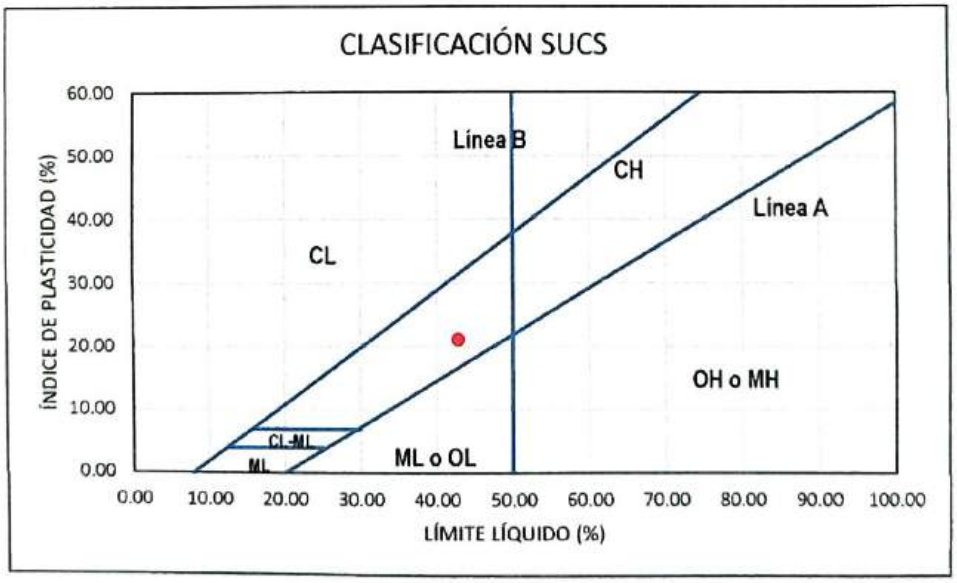
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Regulara pobre
A-7-6 Suelo Arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	8



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo con finos (suelo sucio)
Arcilla magra gravosa con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FIVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: CENIZA Muestra: M-1 Fecha: 23/02/2024

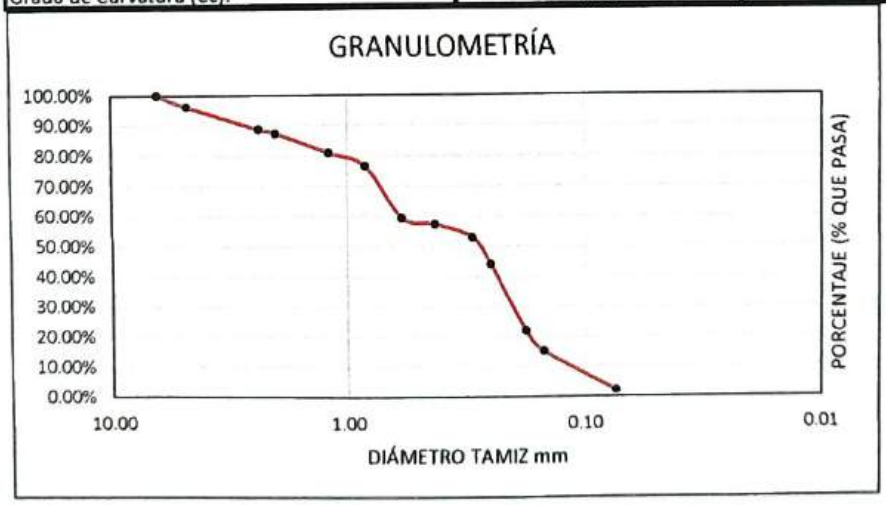
N.F (m) No se encontro Profundidad: 0 Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.05				
1/2"	12.70				
3/8"	9.53				
1/4"	6.35	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.76	15.28	3.84%	3.84%	96.16%
N°8	2.36	29.71	7.46%	11.30%	88.70%
N°10	2.00	5.28	1.33%	12.63%	87.37%
N°16	1.19	25.51	6.41%	19.04%	80.96%
N°20	0.84	17.38	4.37%	23.41%	76.59%
N°30	0.59	68.04	17.10%	40.50%	59.50%
N°40	0.43	8.22	2.07%	42.57%	57.43%
N°50	0.30	17.87	4.49%	47.06%	52.94%
N°60	0.25	34.46	8.66%	55.72%	44.28%
N°80	0.18	88.60	22.26%	77.98%	22.02%
N°100	0.15	26.86	6.75%	84.73%	15.27%
N°200	0.07	51.63	12.97%	97.70%	2.30%
FONDO	0.01	9.16	2.30%	100.00%	0.00%
TOTAL		398.00			
PESO INICIAL		398.00			

LIMITE LIQUIDO	LL=	0.00	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	0.00	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	0.00	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		96.16%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		2.30%	%
D60		0.60	mm
D30		0.20	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.12	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		5.04	
Grado de Curvatura (Cc):		0.58	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Téc. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo

X	A
	B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 8	N° 2
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.90	36.47
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	185.72	193.56
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	163.24	170.01
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	22.48	23.55
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	126.34	133.54
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	17.79%	17.64%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	17.71%	

Observaciones:

Responsable Técnico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C2 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo

X	A
	B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 9	N° 7
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.69	35.86
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	215.38	203.45
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	189.90	179.98
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	25.48	23.47
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	153.21	144.12
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	16.63%	16.29%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	16.46%	

Observaciones:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo C. Soto
Responsable Técnico

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo: [X] A [ ] B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 16	N° 12
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.21	36.45
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	216.98	208.68
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	187.92	181.05
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	29.06	27.63
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	151.71	144.60
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	19.15%	19.11%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	19.13%	

Observaciones:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Heber A. C.

Responsable Técnico

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

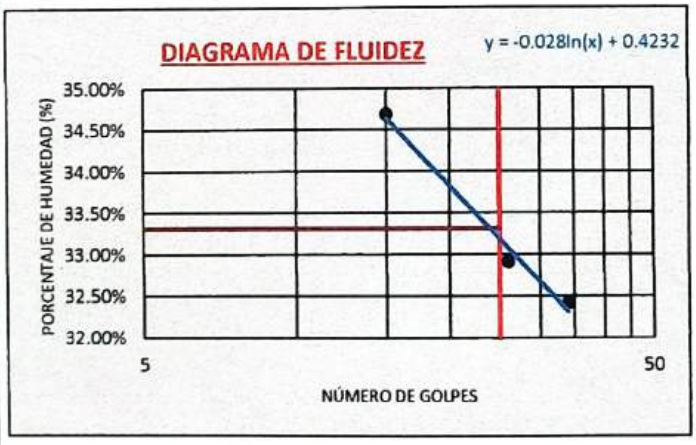
Calicata: C1 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	18	24	15	3	15	26
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	67.90	63.85	63.75	41.29	39.07	49.26
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	60.17	57.07	56.51	40.45	38.39	39.44
3	Masa del Agua	g	7.73	6.78	7.24	0.84	0.68	9.82
4	Masa de Tara	g	36.33	36.47	35.64	36.40	35.60	15.95
5	Masa del Suelo Seco	g	23.84	20.60	20.87	4.05	2.79	23.49
6	Contenido de Humedad	%	32.42%	32.91%	34.69%	20.74%	24.37%	41.81%
	Promedio Contenido Humedad	%	33.34%			22.56%		41.81%
	Número de Golpes	N.°	34	26	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	34.69%
26	32.91%
34	32.42%
25	**33.31%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	33.31%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	22.56%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	10.75%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	41.81%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.79
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPICH

Tec. Luis Alfredo Mier...

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

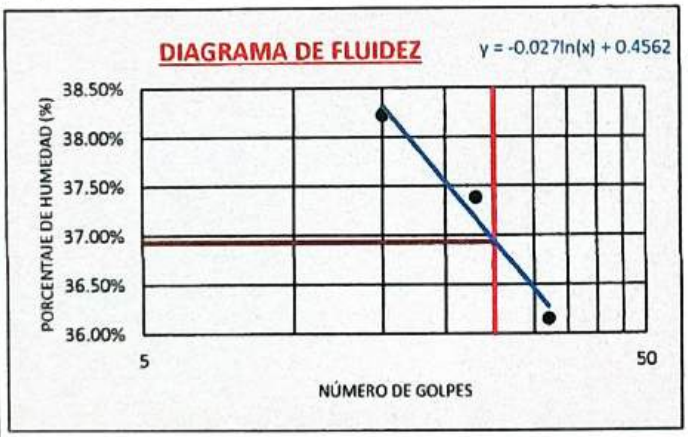
Calicata: C1 - Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BI Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	11	6	13	1	4	1
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	56.32	57.10	58.17	40.89	42.42	36.65
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	50.80	51.56	51.94	39.85	41.01	29.97
3	Masa del Agua	g	5.52	5.54	6.23	1.04	1.41	6.68
4	Masa de Tara	g	35.53	36.74	35.64	35.72	36.62	15.89
5	Masa del Suelo Seco	g	15.27	14.82	16.30	4.13	4.39	14.08
6	Contenido de Humedad	%	36.15%	37.38%	38.22%	25.18%	32.12%	47.44%
	Promedio Contenido Humedad	%	37.25%			28.65%		47.44%
	Número de Golpes	N.°	32	23	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	38.22%
23	37.38%
32	36.15%
25	**36.93%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	36.93%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	28.65%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	8.28%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	47.44%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.27
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FICA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. [illegible]

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

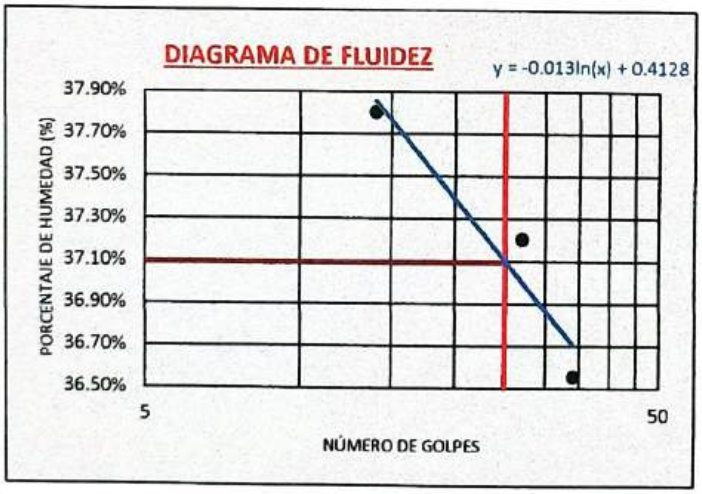
Calicata: C1 - Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LIMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	10	7	33	2	12	6
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	55.61	59.56	55.47	39.92	42.89	42.78
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	50.24	53.25	50.34	38.97	41.18	33.89
3	Masa del Agua	g	5.37	6.31	5.13	0.95	1.71	8.89
4	Masa de Tara	g	35.55	36.29	36.77	35.65	35.54	15.81
5	Masa del Suelo Seco	g	14.69	16.96	13.57	3.32	5.64	18.08
6	Contenido de Humedad	%	36.56%	37.21%	37.80%	28.61%	30.32%	49.17%
	Promedio Contenido Humedad	%	37.19%			29.47%		49.17%
	Número de Golpes	N.°	34	27	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	37.80%
27	37.21%
34	36.56%
25	**37.10%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	37.10%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	29.47%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	7.63%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	49.17%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.58
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Solis

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 - Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

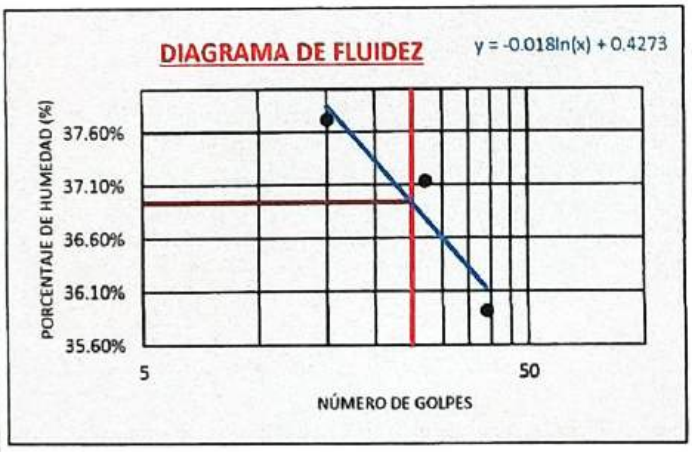
Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	33	20	16	14	16	38
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	66.30	61.90	62.27	41.12	43.78	44.26
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	58.50	55.02	54.98	40.05	41.75	34.72
3	Masa del Agua	g	7.80	6.88	7.29	1.07	2.03	9.54
4	Masa de Tara	g	36.78	36.49	35.65	36.48	35.65	15.83
5	Masa del Suelo Seco	g	21.72	18.53	19.33	3.57	6.10	18.89
6	Contenido de Humedad	%	35.91%	37.13%	37.71%	29.97%	33.28%	50.50%
	Promedio Contenido Humedad	%	**36.92%**			**31.63%**		**50.50%**
	Número de Golpes	N.°	39	27	15			

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	37.71%
27	37.13%
39	35.91%
25	**36.94%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	36.94%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	31.63%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	5.31%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	50.50%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-2.55
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Mg. Ing. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

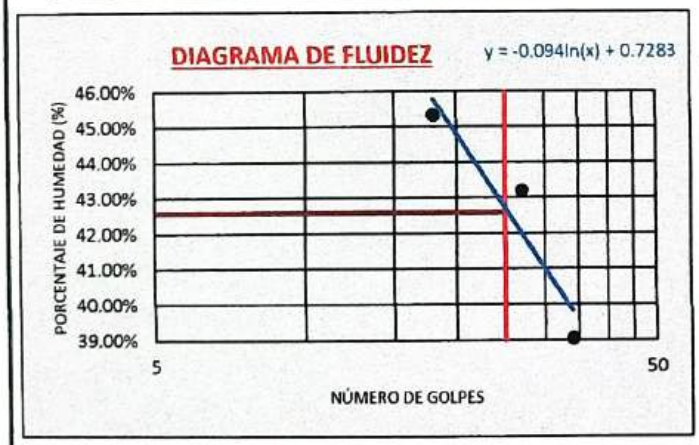
Calicata: C2 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	6	5	4	54	34	3
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	68.80	67.45	69.35	19.95	21.85	46.01
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	59.80	58.06	59.15	19.42	20.54	39.89
3	Masa del Agua	g	9.00	9.39	10.20	0.53	1.31	6.12
4	Masa de Tara	g	36.75	36.32	36.65	15.77	15.82	15.73
5	Masa del Suelo Seco	g	23.05	21.74	22.50	3.65	4.72	24.16
6	Contenido de Humedad	%	39.05%	43.19%	45.33%	14.52%	27.75%	25.33%
	Promedio Contenido Humedad	%	42.52%			21.14%		25.33%
	Número de Golpes	N.°	34	27	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	45.33%
27	43.19%
34	39.05%
25	**42.57%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.57%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	21.14%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	21.44%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	25.33%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.80
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Plástica**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

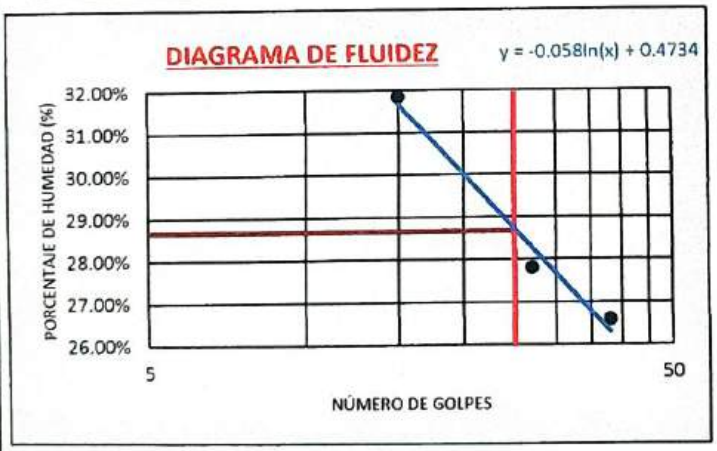
Calicata: C2 - Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	18	17	21	15	16	12
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	62.92	62.97	63.38	38.65	40.25	72.96
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	57.33	57.26	56.96	38.35	39.49	64.16
3	Masa del Agua	g	5.59	5.71	6.42	0.30	0.76	8.8
4	Masa de Tara	g	36.31	36.72	36.80	35.60	35.66	35.68
5	Masa del Suelo Seco	g	21.02	20.54	20.16	2.75	3.83	28.48
6	Contenido de Humedad	%	26.59%	27.80%	31.85%	10.91%	19.84%	30.90%
	Promedio Contenido Humedad	%	28.75%			15.38%		30.90%
	Número de Golpes	N.°	38	27	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	31.85%
27	27.80%
38	26.59%
25	**28.67%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	28.67%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	15.38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	13.29%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	30.90%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.17
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA E.A.P.I.C.
Tec. Lab. Mecánica de Suelos

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

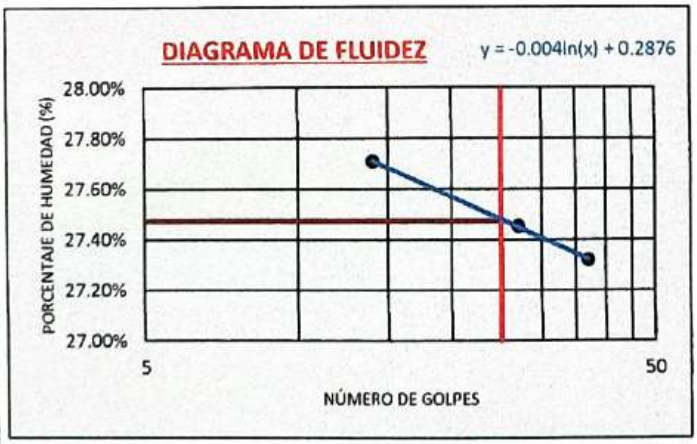
Calicata: C2 - Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	22	24	24	9	21	49
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	60.97	65.59	65.47	43.21	39.97	32.99
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	55.70	59.32	59.18	42.37	39.46	28.41
3	Masa del Agua	g	5.27	6.27	6.29	0.84	0.51	4.58
4	Masa de Tara	g	36.41	36.48	36.48	36.31	36.78	15.79
5	Masa del Suelo Seco	g	19.29	22.84	22.70	6.06	2.68	12.62
6	Contenido de Humedad	%	27.32%	27.45%	27.71%	13.86%	19.03%	36.29%
	Promedio Contenido Humedad	%		**27.49%**		**16.45%**		**36.29%**
	Número de Golpes	N.°	37	27	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	27.71%
27	27.45%
37	27.32%
25	**27.47%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	27.47%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	16.45%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	11.03%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	36.29%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.80
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

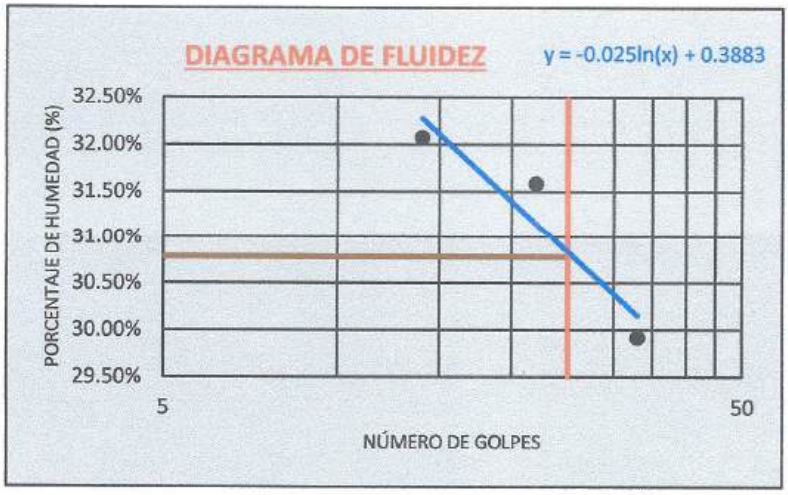
Calicata: C2 - Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: **CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	2	3	15	59	57	1
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	68.12	64.53	27.30	19.65	18.56	82.37
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	60.87	57.78	24.50	18.91	18.01	68.93
3	Masa del Agua	g	7.25	6.75	2.80	0.74	0.55	13.44
4	Masa de Tara	g	36.64	36.41	15.77	15.96	15.64	36.21
5	Masa del Suelo Seco	g	24.23	21.37	8.73	2.95	2.37	32.72
6	Contenido de Humedad	%	29.92%	31.59%	32.07%	25.08%	23.21%	41.08%
	Promedio Contenido Humedad	%	31.19%			24.15%		41.08%
	Número de Golpes	N.°	33	22	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	32.07%
22	31.59%
33	29.92%
25	**30.78%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	30.78%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	24.15%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	6.64%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	41.08%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.55
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA FACH

Tec. Lab. Alfredo M... Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

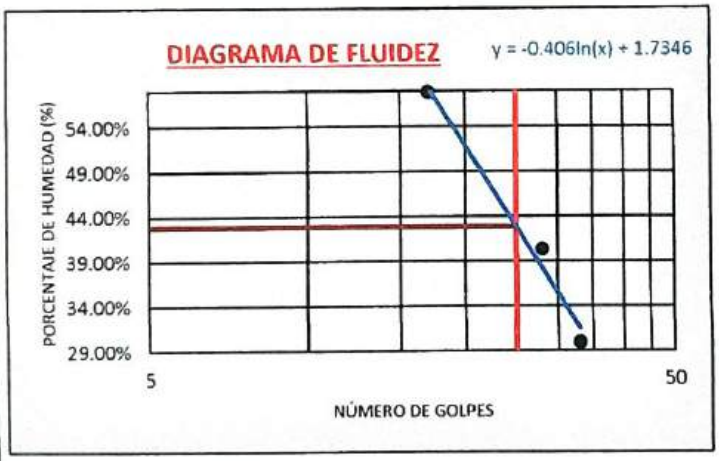
Calicata: C3 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	33	11	18	17	26	25
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	61.33	58.92	58.37	19.80	20.55	32.72
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	55.68	52.21	50.28	19.05	19.75	29.2
3	Masa del Agua	g	5.65	6.71	8.09	0.75	0.80	3.52
4	Masa de Tara	g	36.79	35.56	36.31	15.68	15.95	15.78
5	Masa del Suelo Seco	g	18.89	16.65	13.97	3.37	3.80	13.42
6	Contenido de Humedad	%	29.91%	40.30%	57.91%	22.26%	21.05%	26.23%
	Promedio Contenido Humedad	%		42.71%		21.65%		26.23%
	Número de Golpes	N.°	33	28	17			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
17	57.91%
28	40.30%
33	29.91%
25	**42.77%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.77%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	21.65%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	21.12%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	26.23%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.78
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Plástica**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Vict... Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

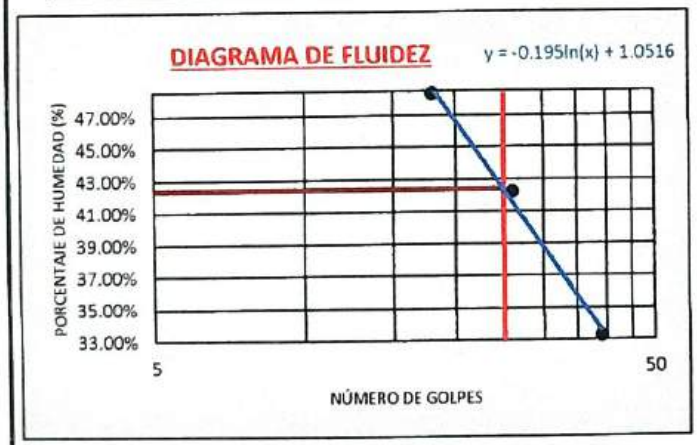
Calicata: C3-Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	24	47	17	1	29	10
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	29.99	30.61	55.91	24.47	24.01	38.02
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	26.52	26.21	49.66	22.68	22.38	32.57
3	Masa del Agua	g	3.47	4.40	6.25	1.79	1.63	5.45
4	Masa de Tara	g	16.09	15.79	36.73	15.89	15.70	15.8
5	Masa del Suelo Seco	g	10.43	10.42	12.93	6.79	6.68	16.77
6	Contenido de Humedad	%	33.27%	42.23%	48.34%	26.36%	24.40%	32.50%
	Promedio Contenido Humedad	%	41.28%			25.38%		32.50%
	Número de Golpes	N.°	39	26	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	48.34%
26	42.23%
39	33.27%
25	**42.39%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.39%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	25.38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	17.01%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	32.50%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.58
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Suave**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

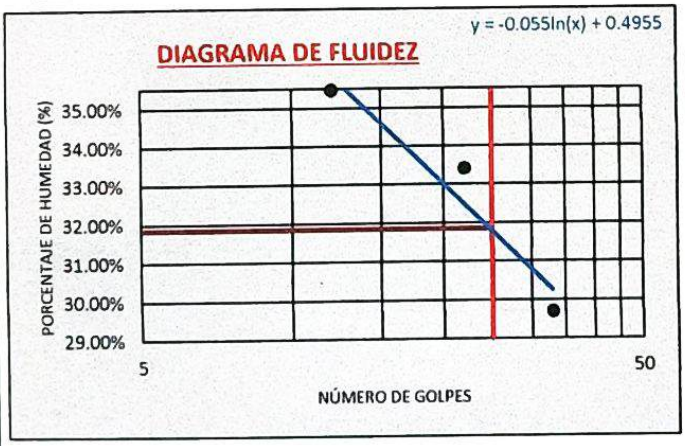
Calicata: C3-Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	3	14	8	54	17	5
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	34.97	33.22	35.48	24.32	23.64	39.94
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	30.56	28.95	30.32	23.18	22.21	35.53
3	Masa del Agua	g	4.41	4.27	5.16	1.14	1.43	4.41
4	Masa de Tara	g	15.71	16.17	15.77	15.77	15.70	15.66
5	Masa del Suelo Seco	g	14.85	12.78	14.55	7.41	6.51	19.87
6	Contenido de Humedad	%	29.70%	33.41%	35.46%	15.38%	21.97%	22.19%
	Promedio Contenido Humedad	%	32.86%			18.68%		22.19%
	Número de Golpes	N.°	33	22	12			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
12	35.46%
22	33.41%
33	29.70%
25	**31.85%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	31.85%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	18.68%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	13.17%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	22.19%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.73
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Suave**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

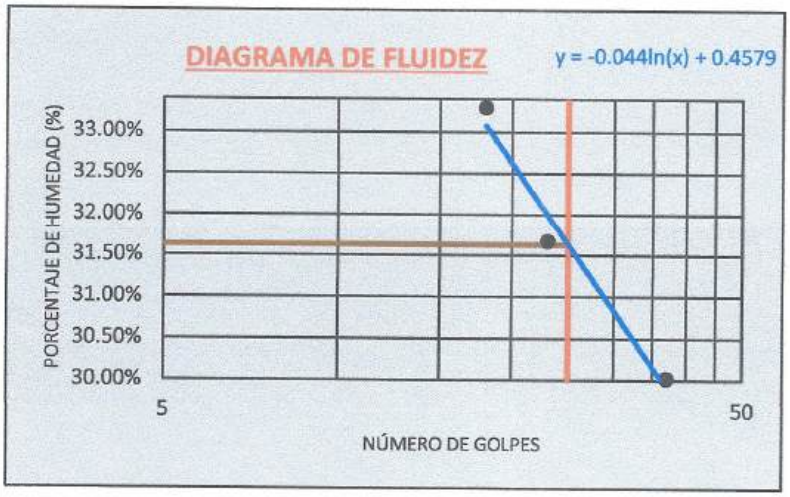
Calicata: C3-Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: **CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	59	24	57	10	5	4
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	27.12	27.73	28.69	24.10	23.66	43.76
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	24.55	24.94	25.44	22.58	21.88	33.24
3	Masa del Agua	g	2.57	2.79	3.25	1.52	1.78	10.52
4	Masa de Tara	g	15.99	16.13	15.68	15.86	15.68	15.82
5	Masa del Suelo Seco	g	8.56	8.81	9.76	6.72	6.20	17.42
6	Contenido de Humedad	%	30.02%	31.67%	33.30%	22.62%	28.71%	60.39%
	Promedio Contenido Humedad	%	31.66%			25.66%		60.39%
	Número de Golpes	N.°	37	23	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	33.30%
23	31.67%
37	30.02%
25	**31.63%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	31.63%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	25.66%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	5.96%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	60.39%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-4.82
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo M. Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 01 **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

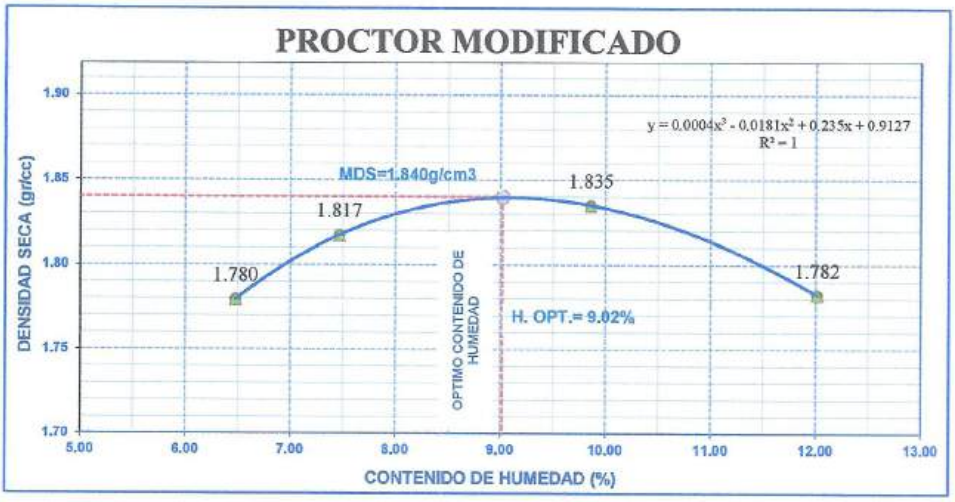
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10390	10510	10640	10600
Peso del Suelo Humedo (grs)	3910	4030	4160	4120
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.895	1.953	2.016	1.997
Densidad Seca (grs/cm3)	1.780	1.817	1.835	1.782

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	20	22	5	21
Peso del Tara (grs)	36.49	36.38	36.29	36.77
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	209.42	217.31	180.05	215.24
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	198.90	204.74	167.15	196.10
Peso del Agua (grs)	10.52	12.57	12.90	19.14
Peso del Material Seco (grs)	162.4	168.4	130.9	159.3
Contenido de Humedad (grs)	6.48	7.47	9.86	12.01
% Promedio	8.95			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.840
Humedad Optima (%)	9.020



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.020 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.840 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 01 — **MUESTRA:** C1-8%

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

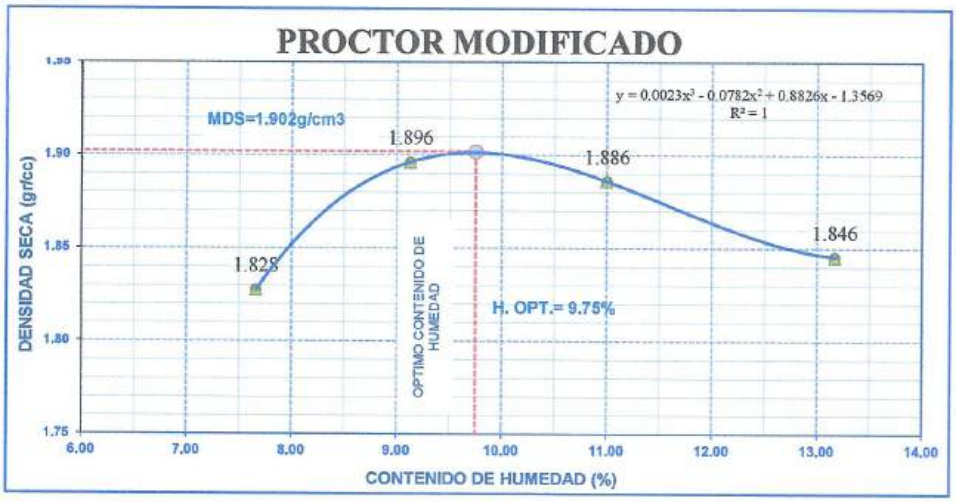
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10540	10750	10800	10790
Peso del Suelo Humedo (grs)	4060	4270	4320	4310
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.968	2.069	2.093	2.089
Densidad Seca (grs/cm3)	1.828	1.896	1.886	1.846

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	22	15	20	21
Peso del Tara (grs)	36.40	35.60	36.48	36.77
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	177.78	182.07	194.23	175.30
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.72	169.82	178.60	159.18
Peso del Agua (grs)	10.06	12.25	15.63	16.12
Peso del Material Seco (grs)	131.3	134.2	142.1	122.4
Contenido de Humedad (grs)	7.66	9.13	11.00	13.17
% Promedio	10.24			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.902
Humedad Optima (%)	9.750



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.750 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.902 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE PRODUCCIÓN DE LABORATORIO
Tec. Lab. Alfredo Ventura Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C1-14%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

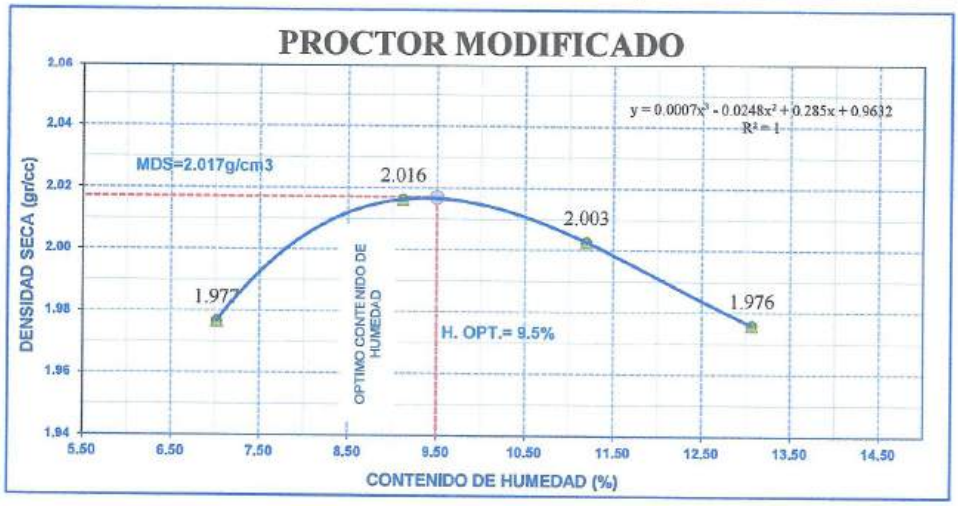
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10845	11020	11075	11090
Peso del Suelo Humedo (grs)	4365	4540	4595	4610
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.115	2.200	2.227	2.234
Densidad Seca (grs/cm3)	1.977	2.016	2.003	1.976

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	5	18	13	3
Peso del Tara (grs)	36.31	36.32	35.68	36.42
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	196.47	189.16	174.66	190.82
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	185.97	176.39	160.67	172.98
Peso del Agua (grs)	10.50	12.77	13.99	17.84
Peso del Material Seco (grs)	149.7	140.1	125.0	136.6
Contenido de Humedad (grs)	7.02	9.12	11.19	13.06
% Promedio	10.10			

Densidad Máxima (grs/cm3)	2.017
Humedad Optima (%)	9.500



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.500 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	2.017 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA CAPICH
Tec. Lab. Hirdo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C1-22%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

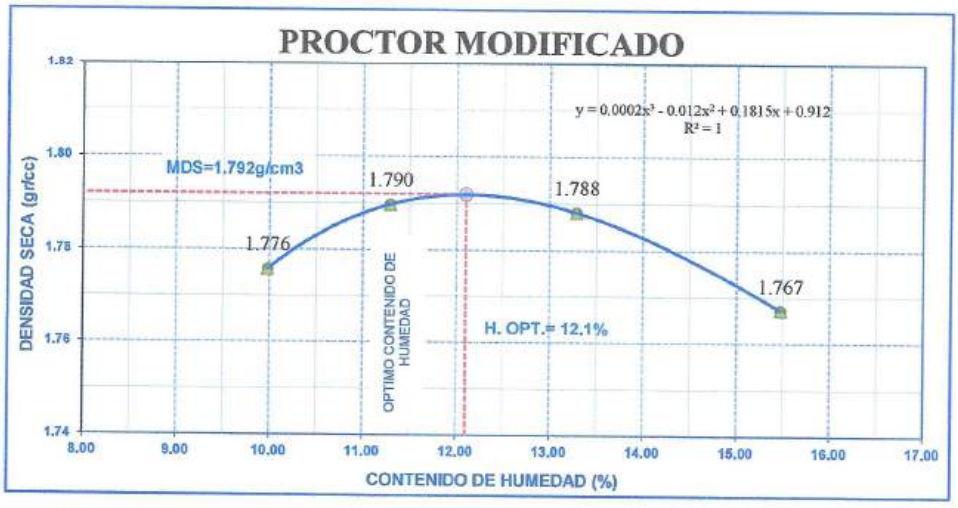
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10510	10590	10660	10691
Peso del Suelo Humedo (grs)	4030	4110	4180	4211
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.953	1.992	2.026	2.041
Densidad Seca (grs/cm3)	1.776	1.790	1.788	1.767

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	15	21	18
Peso del Tara (grs)	36.21	35.61	36.77	36.78
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	186.67	224.70	196.76	231.17
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	173.02	205.52	178.00	205.12
Peso del Agua (grs)	13.65	19.18	18.76	26.05
Peso del Material Seco (grs)	136.8	169.9	141.2	168.3
Contenido de Humedad (grs)	9.98	11.29	13.28	15.47
% Promedio	12.51			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.792
Humedad Optima (%)	12.100



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	12.100 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.792 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

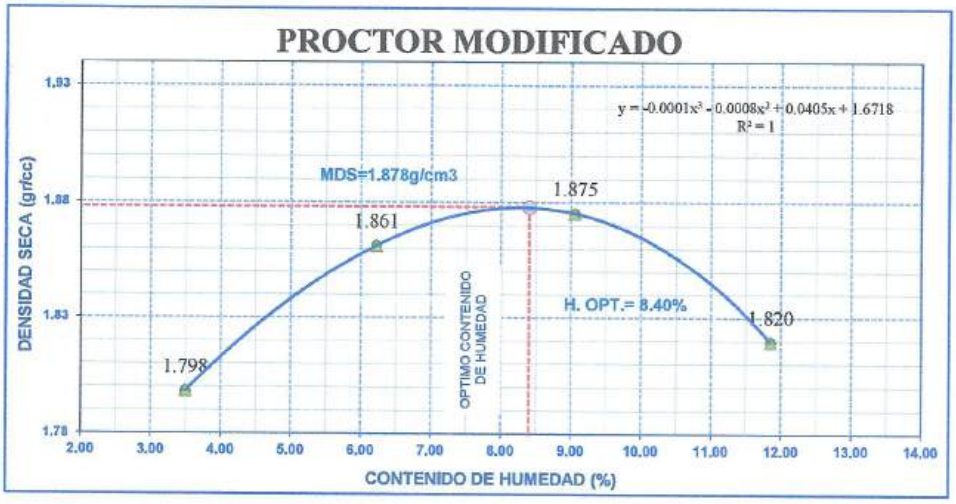
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10320	10560	10700	10680
Peso del Suelo Humedo (grs)	3840	4080	4220	4200
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.861	1.977	2.045	2.035
Densidad Seca (grs/cm3)	1.798	1.861	1.875	1.820

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	15	13	20
Peso del Tara (grs)	36.77	35.60	35.66	36.49
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	218.68	204.96	200.97	201.57
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	212.54	195.04	187.25	184.08
Peso del Agua (grs)	6.14	9.92	13.72	17.49
Peso del Material Seco (grs)	175.8	159.4	151.6	147.6
Contenido de Humedad (grs)	3.49	6.22	9.05	11.85
% Promedio	7.65			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.400



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.400 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.878 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO - EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C2-8%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

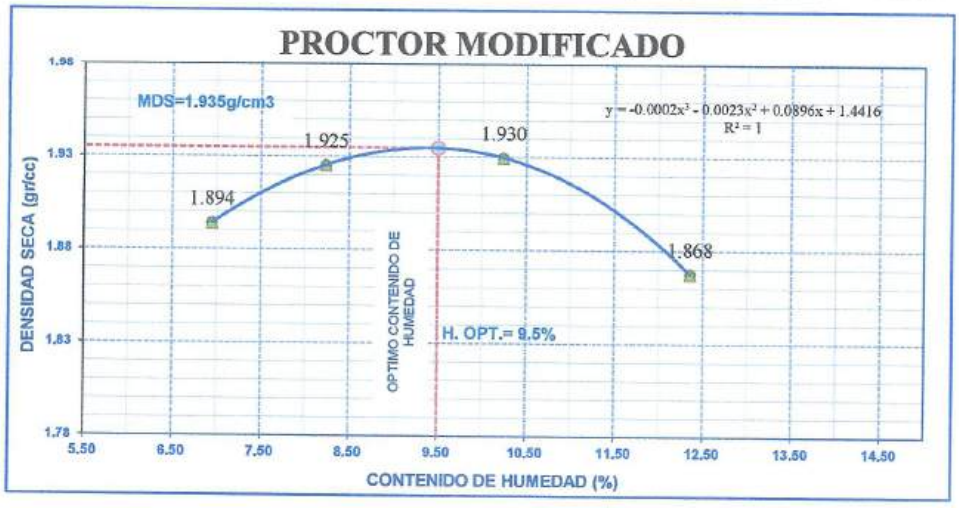
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10660	10780	10870	10810
Peso del Suelo Humedo (grs)	4180	4300	4390	4330
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.026	2.084	2.127	2.098
Densidad Seca (grs/cm3)	1.894	1.925	1.930	1.868

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	22	20	15
Peso del Tara (grs)	36.77	36.39	36.48	36.42
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	176.39	197.74	196.03	191.83
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.32	185.47	181.21	174.74
Peso del Agua (grs)	9.07	12.27	14.82	17.09
Peso del Material Seco (grs)	130.6	149.1	144.7	138.3
Contenido de Humedad (grs)	6.95	8.23	10.24	12.36
% Promedio	9.44			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.935
Humedad Optima (%)	9.500



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.500 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.935 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROFESIONALIZACIÓN Y TESIS

Tec. Lab. Alberto Mendez Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** C2-14%
FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

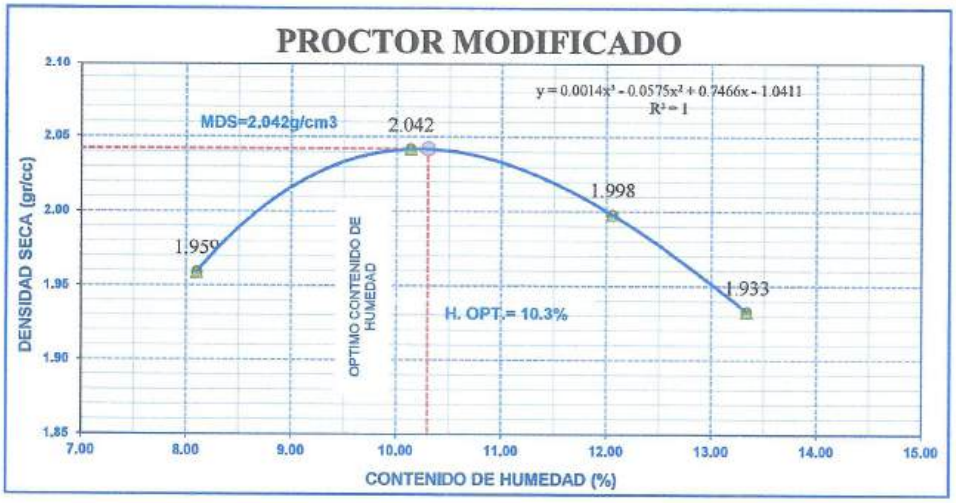
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10850	11120	11100	11000
Peso del Suelo Humedo (grs)	4370	4640	4620	4520
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.118	2.249	2.239	2.190
Densidad Seca (grs/cm3)	1.959	2.042	1.998	1.933

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	15	5	18	13
Peso del Tara (grs)	35.61	36.29	36.31	35.70
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	200.83	200.06	203.43	204.55
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.45	184.99	185.45	184.68
Peso del Agua (grs)	12.38	15.07	17.98	19.87
Peso del Material Seco (grs)	152.8	148.7	149.1	149.0
Contenido de Humedad (grs)	8.10	10.13	12.06	13.34
% Promedio	10.91			

Densidad Máxima (grs/cm3)	2.042
Humedad Optima (%)	10.300



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	10.300 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	2.042 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Ing. Luis Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** C2-22%

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

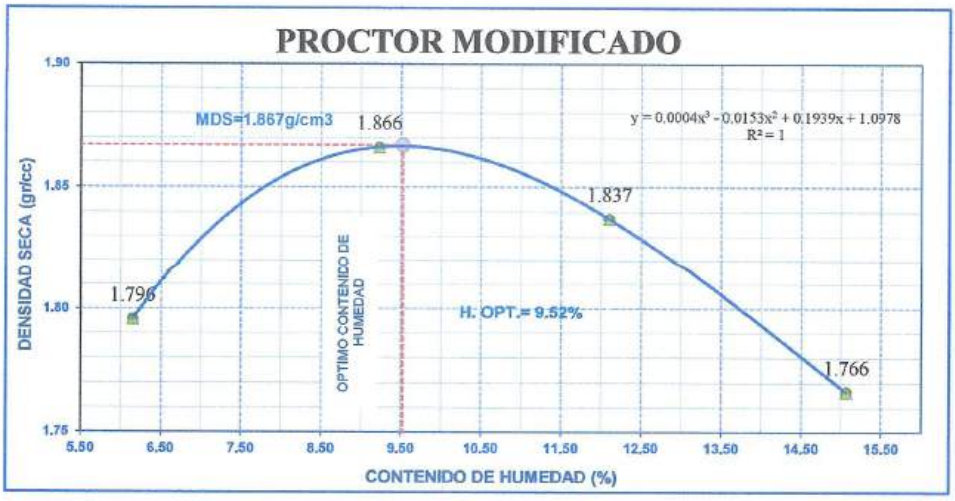
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10413	10686	10730	10674
Peso del Suelo Humedo (grs)	3933	4206	4250	4194
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.906	2.038	2.060	2.032
Densidad Seca (grs/cm3)	1.796	1.866	1.837	1.766

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	5	3	4
Peso del Tara (grs)	36.80	36.32	36.40	36.67
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	187.87	192.72	194.89	241.84
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	179.12	179.51	177.78	214.98
Peso del Agua (grs)	8.75	13.21	17.11	26.86
Peso del Material Seco (grs)	142.3	143.2	141.4	178.3
Contenido de Humedad (grs)	6.15	9.23	12.10	15.06
% Promedio	10.63			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.867
Humedad Optima (%)	9.520



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.520 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.867 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 03
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: NATURAL
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

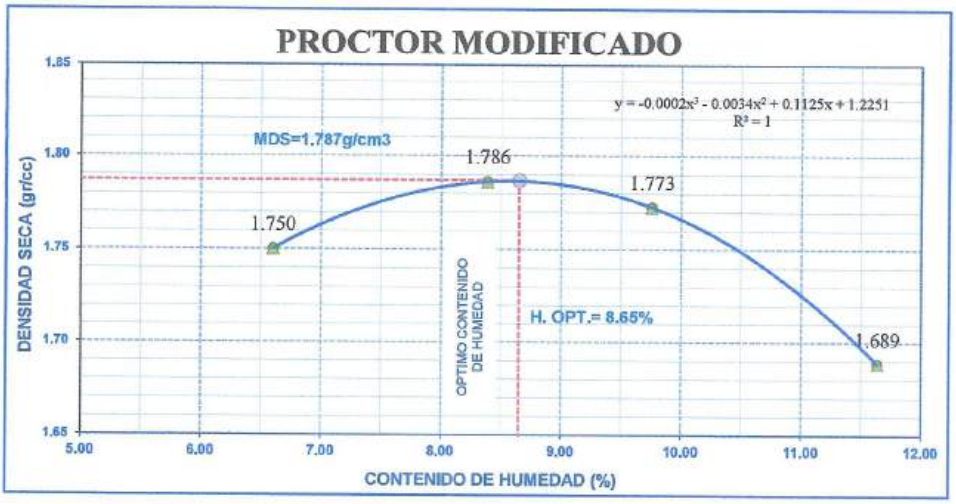
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10330	10475	10495	10370
Peso del Suelo Humedo (grs)	3850	3995	4015	3890
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.866	1.936	1.946	1.885
Densidad Seca (grs/cm3)	1.750	1.786	1.773	1.689

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	2	4	5
Peso del Tara (grs)	36.22	35.65	36.64	36.30
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	198.83	197.19	177.49	197.11
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.76	184.69	164.97	180.35
Peso del Agua (grs)	10.07	12.50	12.52	16.76
Peso del Material Seco (grs)	152.5	149.0	128.3	144.1
Contenido de Humedad (grs)	6.60	8.39	9.76	11.63
% Promedio	9.09			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.787
Humedad Optima (%)	8.650



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.650 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.787 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo [illegible] Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 03
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C3-8%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

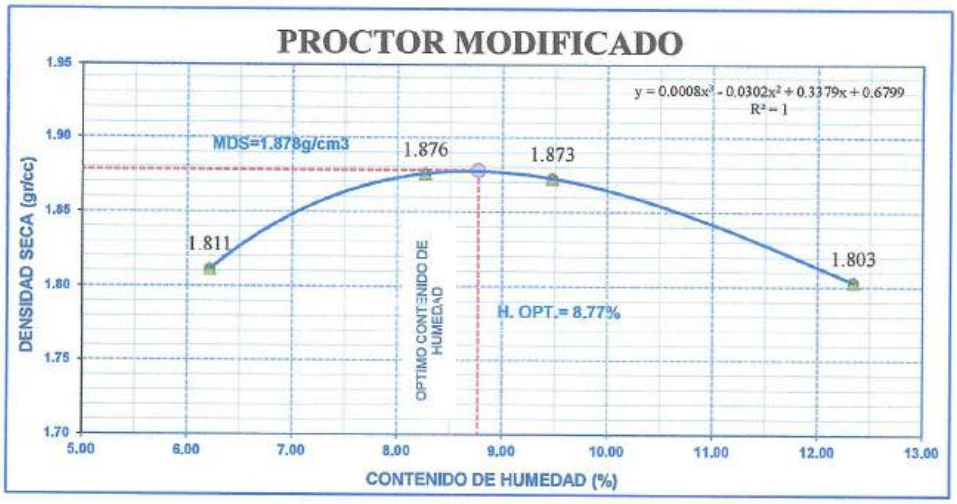
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10450	10670	10710	10660
Peso del Suelo Humedo (grs)	3970	4190	4230	4180
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.924	2.031	2.050	2.026
Densidad Seca (grs/cm3)	1.811	1.876	1.873	1.803

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	13	18	5	22
Peso del Tara (grs)	35.64	36.31	36.01	36.39
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	205.50	196.81	200.95	221.30
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	195.56	184.56	186.68	200.99
Peso del Agua (grs)	9.94	12.25	14.27	20.31
Peso del Material Seco (grs)	159.9	148.3	150.7	164.6
Contenido de Humedad (grs)	6.22	8.26	9.47	12.34
% Promedio	9.07			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.770



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.770 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.878 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION SOCIAL EAPICH
Tec. Lab. Alfredo Marquina Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-14%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

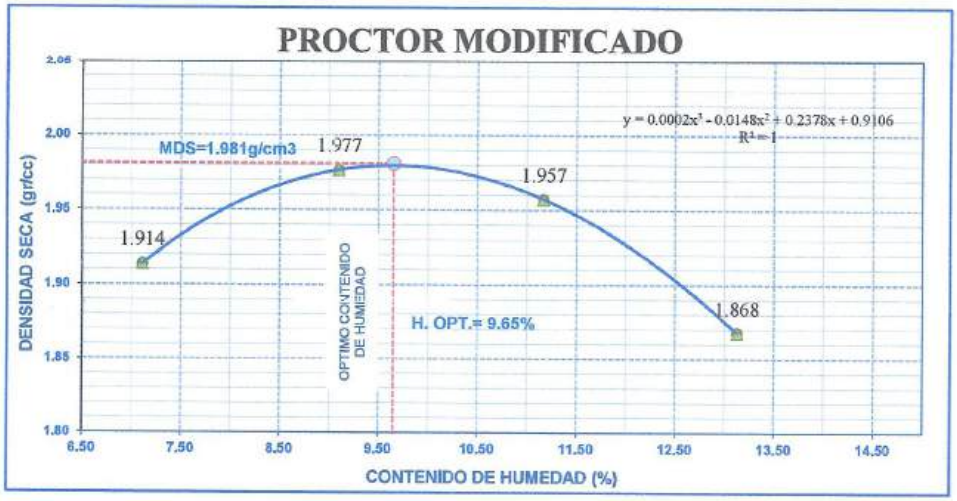
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10710	10930	10970	10840
Peso del Suelo Humedo (grs)	4230	4450	4490	4360
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.050	2.156	2.176	2.113
Densidad Seca (grs/cm3)	1.914	1.977	1.957	1.868

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	2	1	3	4
Peso del Tara (grs)	35.64	36.22	36.36	35.70
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	195.15	212.48	179.77	203.10
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	184.56	197.78	165.36	183.68
Peso del Agua (grs)	10.59	14.70	14.41	19.42
Peso del Material Seco (grs)	148.9	161.6	129.0	148.0
Contenido de Humedad (grs)	7.11	9.10	11.17	13.12
% Promedio	10.13			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.981
Humedad Optima (%)	9.650



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.650 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.981 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
Tec. Lic. Alfredo Mendoza

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-22%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

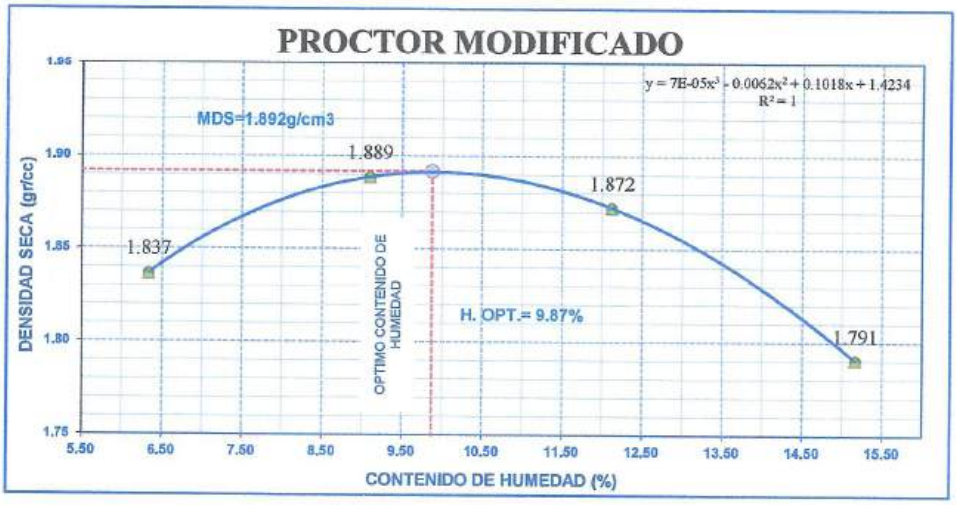
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10510	10732	10812	10735
Peso del Suelo Humedo (grs)	4030	4252	4332	4255
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.953	2.061	2.099	2.062
Densidad Seca (grs/cm3)	1.837	1.889	1.872	1.791

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	20	15	2
Peso del Tara (grs)	36.80	36.32	36.40	36.67
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	187.87	192.72	194.89	241.84
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	178.87	179.68	177.76	214.83
Peso del Agua (grs)	9.00	13.04	17.13	27.01
Peso del Material Seco (grs)	142.1	143.4	141.4	178.2
Contenido de Humedad (grs)	6.33	9.10	12.12	15.16
% Promedio	10.68			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.892
Humedad Optima (%)	9.870



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.870 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.892 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 22/03/2024
MUESTRA: NATURAL
PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.84
Humedad Optima (%)	:	9.02

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11265	11475	11390	11575	11595	11680
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4105	4315	4250	4435	4435	4520
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.958	2.058	2.028	2.116	2.114	2.154
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.73**	**1.74**	**1.77**	**1.78**	**1.84**	**1.84**
Tara N°	22		21		3	
Peso del Tara (grs)	36.41		36.78		36.42	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	212.53		216.92		219.61	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	191.67		193.75		195.52	
Peso del Agua (grs)	20.86		23.17		24.09	
Peso del Material Seco (grs)	155.3		157.0		159.1	
Humeda (%)	13.44		14.76		15.14	
(%) Humedad	**13.44**	**18.55**	**14.76**	**19.11**	**15.14**	**17.06**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.73**	**1.74**	**1.77**	**1.78**	**1.84**	**1.84**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	180	1.8	1.56	240	2.4	2.09	110	1.1	0.96
19/03/2024	15:00	24	184	1.84	1.60	248	2.48	2.16	111	1.11	0.96
20/03/2024	15:00	48	192	1.92	1.67	264	2.64	2.29	158	1.58	1.37
21/03/2024	15:00	72	196	1.96	1.70	280	2.8	2.43	171	1.71	1.49
22/03/2024	15:00	96	201	2.01	1.75	292	2.92	2.54	178	1.78	1.55

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		3.76	0.09		0.63	0.01	
0.64	0.030		31.97	0.75		10.03	0.24		36.35	0.85	
1.28	0.050		83.99	1.97		28.83	0.68		96.52	2.27	
1.92	0.080		134.76	3.17		65.81	1.55		159.20	3.74	
2.56	0.100	70.5	188.66	4.43	6.29	100.91	2.37	3.36	220.00	5.17	7.33
3.20	0.130		221.88	5.21		143.53	3.37		272.65	6.40	
3.84	0.150		267.00	6.27		175.50	4.12		312.13	7.33	
4.48	0.180		298.34	7.01		211.85	4.98		345.35	8.11	
5.12	0.200	105.7	320.28	7.52	7.12	236.92	5.57	5.27	379.82	8.92	8.44
7.66	0.300		396.75	9.32		312.76	7.35		498.28	11.71	
10.19	0.400		464.44	10.91		374.81	8.80		608.59	14.30	
12.72	0.500		525.86	12.35		448.14	10.53		719.53	16.90	

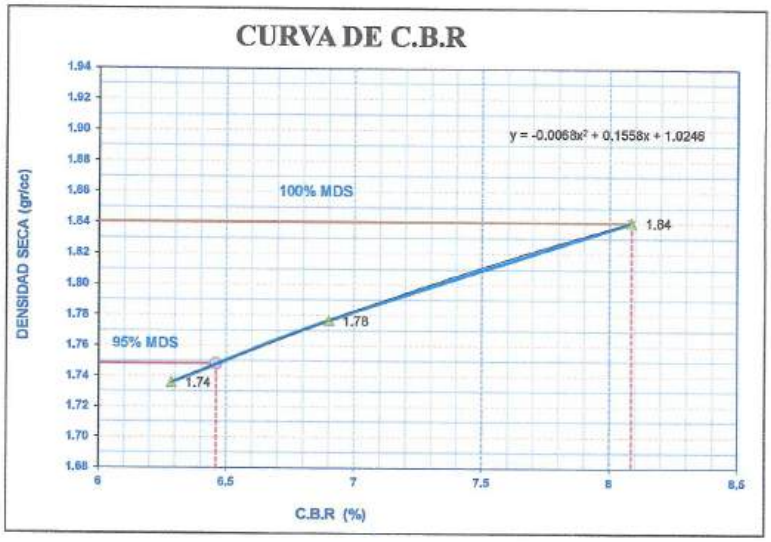
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y SERVICIOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.84
Humedad Optima (%)	9.02

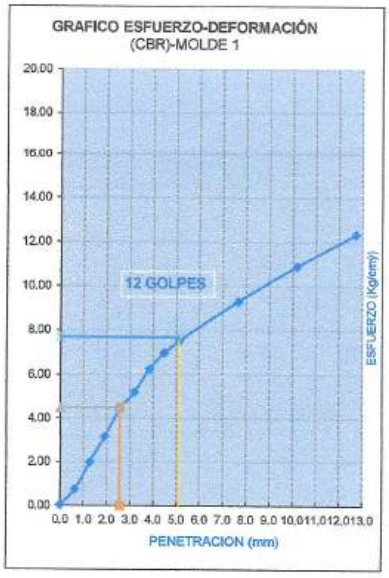
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	8.09	1.84	1.55	0.1	1.84	8.09
2	25	6.90	1.78	2.54	0.1	1.75	6.46
1	12	6.29	1.74	1.75			

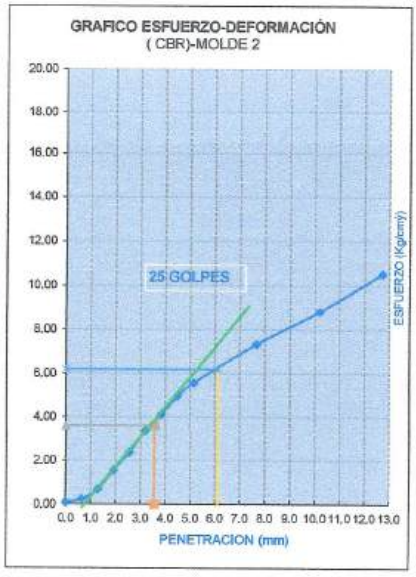


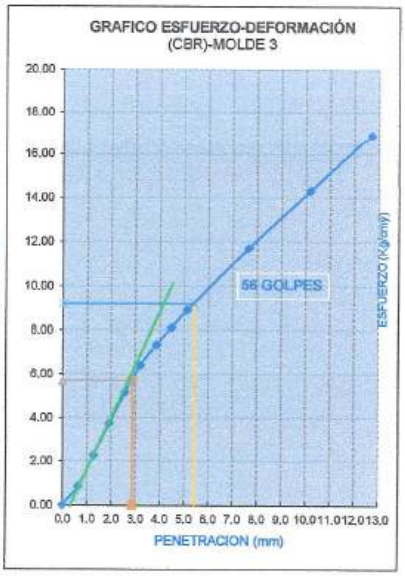
N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.74	6.29	7.12
25	1.78	6.90	5.87
56	1.84	8.09	8.70

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	8.09
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	6.46

6.38







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.74 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.74 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	18.37 %	**Average after soak**	18.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4670.00 g
Soaking Travel	2.010 mm
Swell	1.75 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL-HVCA.
AREA DE INVESTIGACION

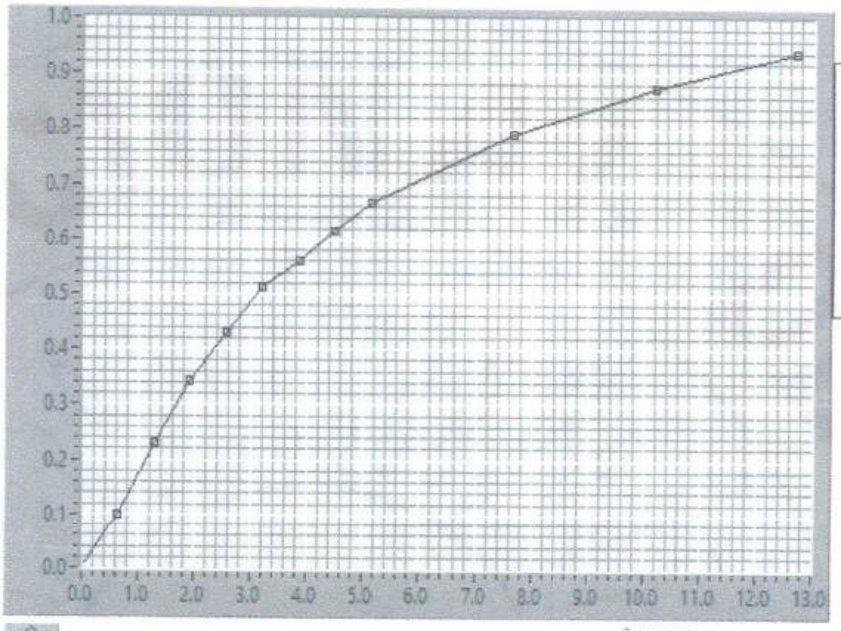
Tec. Lab. Alfredo [illegible] Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	6.2	%	6.4	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alvaro Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.78 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.78 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	18.97 %	**Average after soak**	18.97 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4585.00 g
Soaking Travel	2.920 mm
Swell	2.54 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN - LABORATORIO EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

P

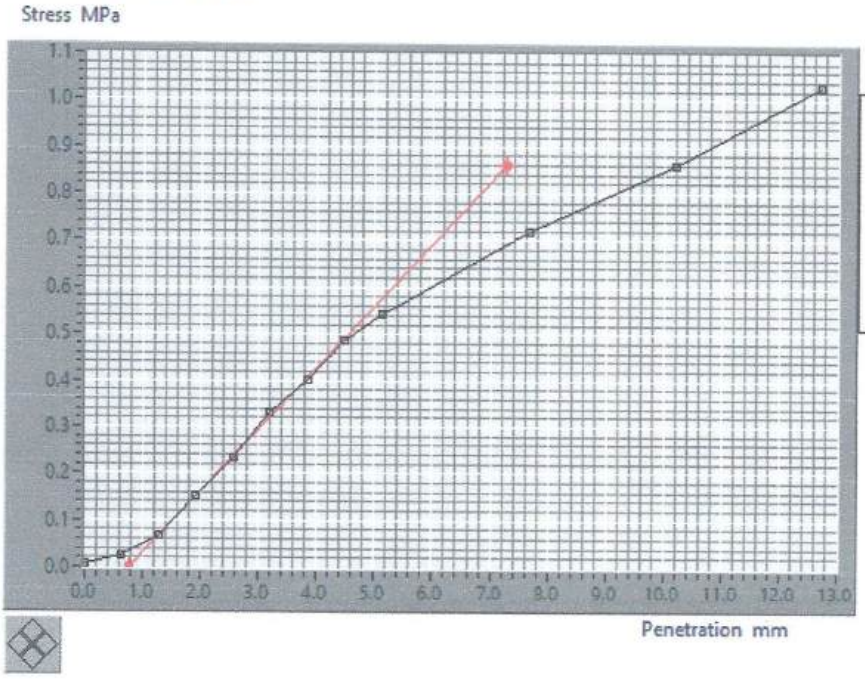
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.0	%	5.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 Ggolpes
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	1.84 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.84 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	16.76 %	**Average after soak**	16.76 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4670.00 g
Soaking Travel	1.780 mm
Swell	1.55 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

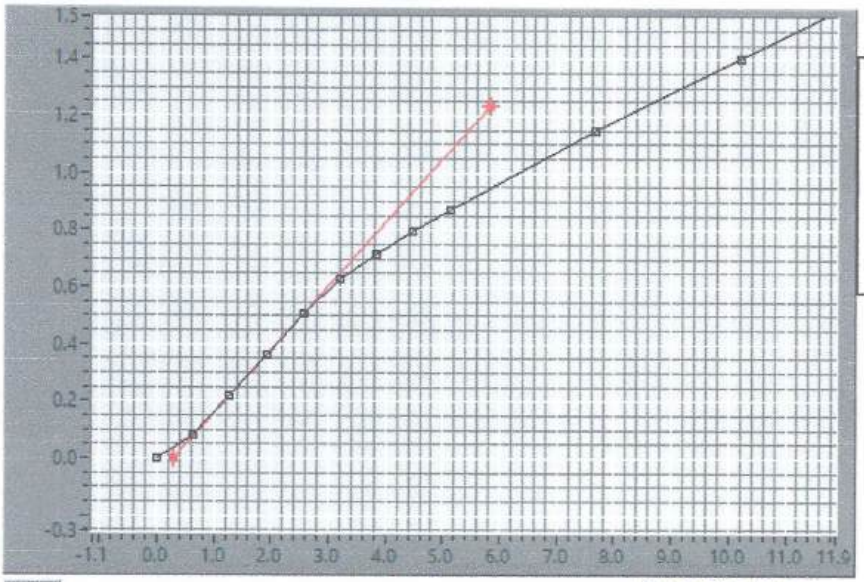
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	0.9	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	8.1	%	8.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01 **MUESTRA:** C1-8%
FECHA: 22/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.902
Humedad Optima (%)	:	9.75

DATOS DE CBR

Molde N°	X		XI		XII	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	12380	12675	12695	12930	11130	11240
Peso del Molde (grs)	8385	8385	8555	8555	6680	6680
Peso del Suelo Humedo (grs)	3995	4290	4140	4375	4450	4560
Volumen del Molde (cm3)	2095	2095	2101	2101	2099	2099
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.907	2.048	1.970	2.082	2.120	2.172
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.70**	**1.71**	**1.76**	**1.77**	**1.90**	**1.90**
Tara N°	4		5		2	
Peso del Tara (grs)	36.66		36.32		35.67	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	218.85		224.01		231.62	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	198.86		203.70		210.99	
Peso del Agua (grs)	19.99		20.31		20.63	
Peso del Material Seco (grs)	162.2		167.4		175.3	
Humeda (%)	12.32		12.13		11.77	
(%) Humedad	**12.32**	**19.71**	**12.13**	**17.81**	**11.77**	**14.24**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.70**	**1.71**	**1.76**	**1.77**	**1.90**	**1.90**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%
18/03/2024	15:00	0	145	1.45	1.26	118	1.18	1.03	50	0.5	0.43
19/03/2024	15:00	24	148	1.48	1.29	122	1.22	1.06	50	0.5	0.43
20/03/2024	15:00	48	150	1.5	1.30	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48
21/03/2024	15:00	72	153	1.53	1.33	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48
22/03/2024	15:00	96	154	1.54	1.34	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII			MOLDE N° VIII			MOLDE N° IX		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		0.627	0.01		0.63	0.01	
0.64	0.030		127.86	3.00		169.228	3.98		212.48	4.99	
1.28	0.050		281.42	6.61		415.549	9.76		708.88	16.65	
1.92	0.080		411.16	9.66		629.277	14.78		1121.92	26.35	
2.56	0.100	70.5	503.92	11.84	16.79	783.463	18.40	26.11	1430.92	33.61	47.68
3.20	0.130		557.83	13.10		888.760	20.88		1688.52	39.66	
3.84	0.150		601.07	14.12		976.508	22.94		1905.38	44.76	
4.48	0.180		636.80	14.96		1049.214	24.65		2114.72	49.68	
5.12	0.200	105.7	673.78	15.83	14.97	1105.623	25.97	24.57	2305.89	54.17	51.25
7.66	0.300		789.73	18.55		1250.407	29.37		2948.95	69.27	
10.19	0.400		893.15	20.98		1365.106	32.07		3453.50	81.13	
12.72	0.500		992.18	23.31		1491.087	35.03		3769.40	88.55	

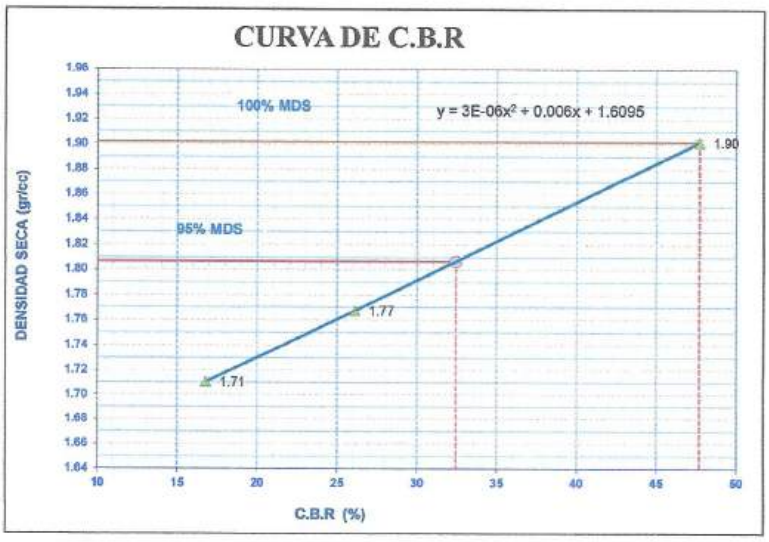
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIONES LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

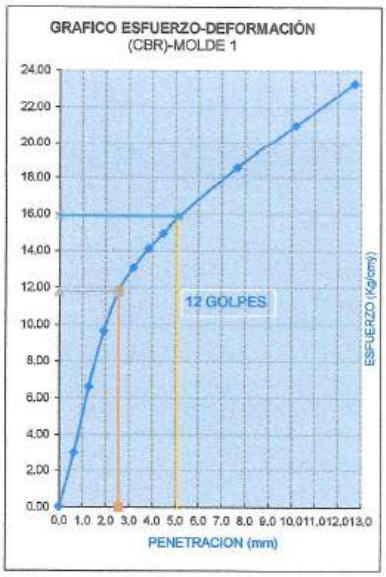
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.902
Humedad Optima (%)	9.75

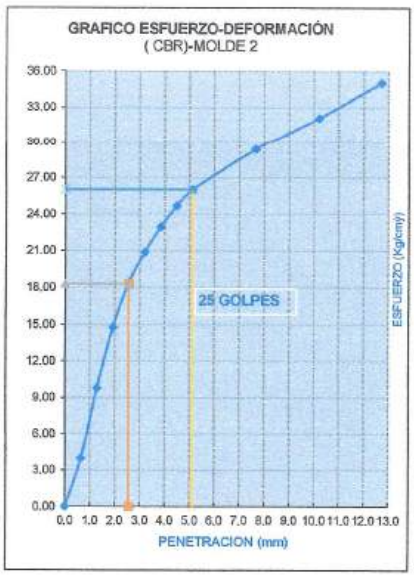
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	47.68	1.90	0.48	0.1	1.90	47.68
2	25	26.11	1.77	1.13	0.1	1.81	32.45
1	12	16.79	1.71	1.34			

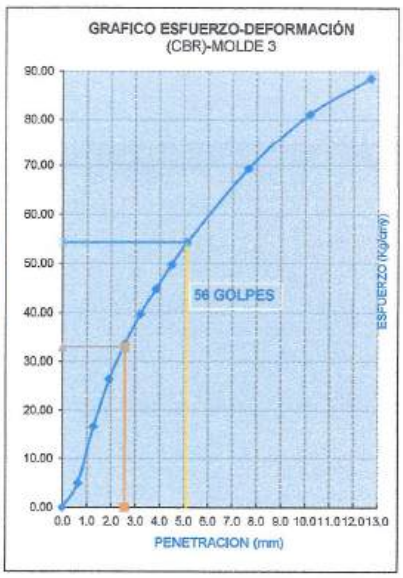


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.71	16.79	14.97
25	1.77	26.11	24.57
56	1.90	47.68	51.25

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	47.68
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	32.45







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.71 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.71 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	19.71 %	**Average after soak**	19.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4290.00 g
Soaking Travel	1.540 mm
Swell	1.34 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DATA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Incenduza Soto

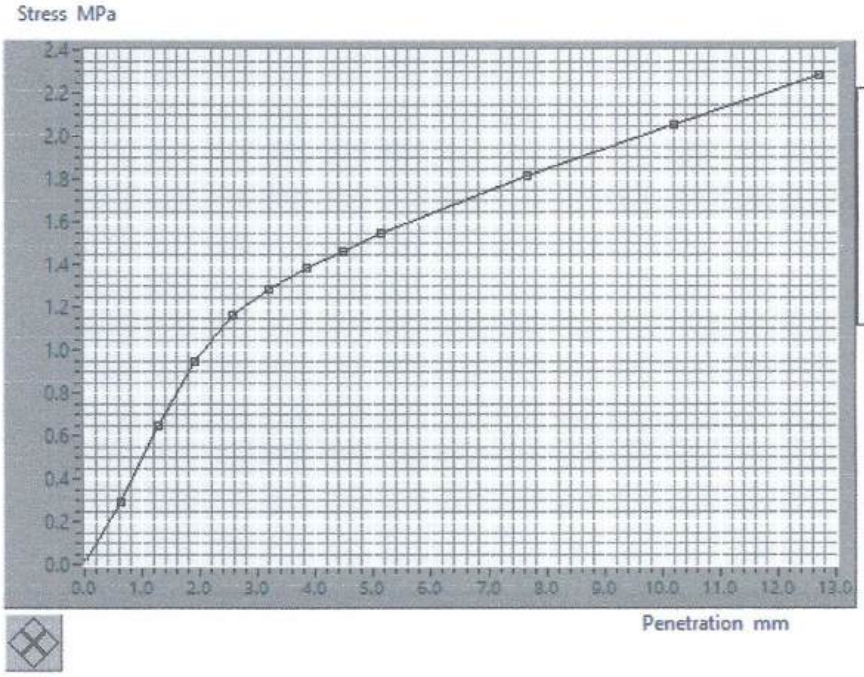
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.2	MPa	1.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	16.7	%	15.0	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE PRODUCCION DE LA EAP-ICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.520 mm		
Height	114.980 mm		
Dry Density before Soak	1.77 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.77 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	17.81 %	**Average after soak**	17.81 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4375.00 g
Soaking Travel	1.300 mm
Swell	1.13 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UNH-EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

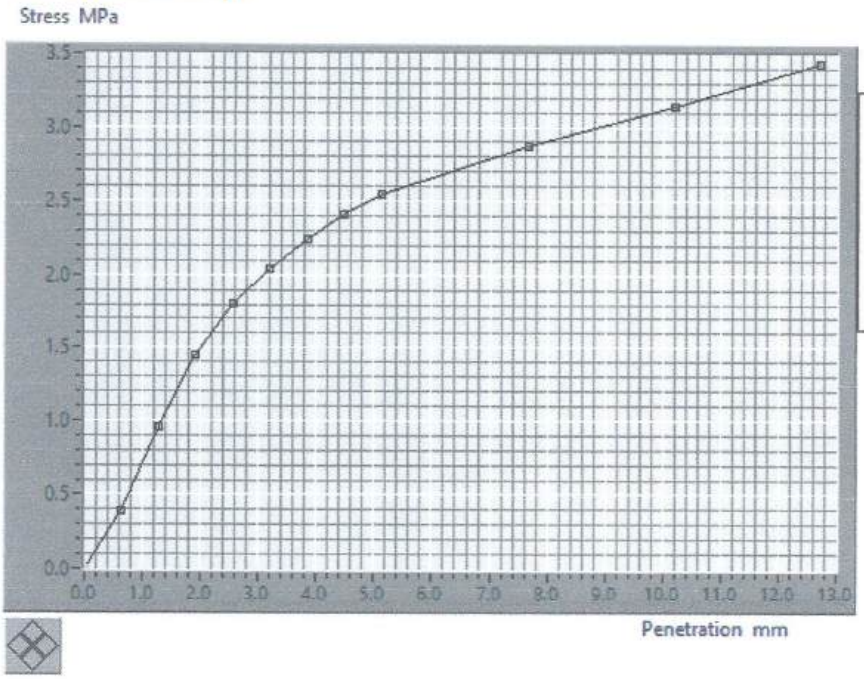
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.8	MPa	2.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	25.9	%	24.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.350 mm		
Height	115.170 mm		
Dry Density before Soak	1.90 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.90 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	14.24 %	**Average after soak**	14.24 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4560.00 g
Soaking Travel	0.550 mm
Swell	0.48 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL - HVCA
AREA DE PRODUCCION Y LABORATORIO - UNH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

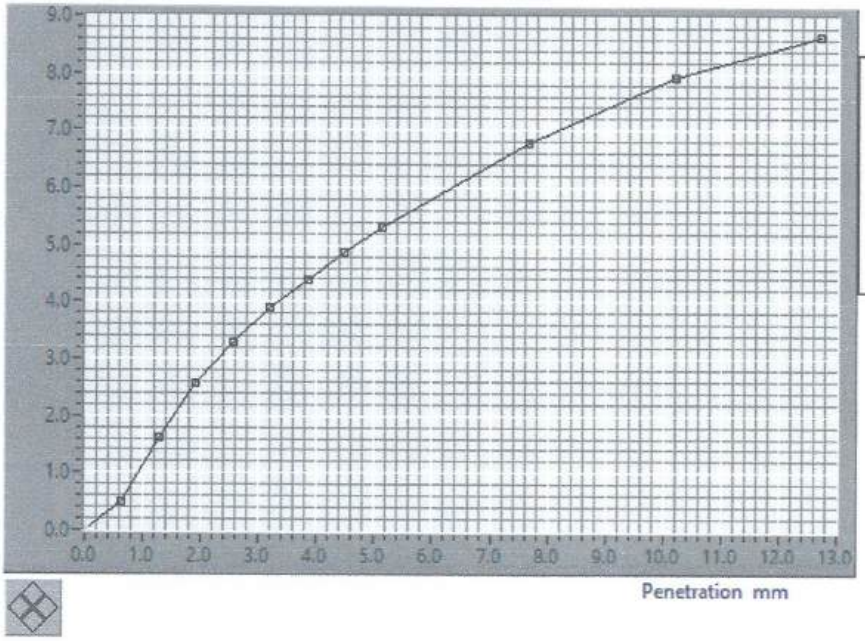
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.3	MPa	5.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	47.3	%	51.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01 — **MUESTRA:** C1-14%
FECHA: 29/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	2.017
Humedad Optima (%)	:	9.5

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	12005	11815	12245	12640	12570	12785
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	4075	3885	4340	4735	4635	4850
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.929	1.839	2.066	2.254	2.209	2.312
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.77**	**1.76**	**1.77**	**1.80**	**2.01**	**2.02**
Tara N°	2		18		22	
Peso del Tara (grs)	35.66		36.48		36.41	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	226.56		177.82		228.96	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	210.56		157.87		211.48	
Peso del Agua (grs)	16.00		19.95		17.48	
Peso del Material Seco (grs)	174.9		121.4		175.1	
Humeda (%)	9.15		16.43		9.98	
(%) Humedad	**9.15**	**4.49**	**16.43**	**25.54**	**9.98**	**14.62**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.77**	**1.76**	**1.77**	**1.80**	**2.01**	**2.02**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	174	1.74	1.51	115	1.15	1.00	45	0.45	0.39
26/03/2024	15:00	24	175	1.75	1.52	116	1.16	1.01	47	0.47	0.41
27/03/2024	15:00	48	180	1.8	1.56	118	1.18	1.03	50	0.5	0.43
28/03/2024	15:00	72	182	1.82	1.58	120	1.2	1.04	52	0.52	0.45
29/03/2024	15:00	96	184	1.84	1.60	123	1.23	1.07	54	0.54	0.47

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		0.63	0.01		0.00	0.00	
0.64	0.030		47.63	1.12		21.94	0.52		594.18	13.96	
1.28	0.050		84.61	1.99		55.16	1.30		1197.76	28.14	
1.92	0.080		117.83	2.77		119.09	2.80		1647.15	38.69	
2.56	0.100	70.5	149.17	3.50	4.97	212.48	4.99	7.08	1955.52	45.94	65.16
3.20	0.130		172.36	4.05		323.41	7.60		2188.06	51.40	
3.84	0.150		191.79	4.51		414.30	9.73		2354.15	55.30	
4.48	0.180		210.59	4.95		471.96	11.09		2497.05	58.66	
5.12	0.200	105.7	228.14	5.36	5.07	513.95	12.07	11.42	2619.27	61.53	58.21
7.66	0.300		291.45	6.85		619.25	14.55		2854.94	67.06	
10.19	0.400		359.14	8.44		725.80	17.05		3074.94	72.23	
12.72	0.500		420.56	9.88		844.89	19.85		3287.41	77.22	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

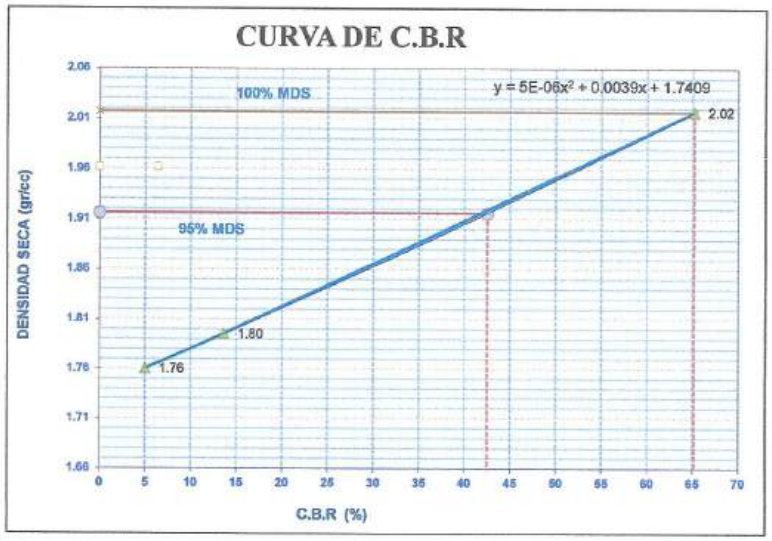
Tec. Lab. Alfredo Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR

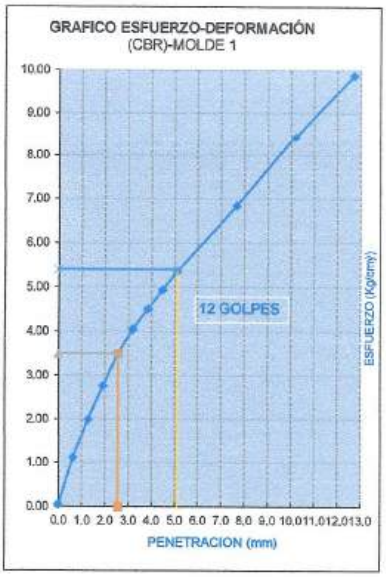
Densidad Máxima (grs/cm3)	2.017
Humedad Optima (%)	9.5

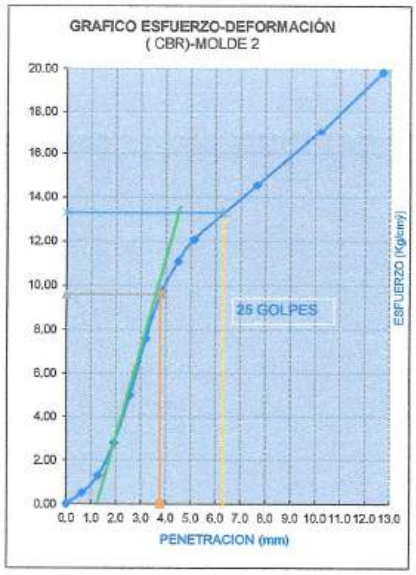
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	65.16	2.02	0.47	0.1	2.02	65.16
2	25	13.62	1.80	1.07	0.1	1.92	42.50
1	12	4.97	1.76	1.60			

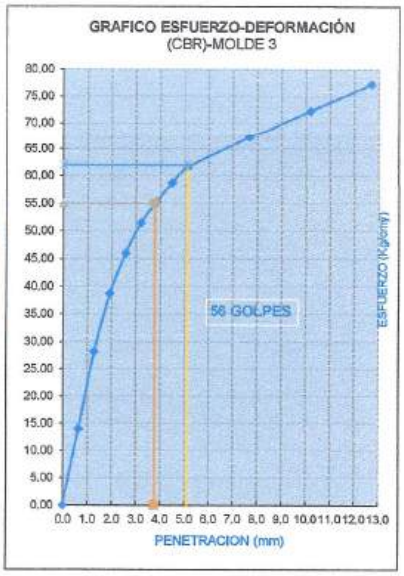


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	4.97	5.07
25	1.80	13.62	12.58
56	2.02	65.16	58.21

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	65.16
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	42.50







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.770 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.76 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.76 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	23.61 %	**Average after soak**	23.61 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4205.00 g
Soaking Travel	1.840 mm
Swell	1.60 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

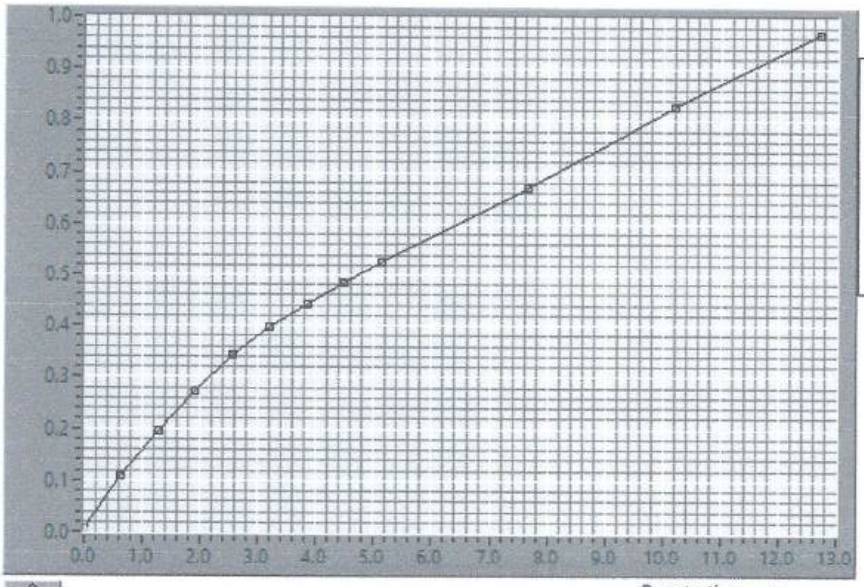
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	4.9	%	5.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - UNH
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.80 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.80 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	20.38 %	**Average after soak**	20.38 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4370.00 g
Soaking Travel	1.230 mm
Swell	1.07 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE MECANICA DE SUELOS DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

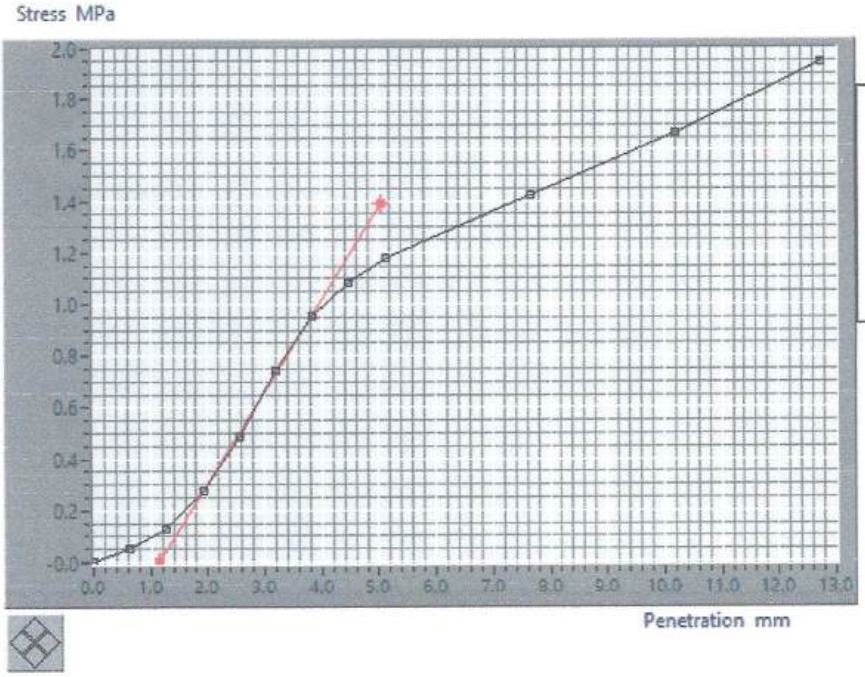
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.9	MPa	1.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	13.1	%	12.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA FAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	2.02 kg/m3	**Dry Density after Soak**	2.02 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	15.03 %	**Average after soak**	15.03 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

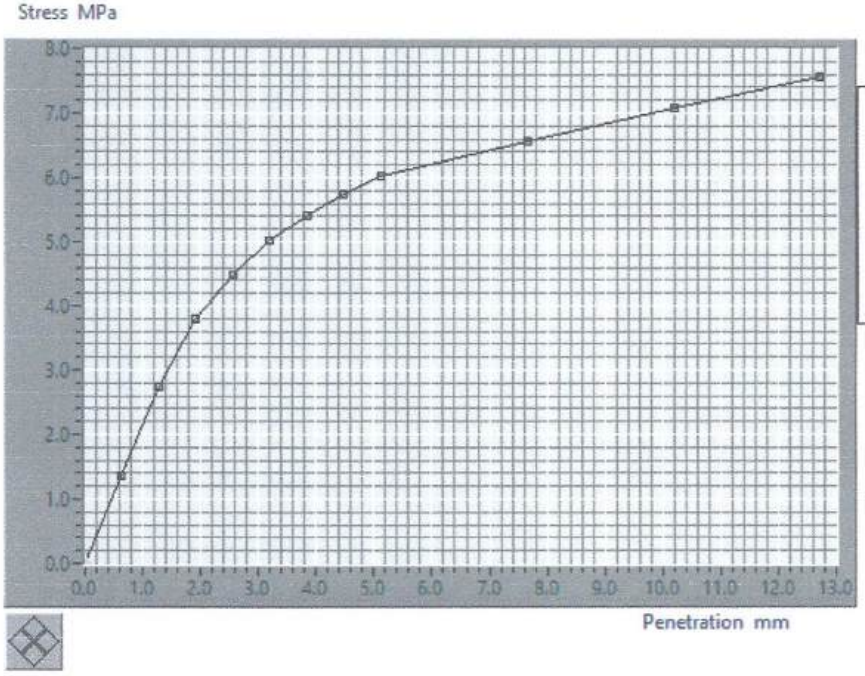
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	4.5	MPa	6.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	64.8	%	58.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - FIVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01 — **MUESTRA:** C1-22%
FECHA: 29/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.792
Humedad Optima (%)	:	12.1

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11735	12060	12020	12200	12190	12310
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	3805	4130	4115	4295	4255	4375
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.802	1.955	1.959	2.044	2.028	2.085
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.58**	**1.59**	**1.70**	**1.71**	**1.79**	**1.79**
Tara N°	4		5		15	
Peso del Tara (grs)	36.65		36.30		35.64	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	186.19		193.56		187.44	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.45		172.95		169.30	
Peso del Agua (grs)	18.74		20.61		18.14	
Peso del Material Seco (grs)	130.8		136.7		133.7	
Humeda (%)	14.33		15.08		13.57	
(%) Humedad	**14.33**	**22.87**	**15.08**	**19.46**	**13.57**	**16.39**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.58**	**1.59**	**1.70**	**1.71**	**1.79**	**1.79**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	85	0.85	0.74	43	0.43	0.37	24	0.24	0.21
26/03/2024	15:00	24	87	0.87	0.76	47	0.47	0.41	26	0.26	0.23
27/03/2024	15:00	48	90	0.9	0.78	52	0.52	0.45	28	0.28	0.24
28/03/2024	15:00	72	93	0.93	0.81	53	0.53	0.46	31	0.31	0.27
29/03/2024	15:00	96	95	0.95	0.83	54	0.54	0.47	35	0.35	0.30

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		1.88	0.04		1.88	0.04	
0.64	0.030		5.64	0.13		362.90	8.52		512.70	12.04	
1.28	0.050		53.28	1.25		715.15	16.80		970.87	22.81	
1.92	0.080		198.06	4.65		955.20	22.44		1331.26	31.27	
2.56	0.100	70.5	329.68	7.74	10.99	1131.32	26.58	37.70	1606.41	37.74	53.53
3.20	0.130		418.68	9.84		1262.94	29.67		1836.44	43.14	
3.84	0.150		482.61	11.34		1353.20	31.79		2030.74	47.70	
4.48	0.180		531.50	12.49		1441.57	33.86		2198.71	51.65	
5.12	0.200	105.7	567.23	13.32	12.61	1518.66	35.67	33.75	2346.00	55.11	52.14
7.66	0.300		680.05	15.97		1726.75	40.56		2747.76	64.55	
10.19	0.400		786.60	18.48		1804.47	42.39		2988.44	70.20	
12.72	0.500		890.01	20.91		1936.09	45.48		3152.03	74.04	

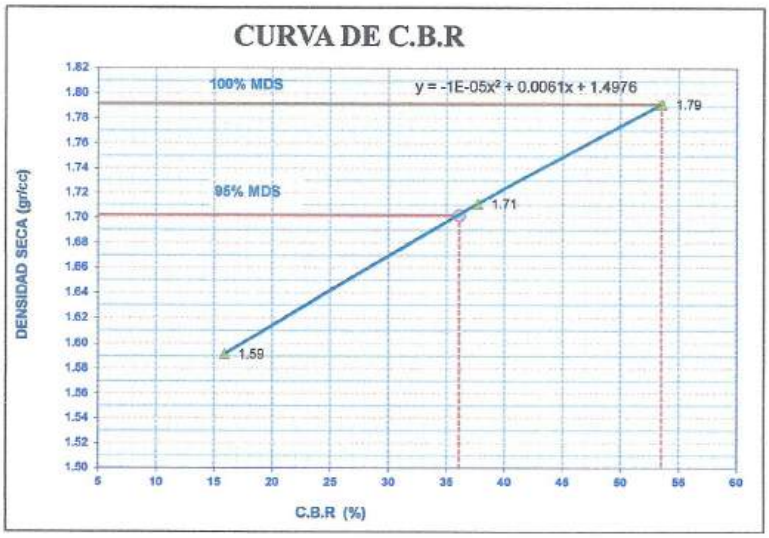
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

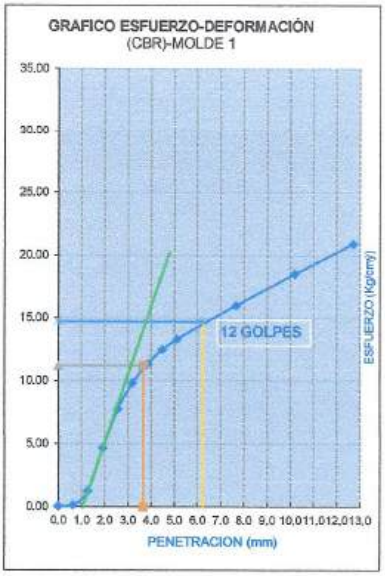
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.792
Humedad Optima (%)	12.1

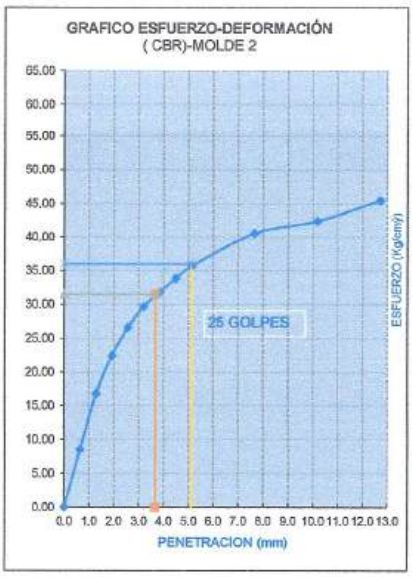
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	53.53	1.79	0.30	0.1	1.79	53.53
2	25	37.70	1.71	0.47	0.1	1.70	36.12
1	12	15.89	1.59	0.83			

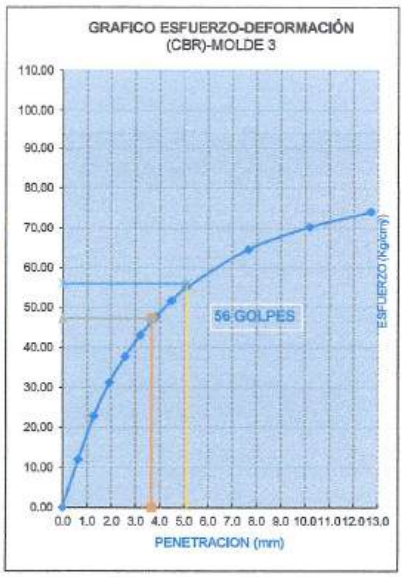


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.59	15.89	13.91
25	1.71	37.70	33.75
56	1.79	53.53	52.14

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	53.53
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	36.12







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCIÓN SOCIAL DE LA EAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.770 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.59 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.59 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	22.87 %	**Average after soak**	22.87 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4130.00 g
Soaking Travel	0.950 mm
Swell	0.82 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

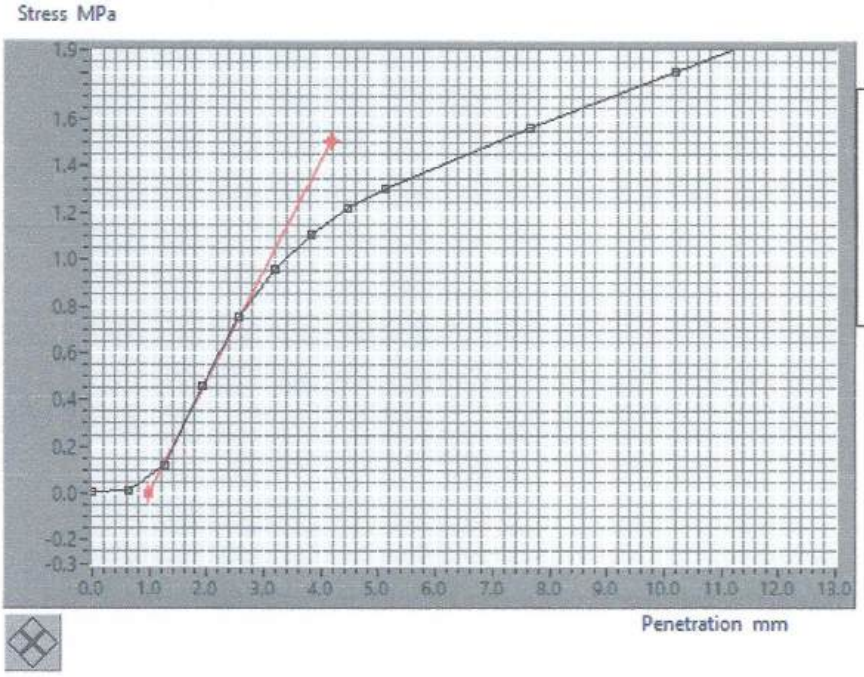
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.0	MPa	1.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	15.0	%	13.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACIÓN Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.71 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.71 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	18.15 %	**Average after soak**	18.15 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4295.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

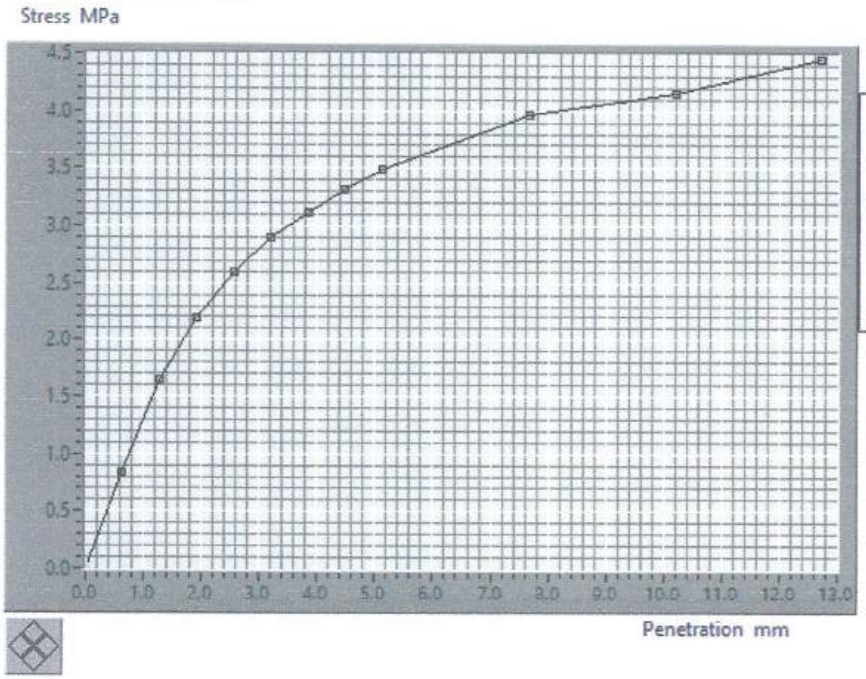
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.6	MPa	3.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	37.5	%	33.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 56 GOLPES
Diameter	152.200 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	16.39 %	**Average after soak**	16.39 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4375.00 g
Soaking Travel	0.350 mm
Swell	0.30 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DEPARTAMENTAL DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

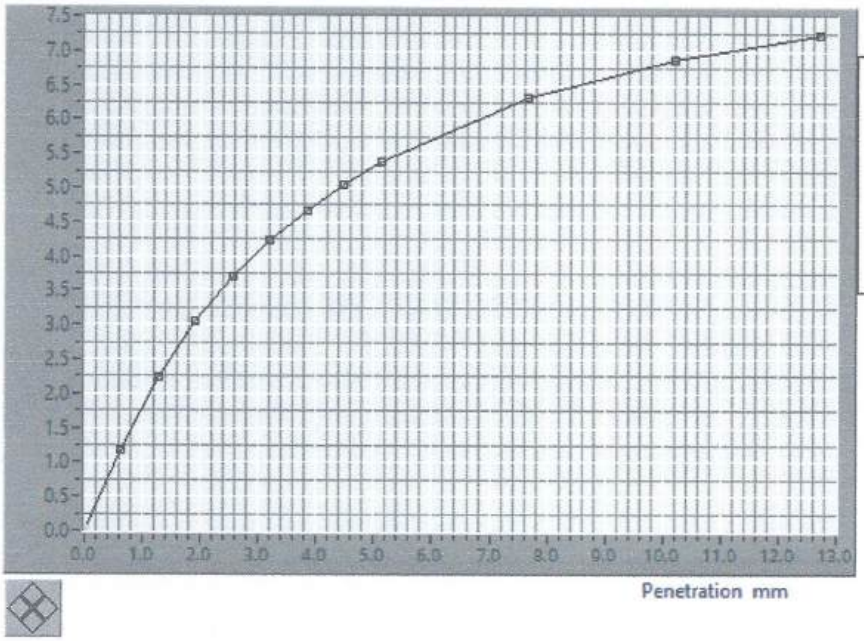
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.7	MPa	5.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	53.2	%	52.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02
FECHA: 22/03/2024
MUESTRA: NATURAL
PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.878
Humedad Optima (%)	:	8.4

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11520	11625	11030	11195	11245	11295
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	4320	4425	4300	4465	4495	4545
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.063	2.113	2.046	2.124	2.145	2.168
Densidad Seca (grs/cm3)	1.77	1.77	1.79	1.79	1.88	1.88
Tara N°	15		13		18	
Peso del Tara (grs)	35.62		35.67		36.31	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	235.01		211.10		209.40	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	206.52		188.76		187.70	
Peso del Agua (grs)	28.49		22.34		21.70	
Peso del Material Seco (grs)	170.9		153.1		151.4	
Humeda (%)	16.67		14.59		14.33	
(%) Humedad	16.67	19.10	14.59	18.43	14.33	15.45
Densidad Seca (grs/cm3)	1.77	1.77	1.79	1.79	1.88	1.88

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	29	0.29	0.25	80	0.8	0.70	35	0.35	0.30
19/03/2024	15:00	24	31	0.31	0.27	85	0.85	0.74	39	0.39	0.34
20/03/2024	15:00	48	38	0.38	0.33	117	1.17	1.02	48	0.48	0.42
21/03/2024	15:00	72	43	0.43	0.37	131	1.31	1.14	52	0.52	0.45
22/03/2024	15:00	96	45	0.45	0.39	136	1.36	1.18	54	0.54	0.47

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV			MOLDE N° V			MOLDE N° VI		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		0.00	0.00		3.134	0.07		5.64	0.13	
0.64	0.030		60.17	1.41		43.874	1.03		38.23	0.90	
1.28	0.050		105.92	2.49		91.508	2.15		99.66	2.34	
1.92	0.080		125.98	2.96		116.579	2.74		153.56	3.61	
2.56	0.100	70.5	160.45	3.77	5.35	156.693	3.68	5.22	205.77	4.83	6.86
3.20	0.130		171.11	4.02		178.630	4.20		224.38	5.27	
3.84	0.150		181.76	4.27		200.567	4.71		240.05	5.64	
4.48	0.180		204.33	4.80		228.771	5.37		265.75	6.24	
5.12	0.200	105.7	215.61	5.06	4.79	235.666	5.54	5.24	293.51	6.89	6.54
7.66	0.300		266.38	6.26		295.209	6.93		348.48	8.19	
10.19	0.400		299.60	7.04		335.322	7.88		415.55	9.76	
12.72	0.500		347.86	8.17		367.287	8.63		470.08	11.04	

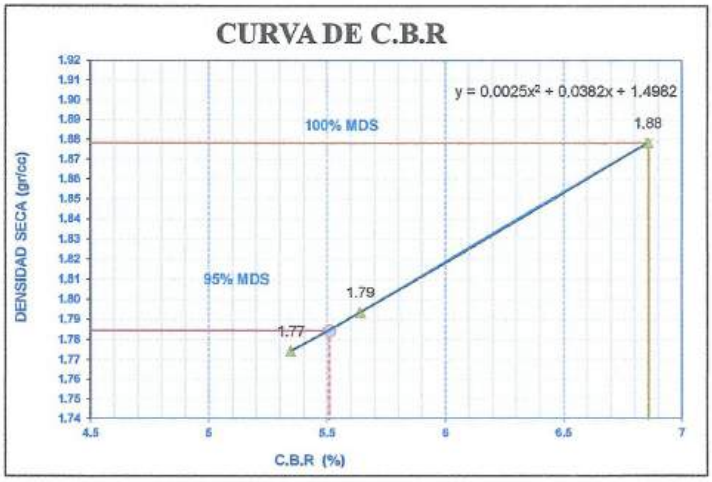
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA FAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

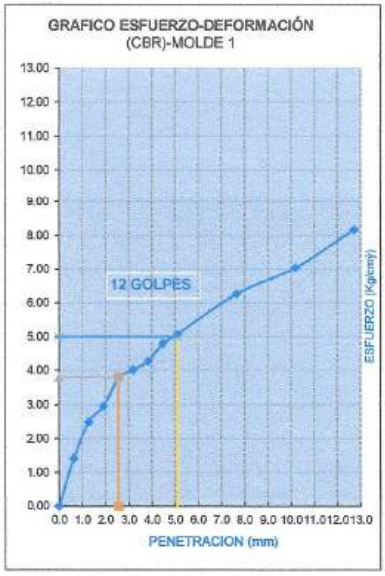
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.4

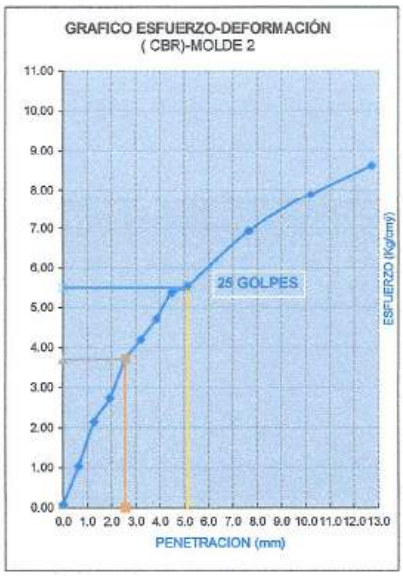
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	ón (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	6.86	1.88	0.47	0.1	1.88	6.86
2	25	5.64	1.79	1.18	0.1	1.78	5.51
1	12	5.35	1.77	0.39			

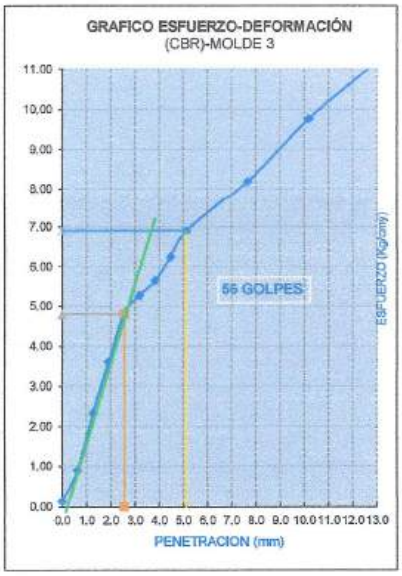


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.77	5.35	4.79
25	1.79	5.64	5.24
56	1.88	6.86	6.52

Resultados	0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	6.86
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	5.51







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.40 %	**After Compaction**	8.40 %
Top 1" Layer after penetration	11.08 %	**Average after soak**	11.08 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4525.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PAVIMENTOS - LABORATORIO EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

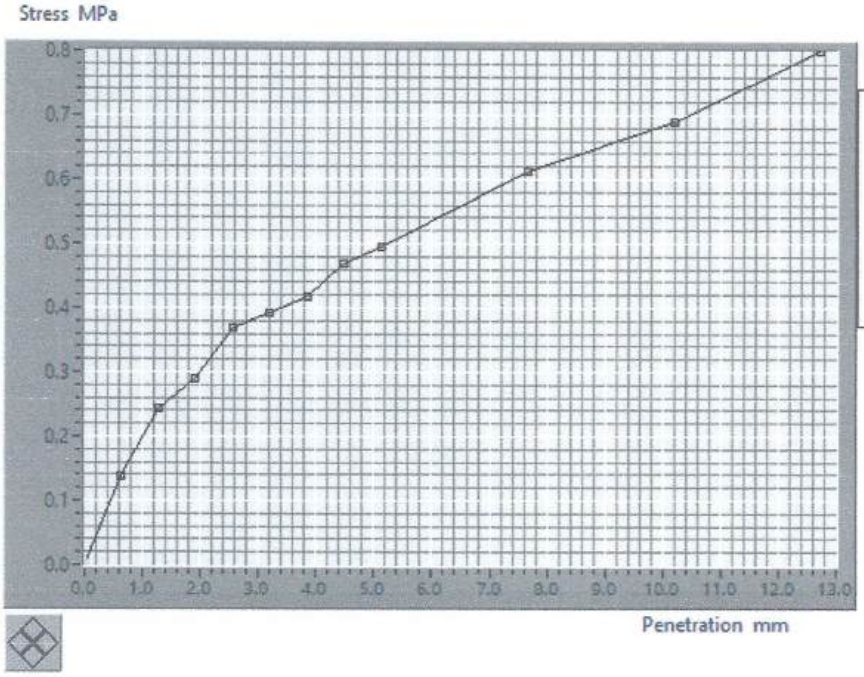
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.3	%	4.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.40 %	**After Compaction**	8.40 %
Top 1" Layer after penetration	11.08 %	**Average after soak**	12.58 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4555.00 g
Soaking Travel	1.360 mm
Swell	1.18 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

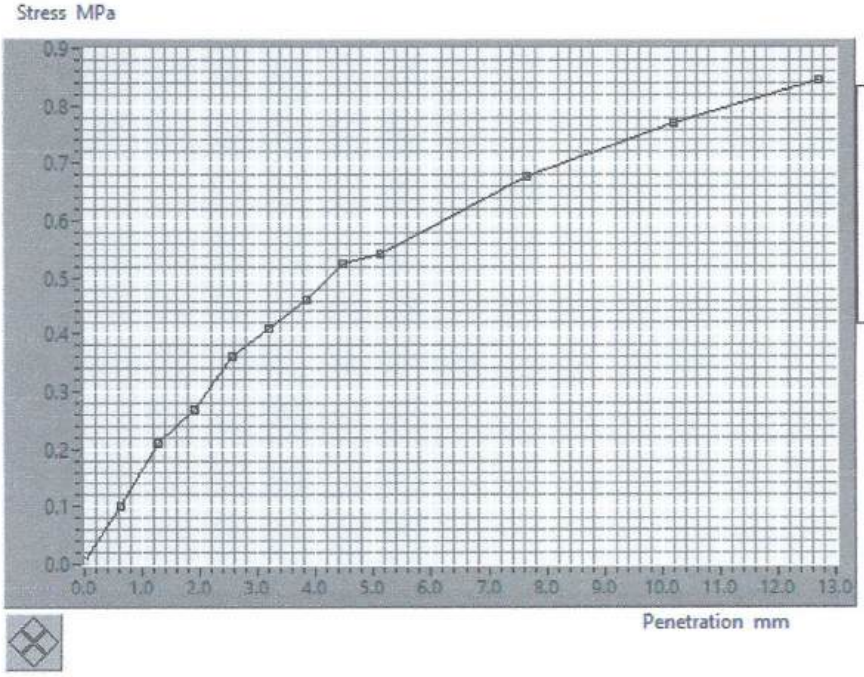
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.2	%	5.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - UNH
FACULTAD DE INGENIERÍA MINAS - CIVIL Y AMBIENTAL

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.98 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.98 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.50 %	**After Compaction**	8.50 %
Top 1" Layer after penetration	9.71 %	**Average after soak**	9.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4545.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA C. VIL - HVCA.
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPIGH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

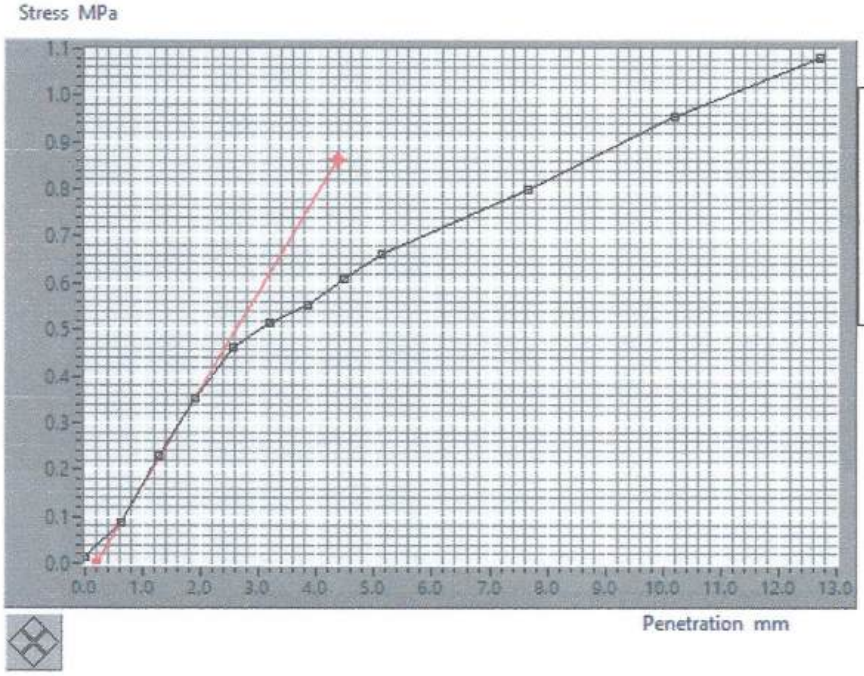
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.5	MPa	0.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	6.9	%	6.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** C2-8%
FECHA: 22/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.935
Humedad Optima (%)	:	9.50

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11385	11555	11535	11615	11625	11675
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4225	4395	4395	4475	4465	4515
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.015	2.096	2.097	2.135	2.128	2.152
Densidad Seca (grs/cm3)	1.82	1.83	1.88	1.88	1.93	1.93
Tara N°	13		4		4	
Peso del Tara (grs)	35.67		36.41		36.64	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	204.76		225.30		233.79	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.81		205.83		215.67	
Peso del Agua (grs)	15.95		19.47		18.12	
Peso del Material Seco (grs)	153.1		169.4		179.0	
Humeda (%)	10.42		11.49		10.12	
(%) Humedad	10.42	14.44	11.49	13.31	10.12	11.24
Densidad Seca (grs/cm3)	1.82	1.83	1.88	1.88	1.93	1.93

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSIÓN mm	EXPANSIÓN %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	128	1.28	1.11	40	0.4	0.35	36	0.36	0.31
19/03/2024	15:00	24	130	1.3	1.13	42	0.42	0.37	38	0.38	0.33
20/03/2024	15:00	48	134	1.34	1.16	43	0.43	0.37	40	0.4	0.35
21/03/2024	15:00	72	137	1.37	1.19	45	0.45	0.39	42	0.42	0.37
22/03/2024	15:00	96	139	1.39	1.21	45	0.45	0.39	45	0.45	0.39

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		0.00	0.00		0.627	0.01		0.63	0.01	
0.64	0.030		57.04	1.34		3.134	0.07		56.41	1.33	
1.28	0.050		152.93	3.59		0.627	0.01		140.40	3.30	
1.92	0.080		268.88	6.32		3.761	0.09		235.67	5.54	
2.56	0.100	70.5	362.90	8.52	12.09	25.698	0.60	0.86	317.15	7.45	10.57
3.20	0.130		429.96	10.10		77.093	1.81		379.82	8.92	
3.84	0.150		481.36	11.31		149.171	3.50		436.23	10.25	
4.48	0.180		522.73	12.28		213.102	5.01		481.99	11.32	
5.12	0.200	105.7	565.97	13.30	12.58	267.004	6.27	5.93	525.86	12.35	11.69
7.66	0.300		683.18	16.05		401.760	9.44		658.11	15.46	
10.19	0.400		779.08	18.30		497.656	11.69		783.46	18.40	
12.72	0.500		868.08	20.39		585.404	13.75		895.65	21.04	

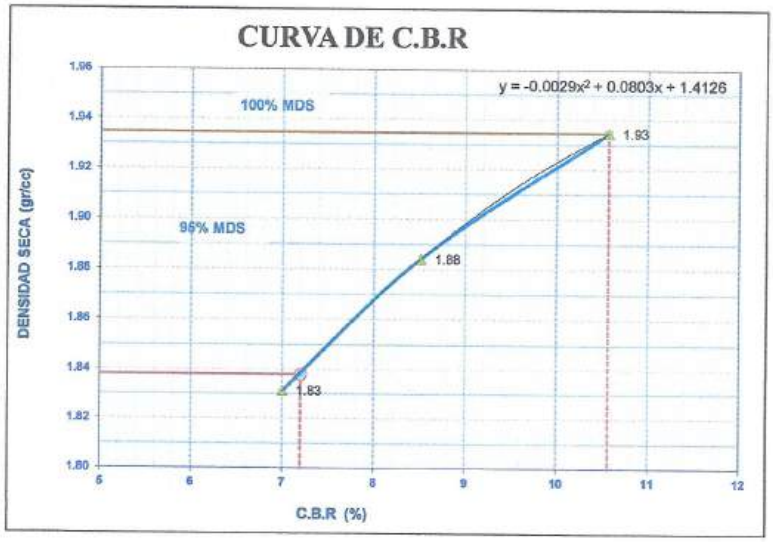
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

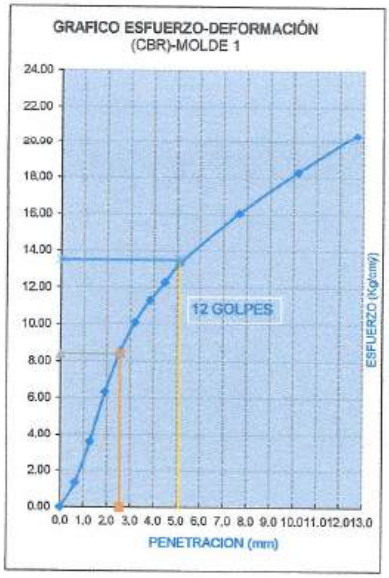
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.935
Humedad Optima (%)	9.5

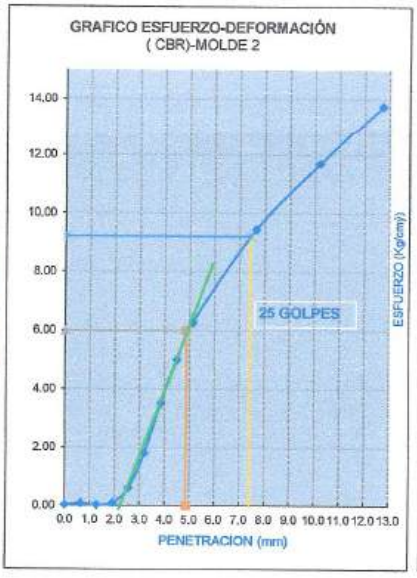
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	10.57	1.93	0.39	0.1	1.93	10.57
2	25	8.51	1.88	0.39	0.1	1.84	7.20
1	12	7.00	1.83	1.21			

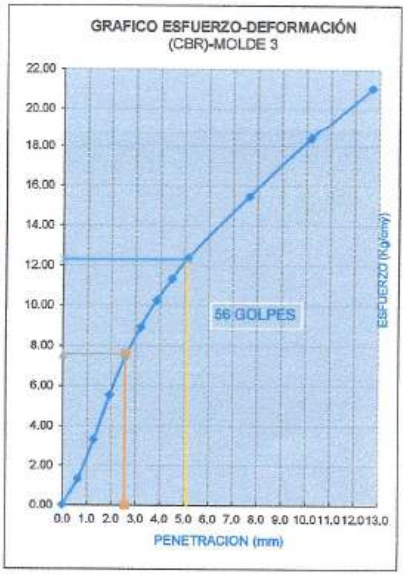


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.83	7.00	12.58
25	1.88	8.51	8.70
56	1.93	10.57	11.69

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	10.57
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	7.20







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.83 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.83 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.5 %	**After Compaction**	9.5 %
Top 1" Layer after penetration	14.44 %	**Average after soak**	14.44 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4395.00 g
Soaking Travel	1.390 mm
Swell	1.21 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACION DE LEAPICH

Tec. Ing. Alfredo Mendoza Soto

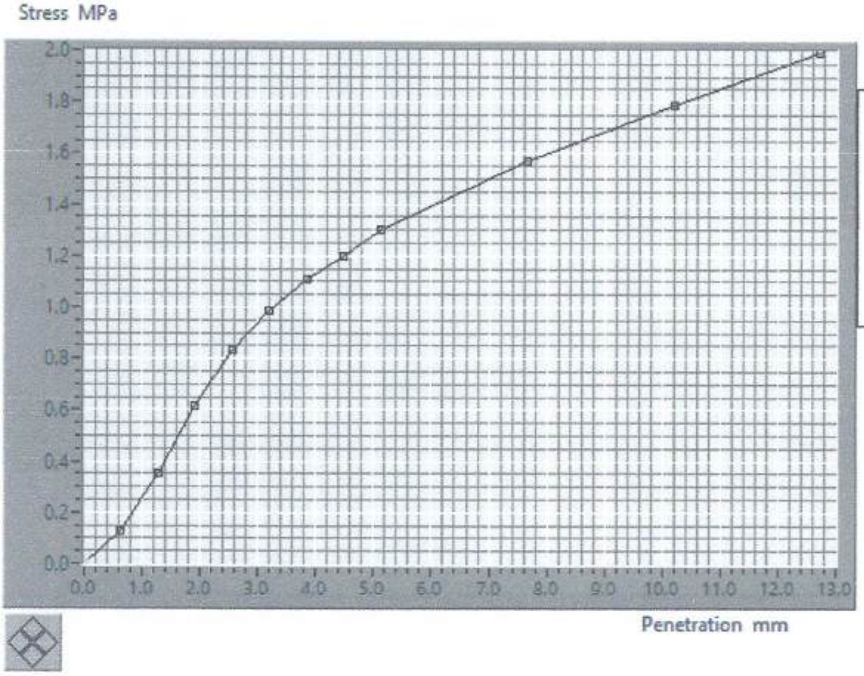
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.8	MPa	1.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	12.0	%	12.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FIVCA
AREA DE INVESTIGACION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO A 25 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.5 %	**After Compaction**	9.5 %
Top 1" Layer after penetration	12.01 %	**Average after soak**	12.01 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

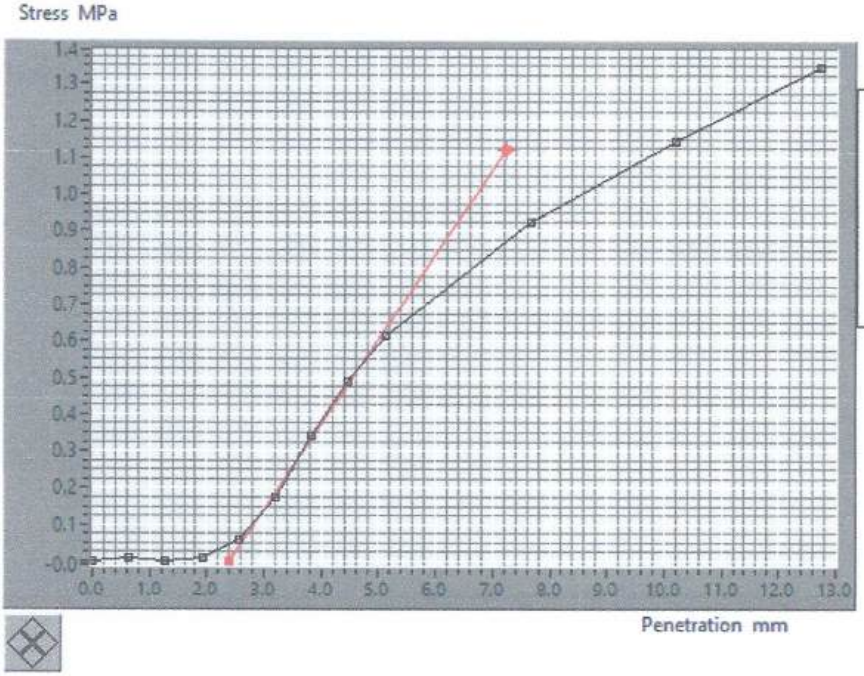
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	0.9	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	8.4	%	8.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	1.93 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.93 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	11.24 %	**Average after soak**	11.24 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4515.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LA EAPIC H

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

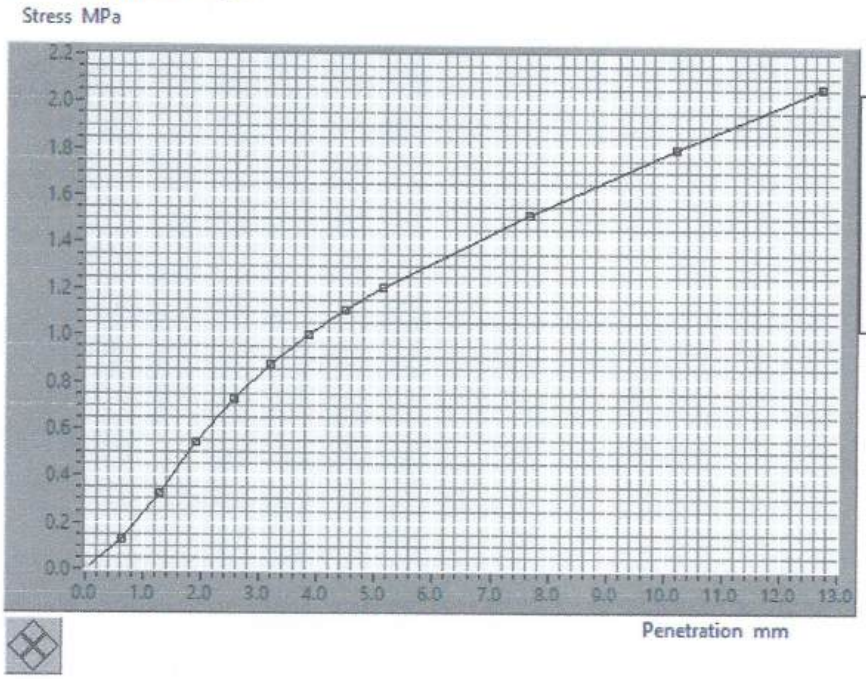
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.7	MPa	1.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	10.5	%	11.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION SOCIAL EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 **MUESTRA:** C2-14%

FECHA: 29/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	2.042
Humedad Optima (%)	:	10.30

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11445	11665	11595	11765	11865	11930
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4285	4505	4455	4625	4705	4770
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.043	2.148	2.125	2.207	2.243	2.274
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.85**	**1.86**	**1.87**	**1.88**	**2.04**	**2.04**
Tara N°	1		2		13	
Peso del Tara (grs)	36.22		35.67		35.68	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	202.45		188.76		175.09	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	186.89		170.65		162.49	
Peso del Agua (grs)	15.56		18.11		12.60	
Peso del Material Seco (grs)	150.7		135.0		126.8	
Humeda (%)	10.33		13.42		9.94	
(%) Humedad	**10.33**	**15.46**	**13.42**	**17.23**	**9.94**	**11.32**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.85**	**1.86**	**1.87**	**1.88**	**2.04**	**2.04**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	30	0.3	0.26	68	0.68	0.59	15	0.15	0.13
26/03/2024	15:00	24	34	0.34	0.30	71	0.71	0.62	15	0.15	0.13
27/03/2024	15:00	48	36	0.36	0.31	74	0.74	0.64	17	0.17	0.15
28/03/2024	15:00	72	38	0.38	0.33	76	0.76	0.66	18	0.18	0.16
29/03/2024	15:00	96	40	0.4	0.35	80	0.8	0.70	19	0.19	0.17

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		62.68	1.47		125.35	2.94		309.62	7.27	
1.28	0.050		362.27	8.51		456.29	10.72		1014.11	23.82	
1.92	0.080		594.81	13.97		723.92	17.01		1633.36	38.37	
2.56	0.100	70.5	735.20	17.27	24.50	910.70	21.39	30.34	2089.03	49.07	69.61
3.20	0.130		830.47	19.51		1036.05	24.34		2440.02	57.32	
3.84	0.150		905.68	21.28		1117.53	26.25		2720.81	63.91	
4.48	0.180		972.12	22.84		1171.43	27.52		2945.19	69.18	
5.12	0.200	105.7	1027.28	24.13	22.83	1224.71	28.77	27.22	3130.09	73.53	69.56
7.66	0.300		1175.19	27.61		1410.86	33.14		3114.42	73.16	
10.19	0.400		1274.85	29.95		1556.27	36.56		3142.63	73.82	
12.72	0.500		1356.96	31.88		1686.64	39.62		3342.57	78.52	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION DE LA EAPICH

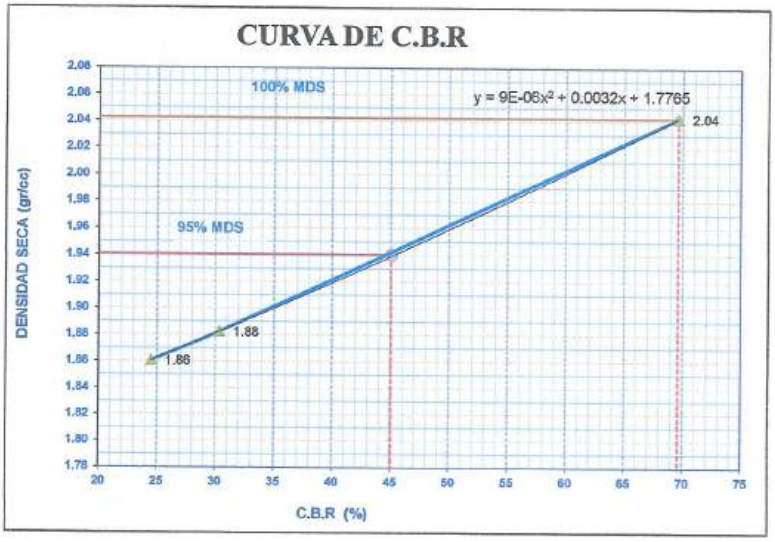
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sote

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR

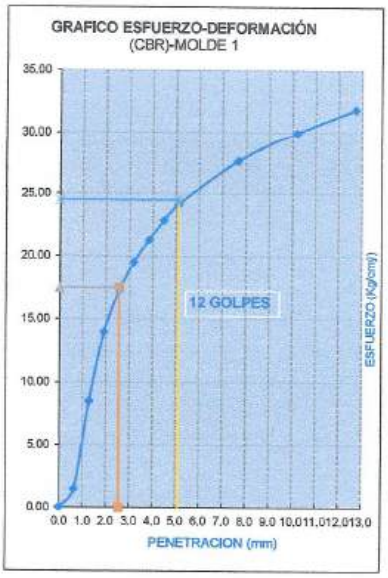
Densidad Máxima (grs/cm3)	2.042
Humedad Optima (%)	10.3

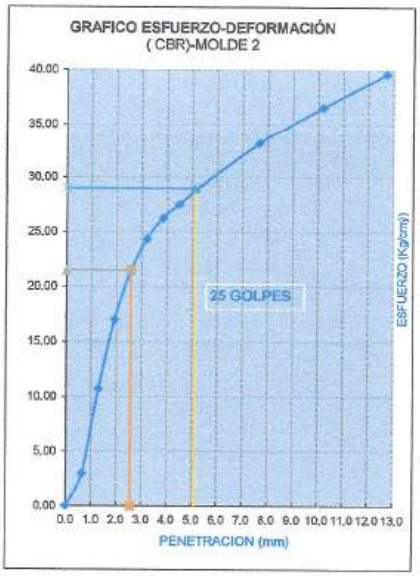
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	69.61	2.04	0.17	0.1	2.04	69.61
2	25	30.34	1.88	0.70	0.1	1.94	45.03
1	12	24.50	1.86	0.35			

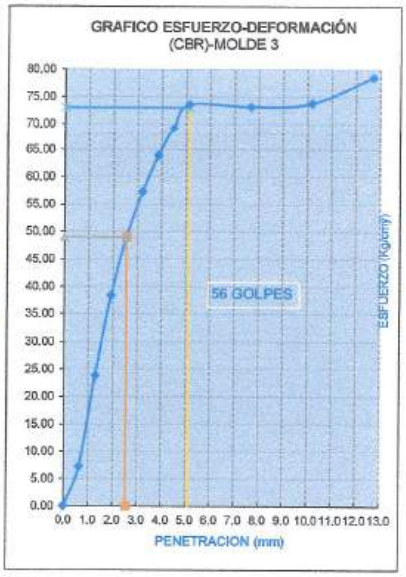


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.86	24.50	22.83
25	1.88	30.34	27.22
56	2.04	69.61	69.56

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	69.61
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	45.03







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.86 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.86 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	15.71 %	**Average after soak**	15.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4305.00 g
Soaking Travel	0.400 mm
Swell	0.35 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

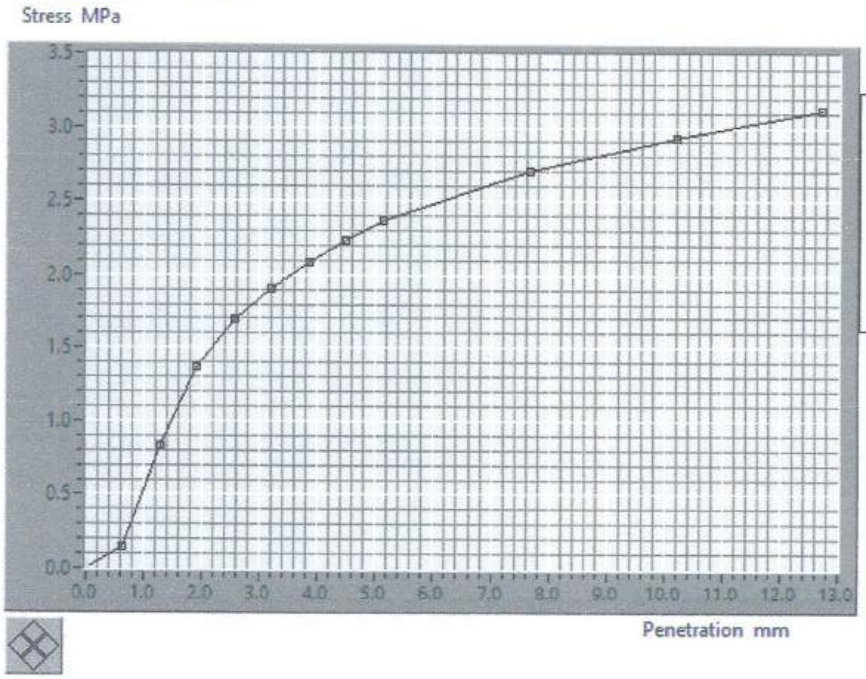
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.7	MPa	2.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	24.3	%	22.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	
Diameter	152.310 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	14.19 %	**Average after soak**	14.19 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4425.00 g
Soaking Travel	0.800 mm
Swell	0.70 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA SAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

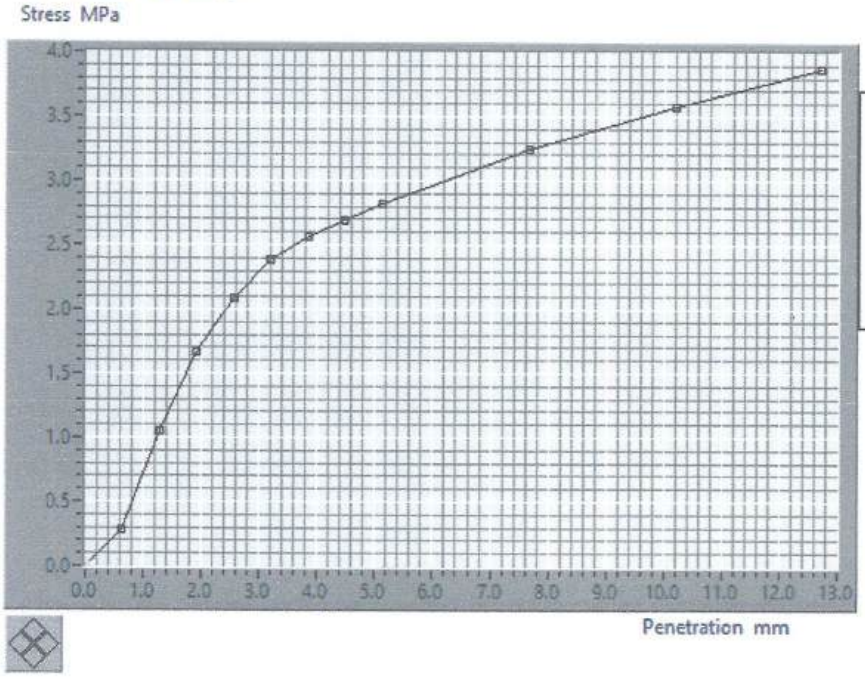
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.1	MPa	2.8	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	30.1	%	27.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Ing. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	2.04 kg/m3	**Dry Density after Soak**	2.04 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	11.38 %	**Average after soak**	11.38 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4570.00 g
Soaking Travel	0.190 mm
Swell	0.17 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

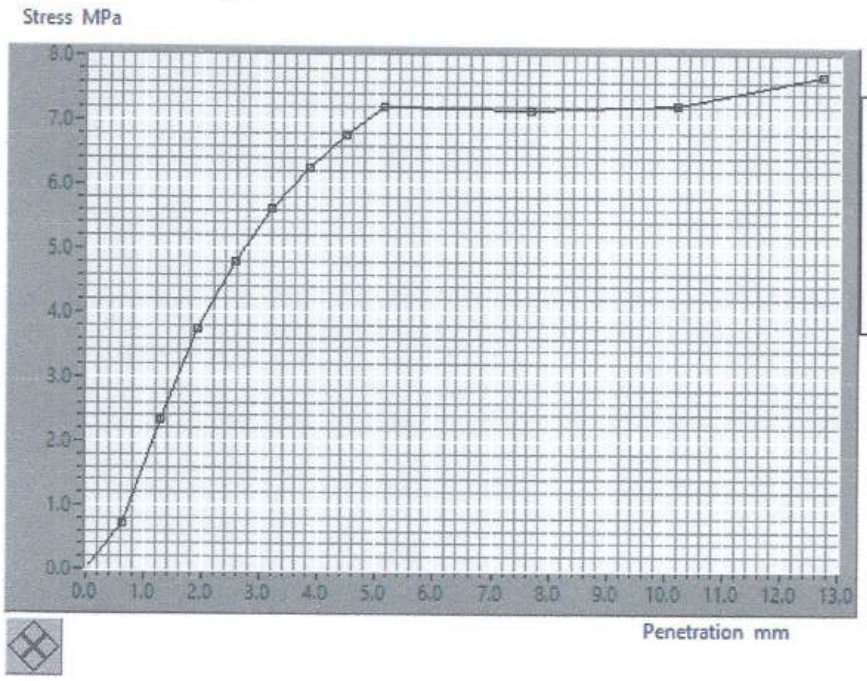
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	4.8	MPa	7.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	69.1	%	69.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02
FECHA: 29/03/2024
MUESTRA: C2-22%
PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	867
Humedad Optima (%)	:	9.52

DATOS DE CBR

Molde N°	**XII**		**XI**		**X**	
Ensayo	**5**		**5**		5	
Golpes por capa N°	**12**		**25**		56	
COND. DE LA MUESTRA	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	10605	10950	12670	12925	12685	12855
Peso del Molde (grs)	6680	6680	8555	8555	8385	8385
Peso del Suelo Humedo (grs)	3925	4270	4115	4370	4300	4470
Volumen del Molde (cm3)	2099	2099	2101	2101	2095	2095
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.870	2.034	1.959	2.080	2.053	2.134
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.76**	**1.77**	**1.86**	**1.87**
Tara N°	12		18		13	
Peso del Tara (grs)	35.55		36.35		35.67	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	213.74		182.48		209.08	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	196.38		167.76		192.86	
Peso del Agua (grs)	17.36		14.72		16.22	
Peso del Material Seco (grs)	160.8		131.4		157.2	
Humeda (%)	**10.79**		**11.20**		**10.32**	
(%) Humedad	**10.79**	**19.58**	**11.20**	**17.40**	**10.32**	**14.27**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.76**	**1.77**	**1.86**	**1.87**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	100	1	0.87	314	3.14	2.73	195	1.95	1.69
26/03/2024	15:00	24	106	1.06	0.92	316	3.16	2.75	198	1.98	1.72
27/03/2024	15:00	48	109	1.09	0.95	318	3.18	2.76	200	2	1.74
28/03/2024	15:00	72	111	1.11	0.96	320	3.2	2.78	203	2.03	1.76
29/03/2024	15:00	96	115	1.15	1.00	322	3.22	2.80	205	2.05	1.78

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° XII			MOLDE N° XI			MOLDE N° X		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		-31.97	-0.75		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		68.94	1.62		265.12	6.23		298.34	7.01	
1.28	0.050		287.69	6.76		559.71	13.15		805.40	18.92	
1.92	0.080		473.21	11.12		789.10	18.54		1233.48	28.98	
2.56	0.100	70.5	601.70	14.13	20.05	990.92	23.28	33.02	1546.87	36.34	51.54
3.20	0.130		689.45	16.20		1153.88	27.11		1808.23	42.48	
3.84	0.150		755.89	17.76		1274.85	29.95		2024.47	47.56	
4.48	0.180		817.31	19.20		1372.00	32.23		2204.98	51.80	
5.12	0.200	105.7	869.96	20.44	19.33	1460.37	34.31	32.46	2351.02	55.23	52.25
7.66	0.300		1014.11	23.82		1729.26	40.62		2767.19	65.00	
10.19	0.400		1118.79	26.28		1915.41	44.99		3018.53	70.91	
12.72	0.500		1220.95	28.68		2053.30	48.23		3242.28	76.16	

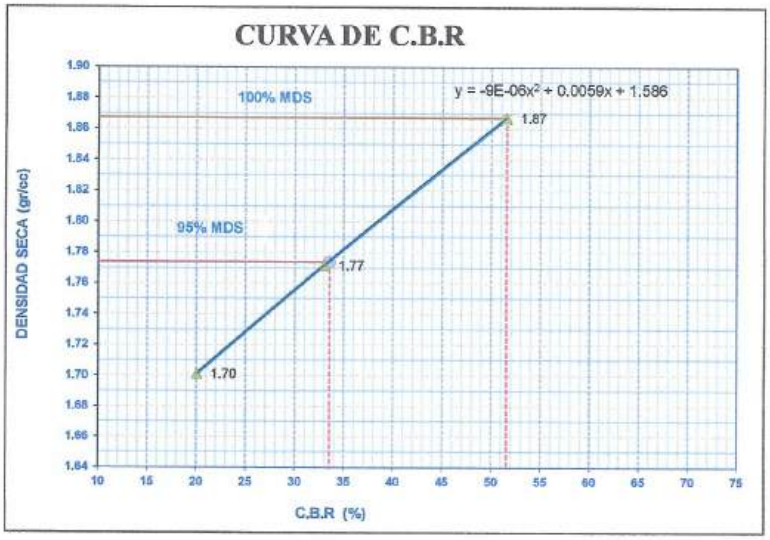
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

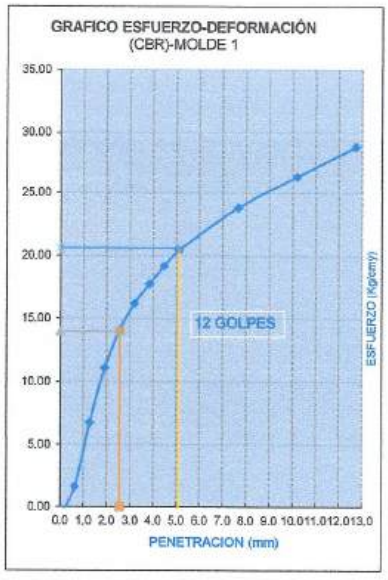
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	867
Humedad Optima (%)	9.52

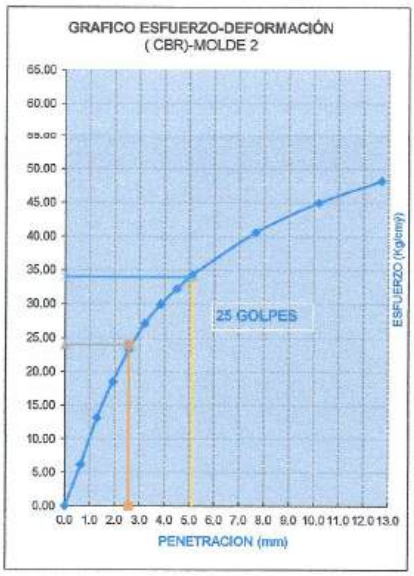
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	51.54	1.87	1.78	0.1	1.87	51.54
2	25	33.02	1.77	2.80	0.1	1.77	33.52
1	12	20.05	1.70	1.00			

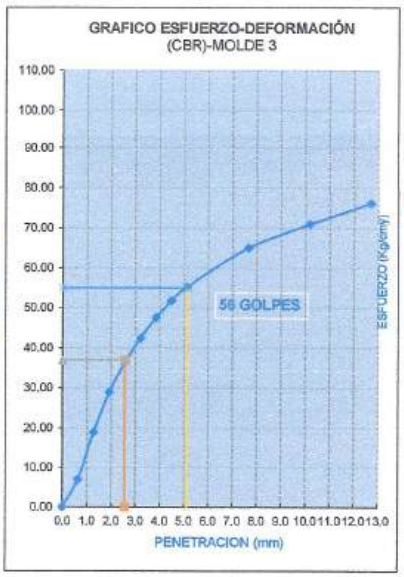


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.70	20.05	19.33
25	1.77	33.02	32.46
56	1.87	51.54	52.25

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	51.54
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	33.52







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH
Tec. Lab. Aurelio Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.350 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.70 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.70 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	19.58 %	**Average after soak**	19.58 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4270.00 g
Soaking Travel	1.150 mm
Swell	1.00 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

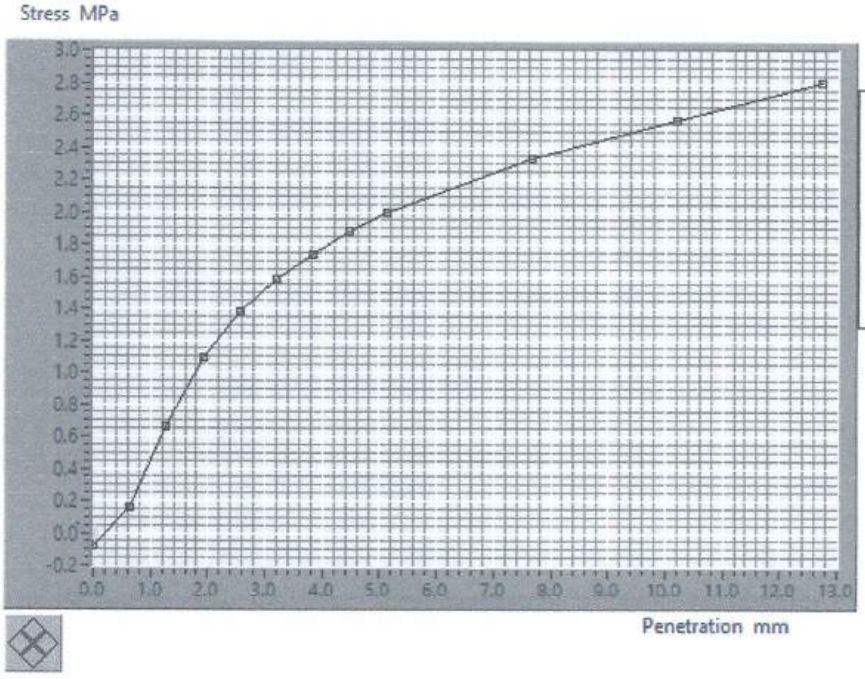
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 - 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.4	MPa	2.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	19.9	%	19.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FACULTAD

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.520 mm		
Height	114.980 mm		
Dry Density before Soak	1.77 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.77 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	16.73 %	**Average after soak**	16.73 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4370.00 g
Soaking Travel	3.220 mm
Swell	2.80 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

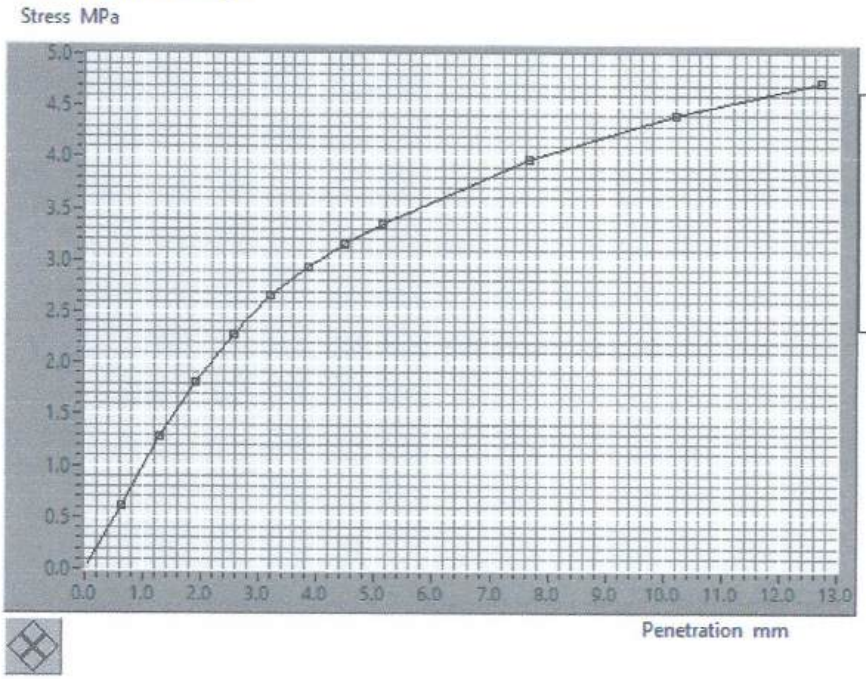
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 - 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.3	MPa	3.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	32.8	%	32.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.87 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.87 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	14.27 %	**Average after soak**	14.27 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4470.00 g
Soaking Travel	2.050 mm
Swell	1.78 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Solis

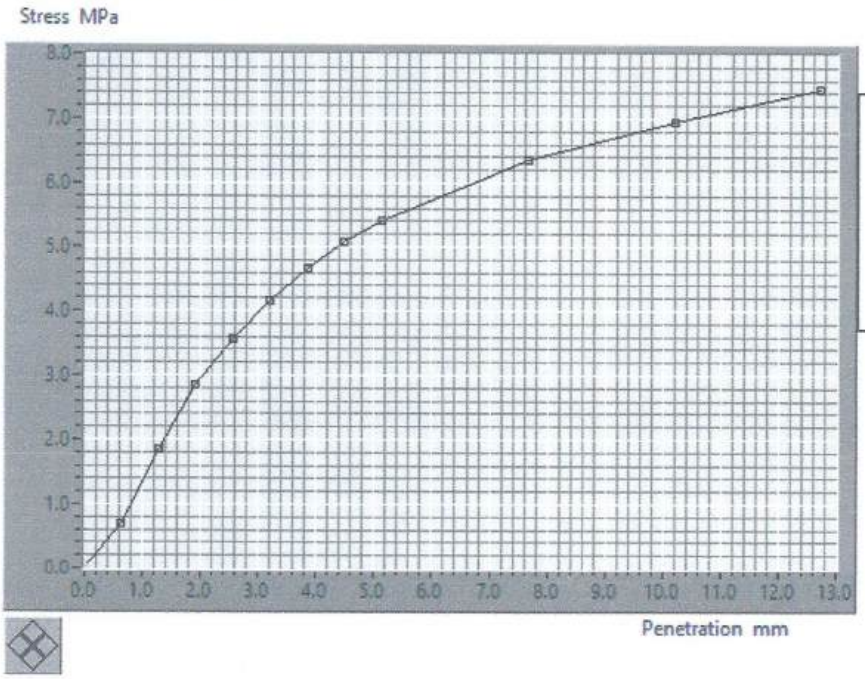
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.5	MPa	5.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	51.2	%	52.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 22/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.787
Humedad Optima (%)	:	8.65

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11445	12205	11650	12355	12025	12690
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	3515	4275	3745	4450	4090	4755
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.664	2.024	1.782	2.118	1.949	2.266
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.50**	**1.53**	**1.67**	**1.69**	**1.77**	**1.79**
Tara N°	15		13		18	
Peso del Tara (grs)	36.49		36.40		36.41	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	208.97		207.04		208.99	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	191.95		196.20		192.74	
Peso del Agua (grs)	17.02		10.84		16.25	
Peso del Material Seco (grs)	155.5		159.8		156.3	
Humeda (%)	10.95		6.78		10.39	
(%) Humedad	**10.95**	**32.57**	**6.78**	**25.61**	**10.39**	**26.65**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.50**	**1.53**	**1.67**	**1.69**	**1.77**	**1.79**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	186	1.86	1.62	290	2.9	2.52	258	2.58	2.24
19/03/2024	15:00	24	195	1.95	1.69	303	3.03	2.63	261	2.61	2.27
20/03/2024	15:00	48	206	2.06	1.79	315	3.15	2.74	345	3.45	3.00
21/03/2024	15:00	72	210	2.1	1.82	320	3.2	2.78	369	3.69	3.21
22/03/2024	15:00	96	212	2.12	1.84	321	3.21	2.79	375	3.75	3.26

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido
0.00	0.000		-10.03	-0.24		2.507	0.06		1.88	0.04	
0.64	0.030		-9.40	-0.22		20.683	0.49		24.44	0.57	
1.28	0.050		1.88	0.04		31.339	0.74		40.74	0.96	
1.92	0.080		3.76	0.09		45.754	1.07		47.63	1.12	
2.56	0.100	70.5	22.56	0.53	0.75	53.902	1.27	1.80	55.16	1.30	1.84
3.20	0.130		36.35	0.85		58.916	1.38		62.68	1.47	
3.84	0.150		34.47	0.81		61.423	1.44		72.08	1.69	
4.48	0.180		40.11	0.94		68.318	1.60		77.09	1.81	
5.12	0.200	105.7	55.16	1.30	1.23	66.438	1.56	1.48	85.24	2.00	1.89
7.66	0.300		53.90	1.27		83.360	1.96		119.71	2.81	
10.19	0.400		68.32	1.60		100.910	2.37		160.45	3.77	
12.72	0.500		77.72	1.83		116.579	2.74		206.83	4.86	

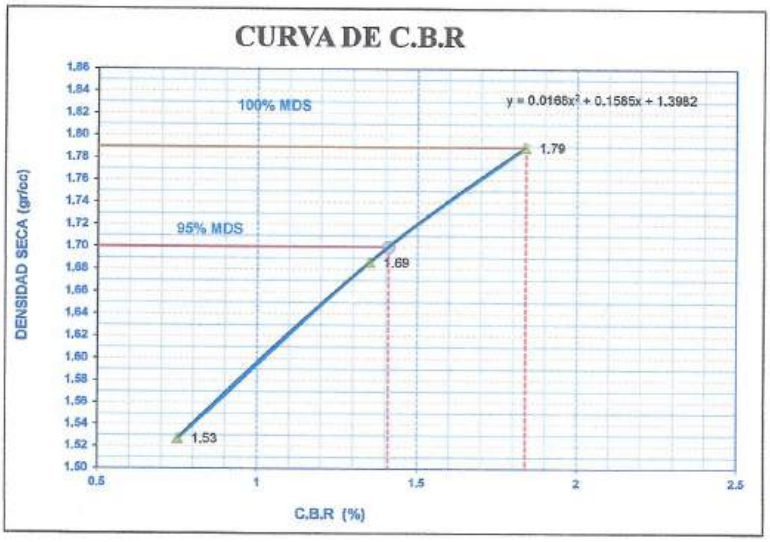
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PROFESIONALIZACIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

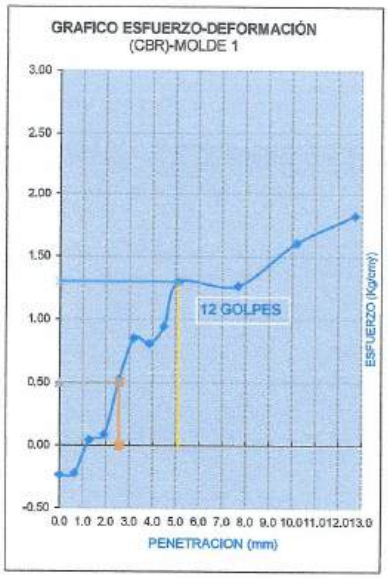
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.787
Humedad Optima (%)	8.65

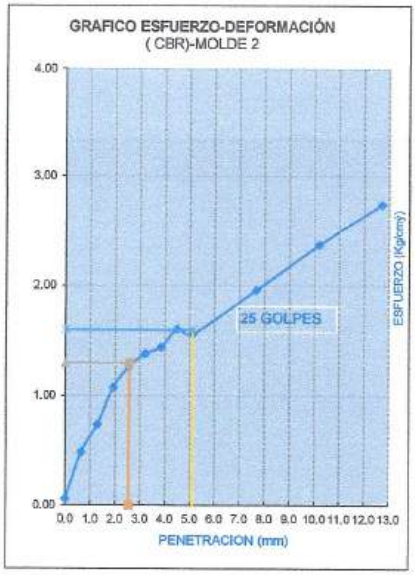
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	1.84	1.79	3.26	0.1	1.79	1.84
2	25	1.35	1.69	2.79	0.1	1.70	1.41
1	12	0.75	1.53	1.84			

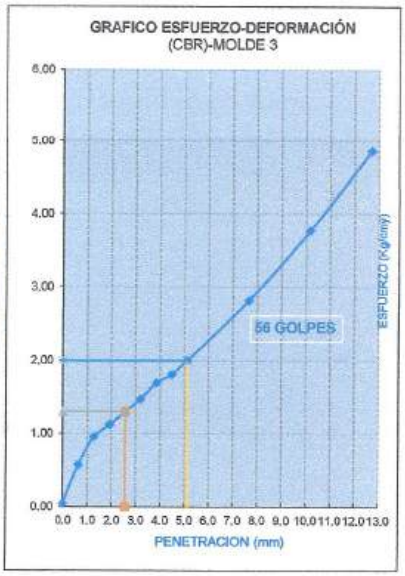


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.53	0.75	1.23
25	1.69	1.35	1.48
56	1.79	1.84	1.89

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	1.84
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	1.41







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION LETA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sote

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.270 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.53 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.53 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	32.29 %	**Average after soak**	32.29 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4275.00 g
Soaking Travel	2.120 mm
Swell	1.84 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

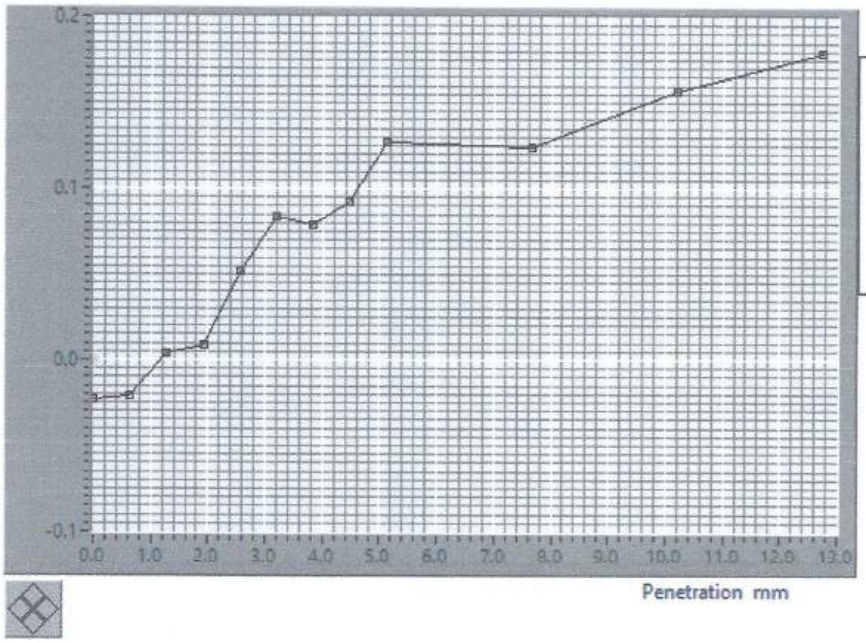
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.1	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	0.7	%	1.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LEAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.69 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.69 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	29.25 %	**Average after soak**	29.25 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4450.00 g
Soaking Travel	3.210 mm
Swell	2.79 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA SAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

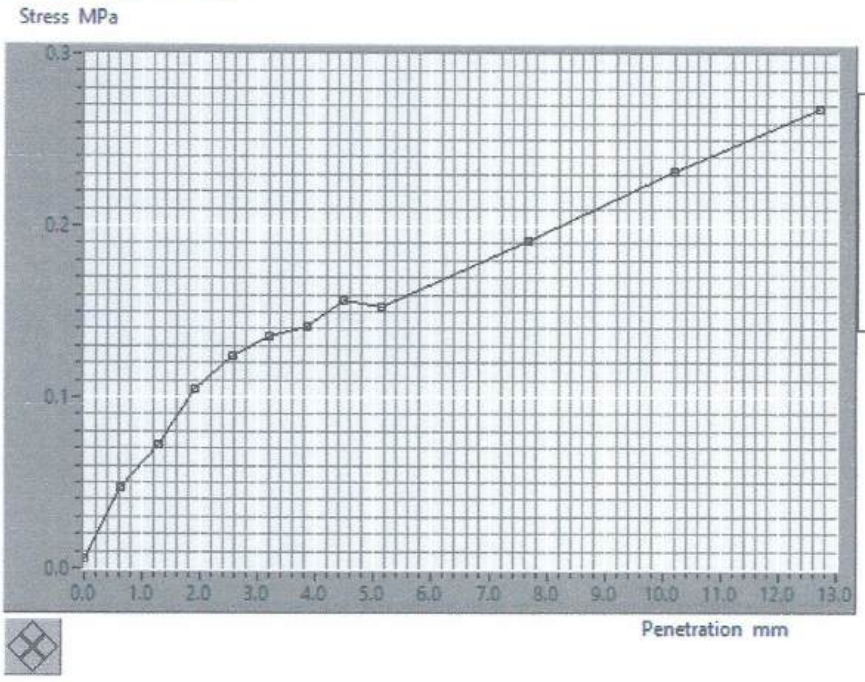
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	1.8	%	1.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	27.06 %	**Average after soak**	27.06 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4661.00 g
Soaking Travel	3.740 mm
Swell	3.25 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

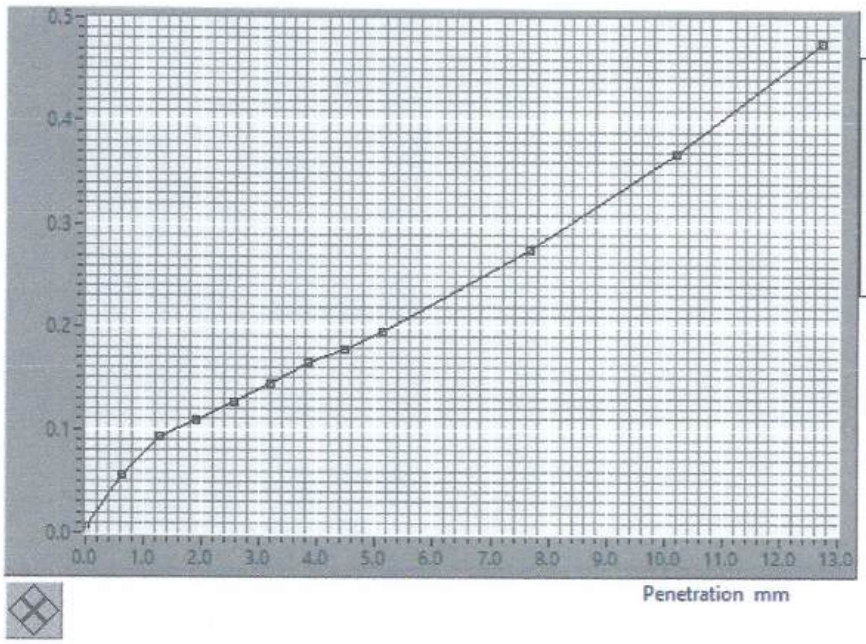
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	1.8	%	1.9	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 03	**MUESTRA:**	C3-8%
FECHA:	22/03/2024	**PROFUNDIDA:**	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.878
Humedad Optima (%)	:	8.77

DATOS DE CBR

Molde N°	**IV**		**V**		**VI**	
Ensayo	**5**		**5**		5	
Golpes por capa N°	**12**		**25**		56	
COND. DE LA MUESTRA	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11095	11465	10885	11205	11045	11330
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	3895	4265	4155	4475	4295	4580
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.860	2.037	1.977	2.129	2.049	2.185
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.83**	**1.84**	**1.87**	**1.88**
Tara N°	1		5		21	
Peso del Tara (grs)	36.25		36.32		36.84	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	213.10		198.18		186.04	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	197.02		186.20		172.80	
Peso del Agua (grs)	16.08		11.98		13.24	
Peso del Material Seco (grs)	160.8		149.9		136.0	
Humeda (%)	**10.00**		**7.99**		**9.74**	
(%) Humedad	**10.00**	**19.50**	**7.99**	**15.69**	**9.74**	**16.37**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.83**	**1.84**	**1.87**	**1.88**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	70	0.7	0.61	236	2.36	2.05	143	1.43	1.24
19/03/2024	15:00	24	73	0.73	0.63	238	2.38	2.07	145	1.45	1.26
20/03/2024	15:00	48	75	0.75	0.65	240	2.4	2.09	148	1.48	1.29
21/03/2024	15:00	72	78	0.78	0.68	243	2.43	2.11	150	1.5	1.30
22/03/2024	15:00	96	80	0.8	0.69	245	2.45	2.13	155	1.55	1.35

PENETRACIÓN

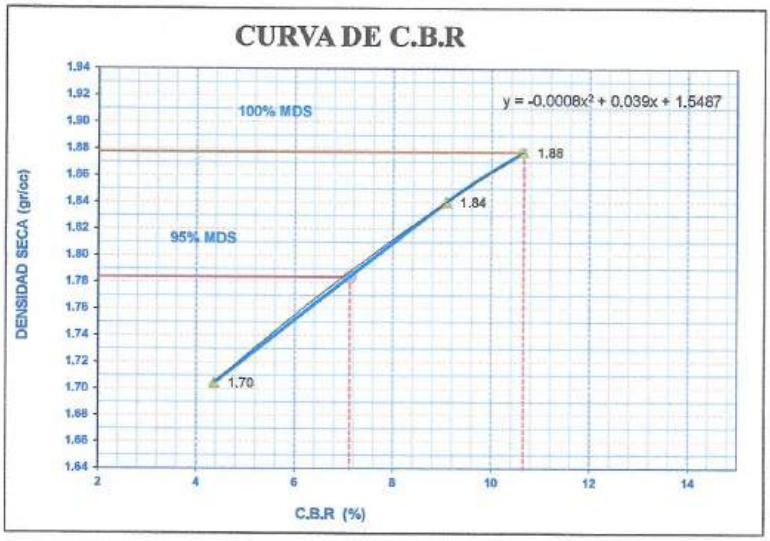
PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV			MOLDE N° V			MOLDE N° VI		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		0.63	0.01		3.134	0.07		3.76	0.09	
0.64	0.030		25.07	0.59		55.156	1.30		60.17	1.41	
1.28	0.050		55.16	1.30		122.220	2.87		141.65	3.33	
1.92	0.080		94.02	2.21		203.074	4.77		229.40	5.39	
2.56	0.100	70.5	131.00	3.08	4.36	272.645	6.40	9.08	319.65	7.51	10.65
3.20	0.130		165.47	3.89		328.428	7.72		413.04	9.70	
3.84	0.150		194.93	4.58		374.809	8.80		492.64	11.57	
4.48	0.180		221.88	5.21		413.042	9.70		560.96	13.18	
5.12	0.200	105.7	241.31	5.67	5.36	445.634	10.47	9.90	616.12	14.47	13.69
7.66	0.300		300.85	7.07		553.438	13.00		783.46	18.40	
10.19	0.400		347.23	8.16		641.186	15.06		918.22	21.57	
12.72	0.500		387.97	9.11		727.680	17.09		1062.38	24.96	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LABORATORIO
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

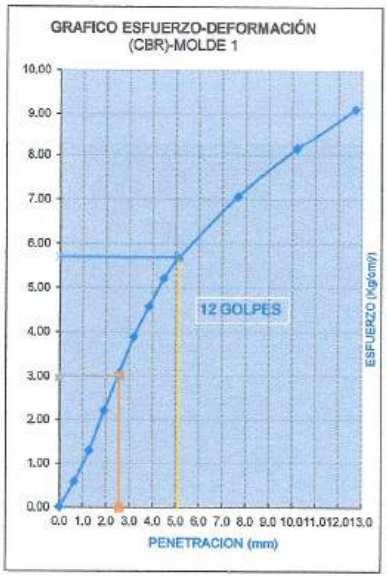
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.77

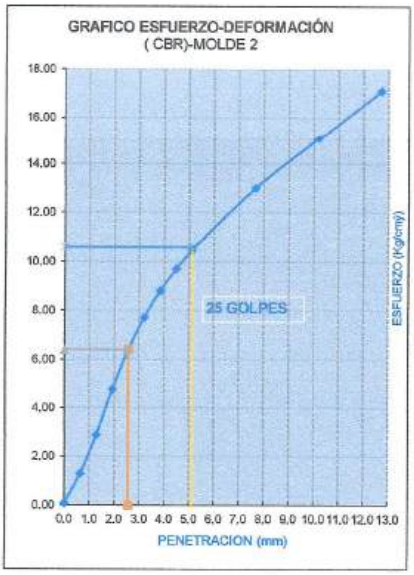
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	10.65	1.88	1.35	0.1	1.88	10.65
2	25	9.08	1.84	2.13	0.1	1.78	7.12
1	12	4.36	1.70	0.69			

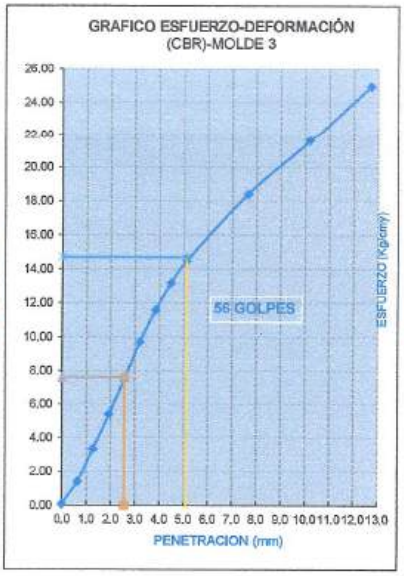


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.70	4.36	5.36
25	1.84	9.08	9.90
56	1.88	10.65	13.69

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	10.65
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	7.12







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE GEOTECNIA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.70 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.70 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	19.50 %	**Average after soak**	19.50 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4265.00 g
Soaking Travel	0.800 mm
Swell	0.70 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EMPICN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

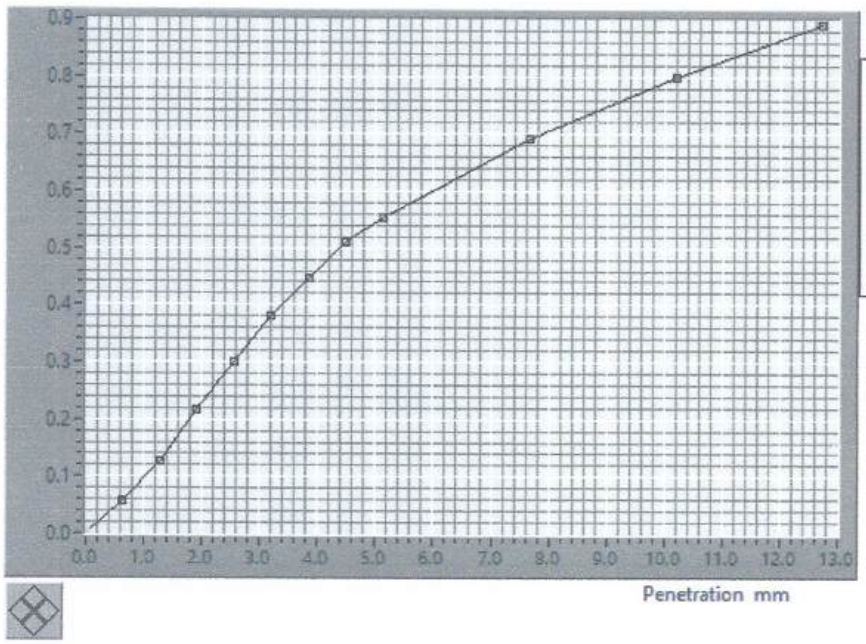
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	4.3	%	5.4	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - UNCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA UNCA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.84 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.84 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	17.53 %	**Average after soak**	17.53 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	2.450 mm
Swell	2.13 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA AMBIENTAL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA UNPCH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

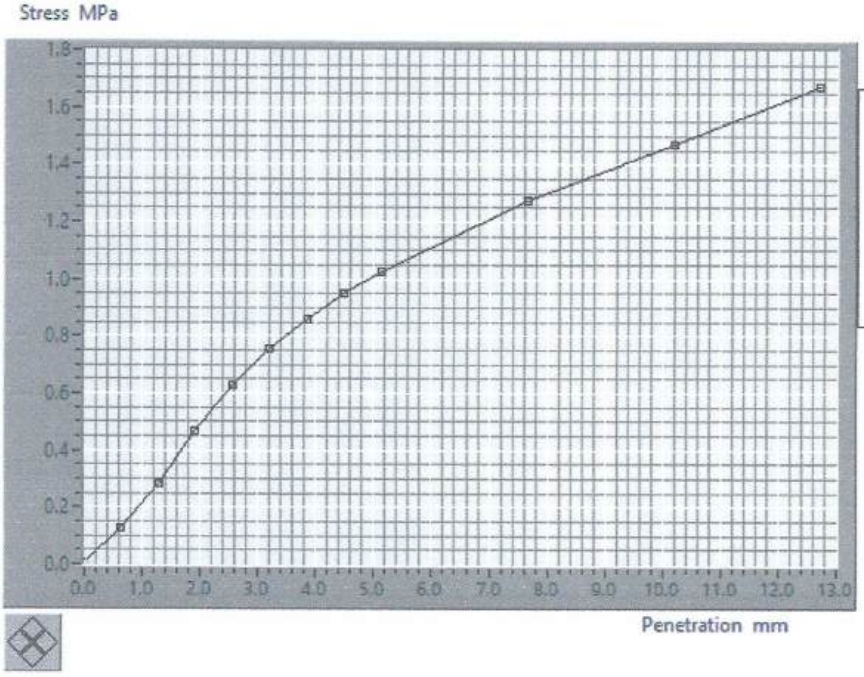
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	1.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	9.0	%	9.9	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	16.37 %	**Average after soak**	16.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4580.00 g
Soaking Travel	1.550 mm
Swell	1.35 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROFESIONALIZACION Y TESIS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

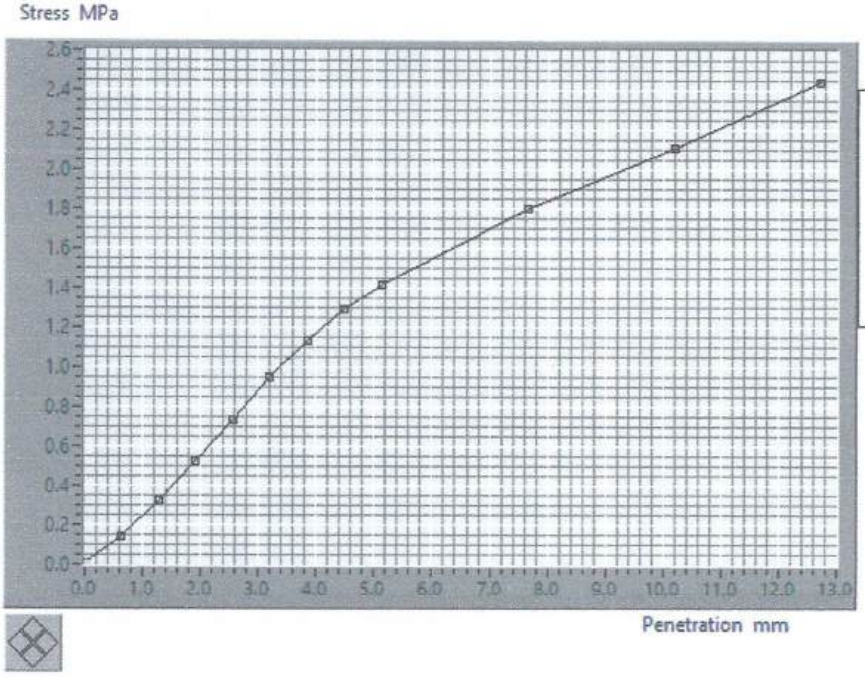
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.7	MPa	1.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	10.6	%	13.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 03	**MUESTRA:**	C3-14%
FECHA:	29/03/2024	**PROFUNDIDA:**	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.981
Humedad Optima (%)	:	9.65

DATOS DE CBR

Molde N°	**IV**		**V**		**VI**	
Ensayo	**5**		**5**		5	
Golpes por capa N°	**12**		**25**		56	
COND. DE LA MUESTRA	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11250	11545	11150	11325	11410	11495
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	4050	4345	4420	4595	4660	4745
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.934	2.075	2.103	2.186	2.223	2.264
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.72**	**1.73**	**1.79**	**1.80**	**1.98**	**1.98**
Tara N°	18		20		3	
Peso del Tara (grs)	36.36		36.50		36.42	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	183.67		184.61		187.86	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.33		162.74		171.09	
Peso del Agua (grs)	16.34		21.87		16.77	
Peso del Material Seco (grs)	131.0		126.2		134.7	
Humeda (%)	**12.48**		**17.32**		**12.45**	
(%) Humedad	**12.48**	**19.76**	**17.32**	**21.28**	**12.45**	**14.28**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.72**	**1.73**	**1.79**	**1.80**	**1.98**	**1.98**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	32	0.32	0.28	14	0.14	0.12	13	0.13	0.11
26/03/2024	15:00	24	37	0.37	0.32	16	0.16	0.14	14	0.14	0.12
27/03/2024	15:00	48	40	0.4	0.35	17	0.17	0.15	16	0.16	0.14
28/03/2024	15:00	72	41	0.41	0.36	20	0.2	0.17	18	0.18	0.16
29/03/2024	15:00	96	41	0.41	0.36	21	0.21	0.18	18	0.18	0.16

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV			MOLDE N° V			MOLDE N° VI		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		315.27	7.41		504.55	11.85		670.02	15.74	
1.28	0.050		498.28	11.71		975.25	22.91		1607.67	37.77	
1.92	0.080		605.46	14.22		1239.75	29.12		2415.57	56.74	
2.56	0.100	70.5	685.06	16.09	22.83	1403.34	32.97	46.76	3032.94	71.25	101.06
3.20	0.130		745.23	17.51		1544.99	36.29		3478.58	81.71	
3.84	0.150		796.00	18.70		1676.61	39.38		3765.64	88.46	
4.48	0.180		826.08	19.41		1801.34	42.31		3969.34	93.24	
5.12	0.200	105.7	859.30	20.19	19.10	1914.16	44.96	42.54	4110.36	96.56	91.35
7.66	0.300		952.69	22.38		2291.47	53.83		4484.54	105.35	
10.19	0.400		1061.75	24.94		2579.16	60.59		4917.64	115.52	
12.72	0.500		1163.29	27.33		2720.18	63.90		5364.53	126.02	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO

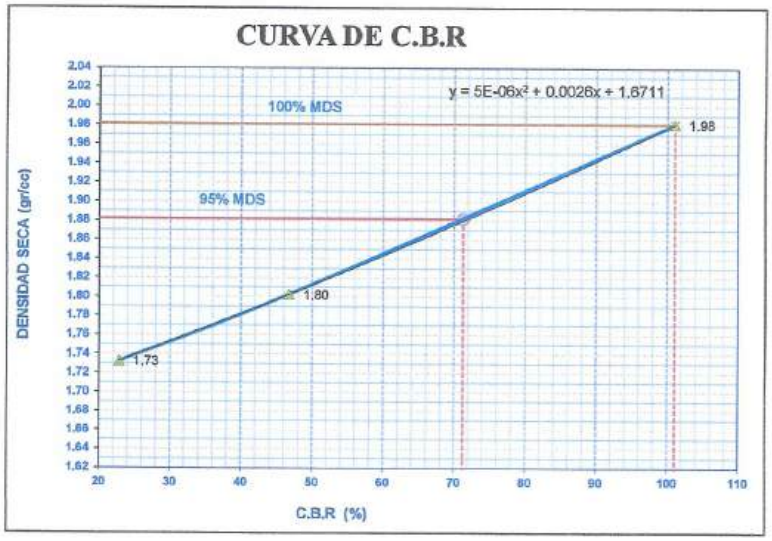
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR

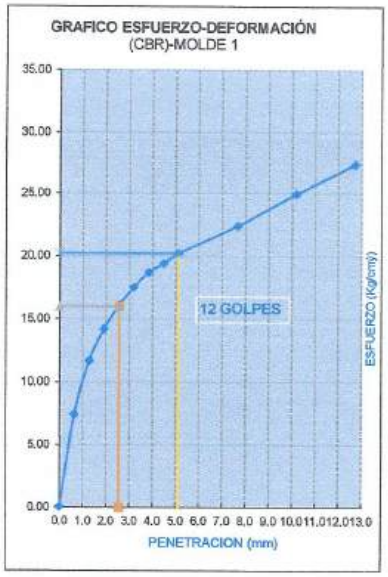
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.981
Humedad Optima (%)	9.65

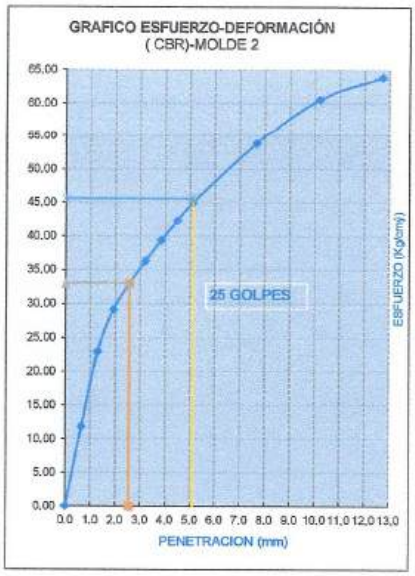
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	101.06	1.98	0.16	0.1	1.98	101.06
2	25	46.76	1.80	0.18	0.1	1.88	71.25
1	12	22.83	1.73	0.36			

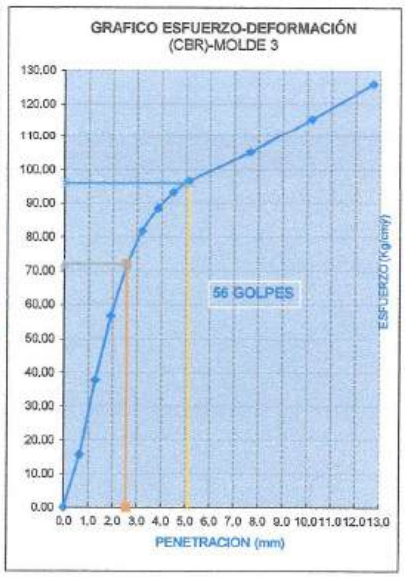


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.73	22.83	19.10
25	1.80	46.76	42.54
56	1.98	101.06	91.35

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	101.06
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	71.25







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 12 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.73 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.73 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	20.04 %	**Average after soak**	20.04 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4195.00 g
Soaking Travel	0.410 mm
Swell	0.36 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA UNCH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

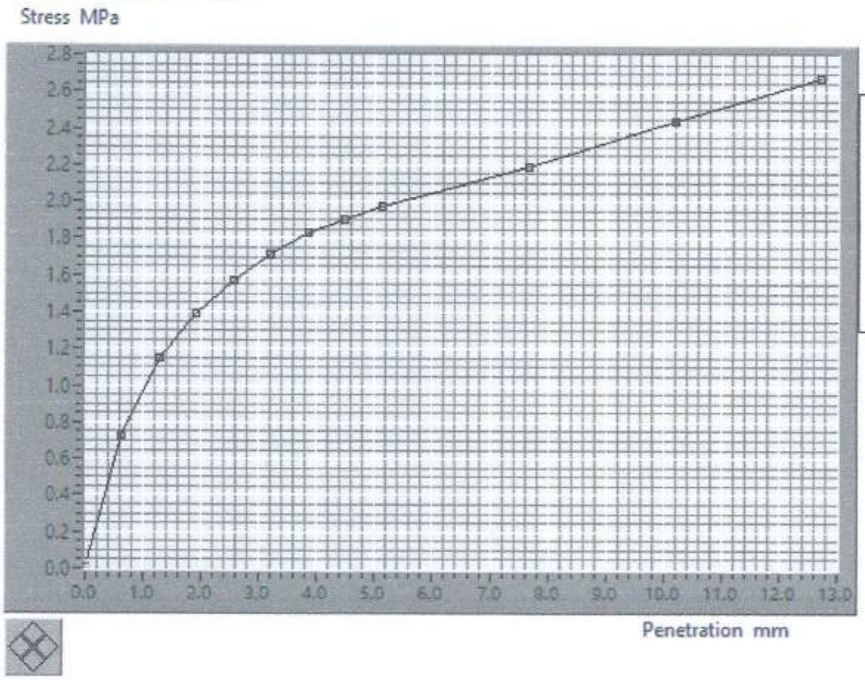
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.6	MPa	2.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	22.7	%	19.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.80 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.80 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	16.17 %	**Average after soak**	16.17 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4445.00 g
Soaking Travel	0.210 mm
Swell	0.18 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

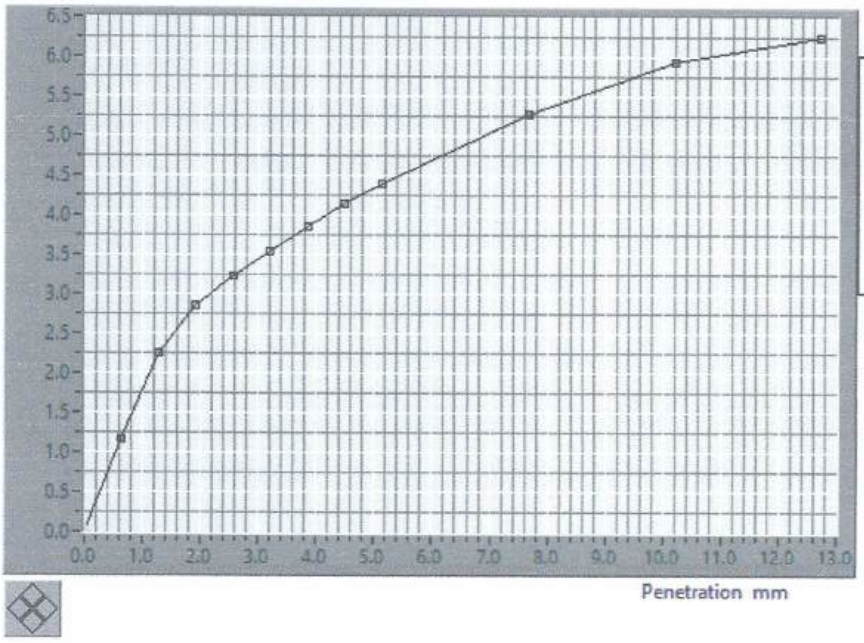
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.2	MPa	4.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	46.6	%	42.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.98 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.98 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	14.34 %	**Average after soak**	14.34 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4585.00 g
Soaking Travel	0.180 mm
Swell	0.16 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION DE LA FACULTAD

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

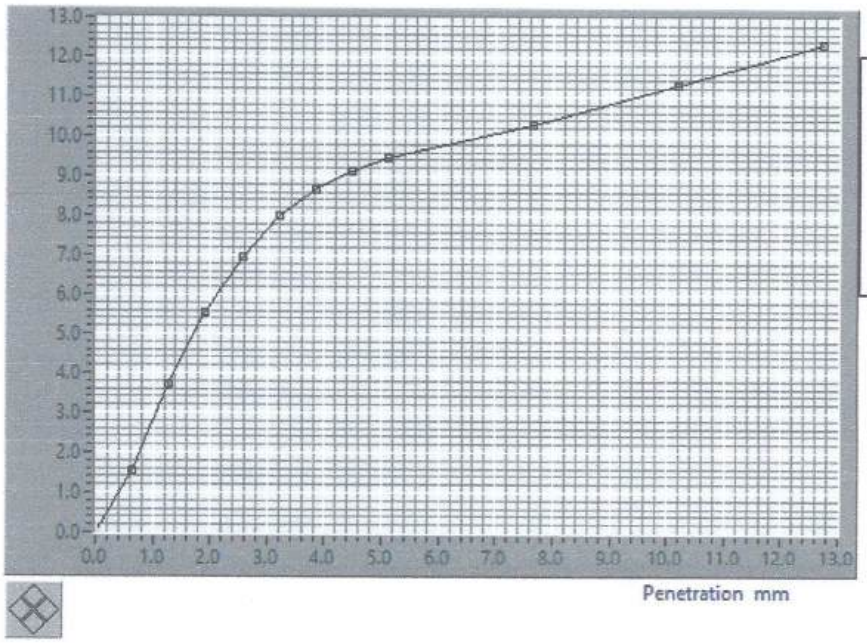
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	6.9	MPa	9.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	100.4	%	91.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y EXTENSION

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-22%

FECHA: 29/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.892
Humedad Optima (%)	:	9.87

DATOS DE CBR

Molde N°	IX		VIII		VII	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11615	12065	12025	12295	12325	12505
Peso del Molde (grs)	7935	7935	7905	7905	7930	7930
Peso del Suelo Humedo (grs)	3680	4130	4120	4390	4395	4575
Volumen del Molde (cm3)	2098	2098	2101	2101	2114	2114
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.754	1.969	1.961	2.089	2.079	2.164
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.58**	**1.60**	**1.65**	**1.67**	**1.89**	**1.89**
Tara N°	16		22		23	
Peso del Tara (grs)	35.62		36.43		36.49	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	197.76		182.64		177.32	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	181.58		159.54		164.20	
Peso del Agua (grs)	16.18		23.10		13.12	
Peso del Material Seco (grs)	146.0		123.1		127.7	
Humeda (%)	11.09		18.76		10.27	
(%) Humedad	**11.09**	**23.31**	**18.76**	**25.32**	**10.27**	**14.37**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.58**	**1.60**	**1.65**	**1.67**	**1.89**	**1.89**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	218	2.18	1.89	95	0.95	0.83	310	3.1	2.69
26/03/2024	15:00	24	220	2.2	1.91	98	0.98	0.85	312	3.12	2.71
27/03/2024	15:00	48	223	2.23	1.94	100	1	0.87	315	3.15	2.74
28/03/2024	15:00	72	226	2.26	1.96	102	1.02	0.89	318	3.18	2.76
29/03/2024	15:00	96	227	2.27	1.97	106	1.06	0.92	320	3.2	2.78

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		2.51	0.06		0.00	0.00	
0.64	0.030		203.07	4.77		298.34	7.01		407.40	9.57	
1.28	0.050		354.75	8.33		614.86	14.44		1440.95	33.85	
1.92	0.080		461.30	10.84		870.58	20.45		2242.58	52.68	
2.56	0.100	70.5	536.52	12.60	17.88	1045.45	24.56	34.83	2841.15	66.74	94.67
3.20	0.130		587.91	13.81		1160.15	27.25		3306.84	77.68	
3.84	0.150		627.40	14.74		1240.38	29.14		3679.77	86.44	
4.48	0.180		663.75	15.59		1293.65	30.39		3991.27	93.76	
5.12	0.200	105.7	699.48	16.43	15.55	1331.89	31.29	29.60	4234.46	99.47	94.11
7.66	0.300		814.80	19.14		1434.68	33.70		4337.25	101.89	
10.19	0.400		911.95	21.42		1548.75	36.38		4341.01	101.97	
12.72	0.500		1004.71	23.60		1704.82	40.05		4615.54	108.42	

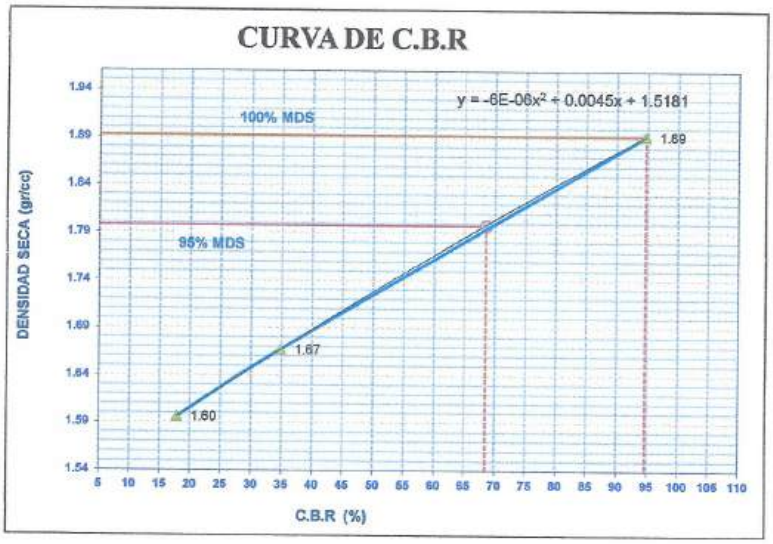
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION Y LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

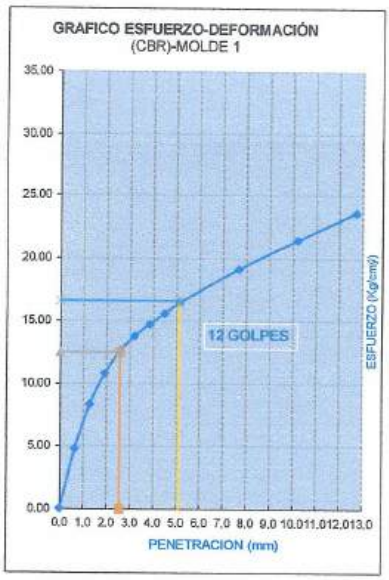
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.892
Humedad Optima (%)	9.87

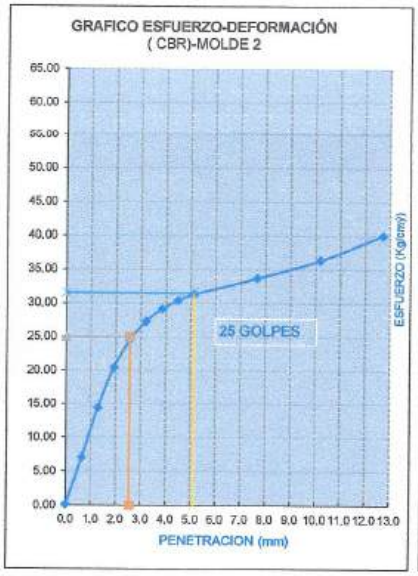
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	94.67	1.89	2.78	0.1	1.89	94.67
2	25	34.83	1.67	0.92	0.1	1.80	68.48
1	12	17.88	1.60	1.97			

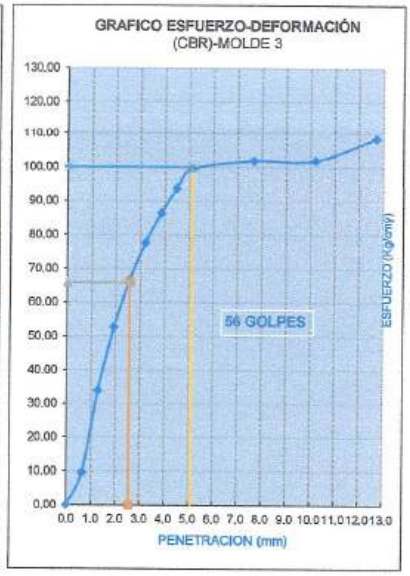


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.60	17.88	15.55
25	1.67	34.83	29.60
56	1.89	94.67	94.11

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	94.67
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	68.48







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA FACULTAD

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDADA A 12 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.60 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.60 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	23.31 %	**Average after soak**	23.31 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4130.00 g
Soaking Travel	2.270 mm
Swell	1.97 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

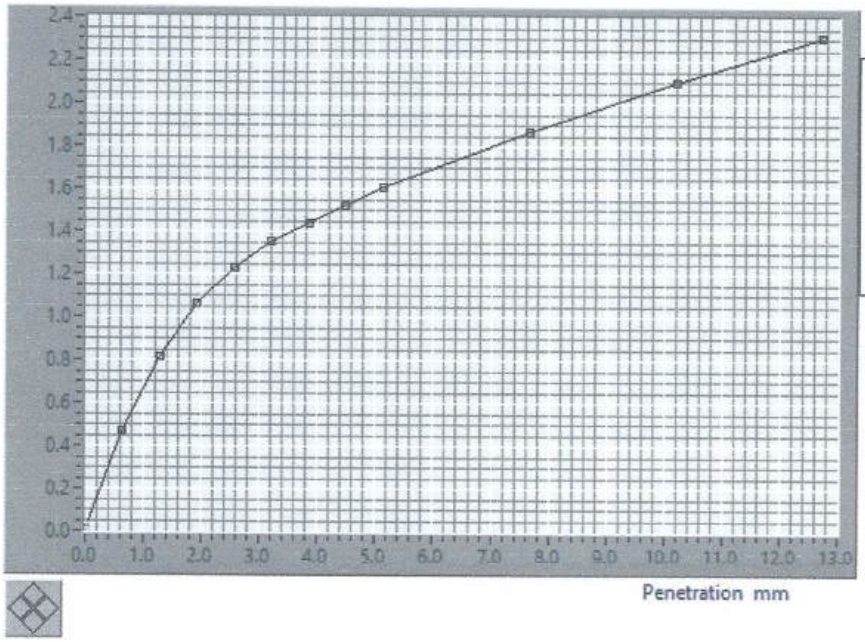
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.2	MPa	1.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	17.8	%	15.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Men... Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDAEDA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.67 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.67 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	17.07 %	**Average after soak**	17.07 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4390.00 g
Soaking Travel	1.060 mm
Swell	0.92 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION Y EXPOSICION

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

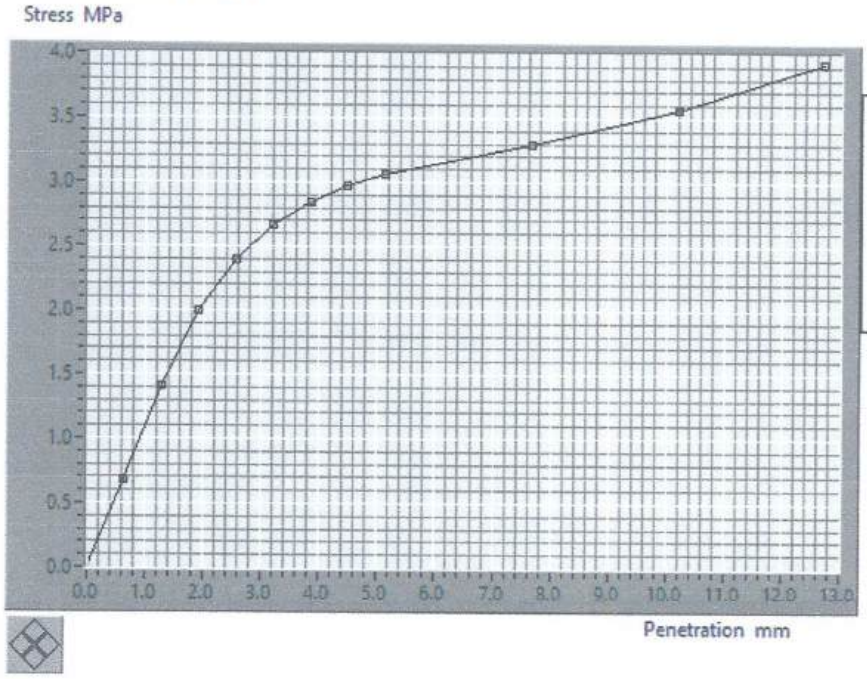
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.4	MPa	3.1	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	34.6	%	29.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLEPS
Diameter	152.770 mm		
Height	115.320 mm		
Dry Density before Soak	1.89 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.89 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	14.37 %	**Average after soak**	14.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4575.00 g
Soaking Travel	3.200 mm
Swell	2.77 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mer... Soto

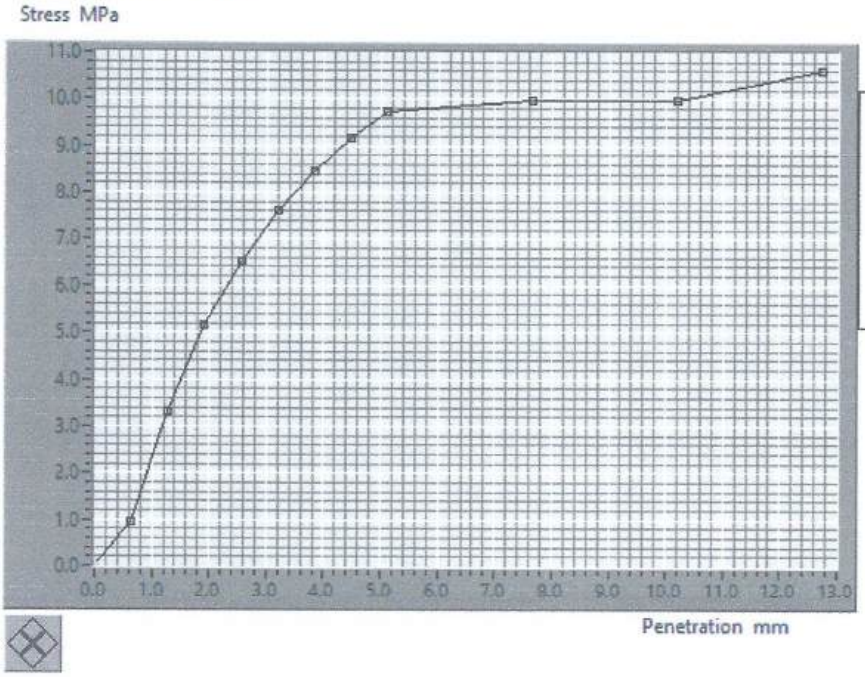
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

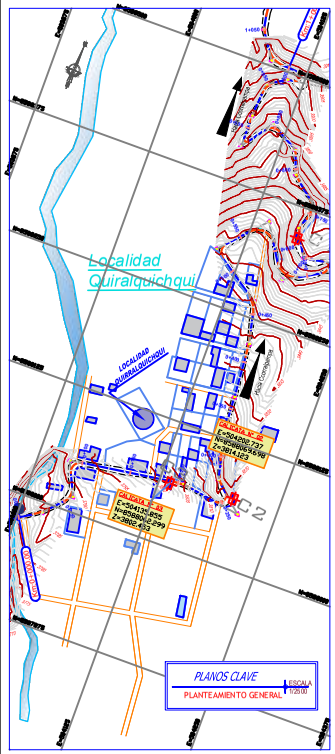


Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	6.5	MPa	9.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	94.0	%	94.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo M. Soto

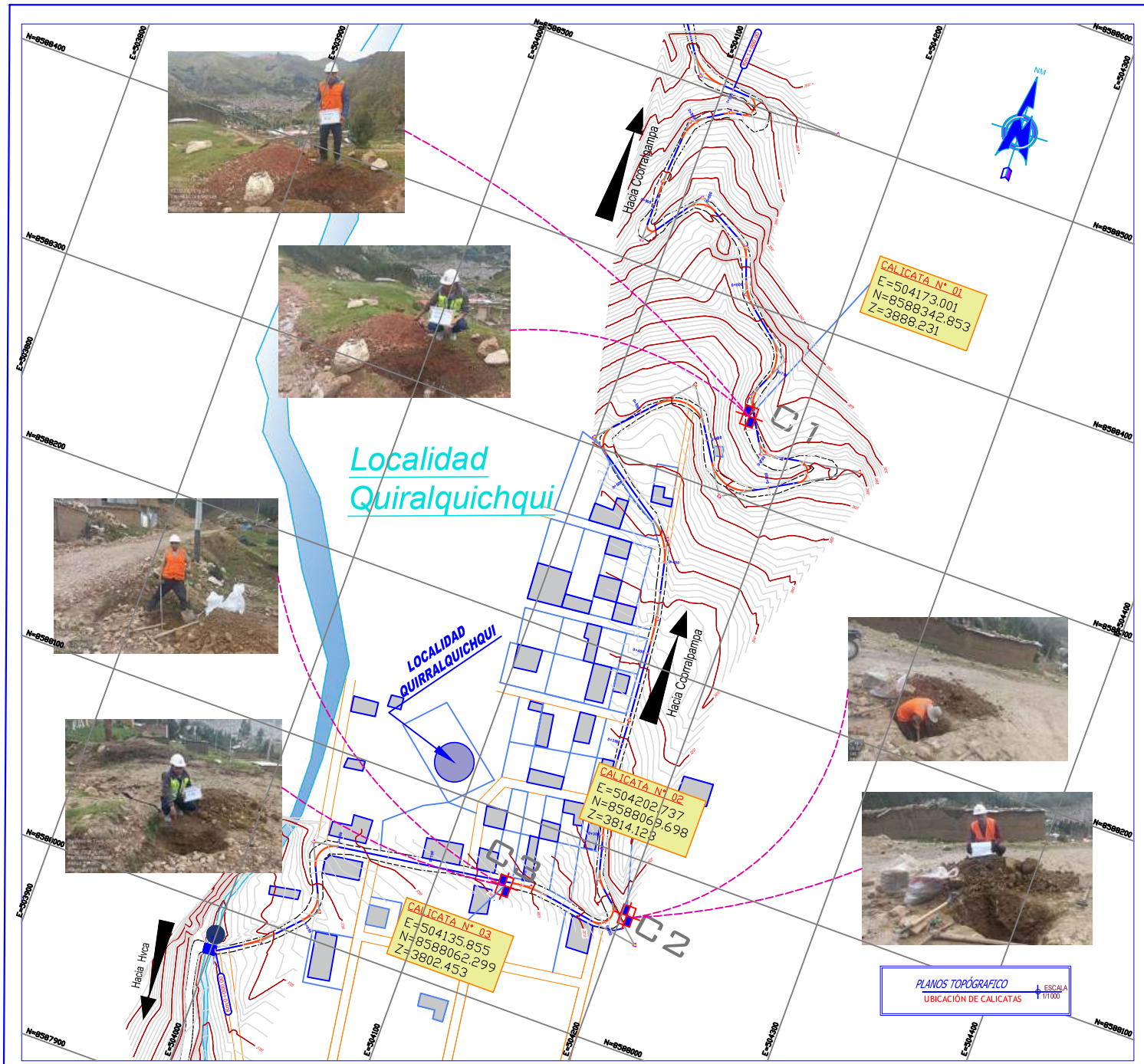
A.3. Planos



LEYENDA USUARIOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CALICATAS
	FUENTES DE AGUA
	LOC. QUIRALQUICHQUI
	PERIMETRO DE VIVIENDA

LEYENDA PLANO GENERAL		
No	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO
01	CURVA PRIMARIAS	
02	CURVA SECUNDARIAS	
03	ALINEAMIENTO	
04	CARRETERA PRINCIPAL	
05	TROCHA CARROZABLE	
06	ARBOL	
07	VIVIENDAS DE LAS LOCALIDADES	
08	PERIMETRO DE VIVIENDA	
09	NORTE MAGNETICO	

250



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUANCAVELICA

TESIS:

"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

TESISTAS:
Heber, ALVARO CCENTE
Roger, GARCIA ALFONZO

DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA

REGION: HUANCAVELICA

DISTRITO: HUANCAVELICA

LUGAR: QUIRALQUICHQUI

NOMBRE DEL PLANO: PLANO TOPÓGRAFICO

CARACTERISTICAS: UBICACION DE CALICATAS

ESCALA: INDICADA

FECHA: NOVIEMBRE - 2025

CODIGO: PT-01

A.4. Constancia de Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAVELICA

ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

EL RESPONSABLE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: ***ALVARO CCENTE, Heber y GARCIA ALFONZO, Roger.*** *bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido satisfactoriamente con el desarrollo de los siguientes ensayos, en laboratorio de* ***Geotecnia I y II.*** *de la EPICH.*

LABORATORIO DE GEOTECNIA I Y II

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	Análisis Granulométrico por Tamizado (suelo global)	3
02	Contenido Humedad	3
03	Limite Liquido	12
04	Limite Plástico	12
05	Proctor Modificado	12
06	Valor Relativo de Soporte C.B.R.	12

Durante el periodo de ejecución comprendido del 12/02/2024 a 12/04/2024, en laboratorio de ***Geotecnia I y II.*** *del proyecto de tesis titulado:* ***"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI – CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024".***

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para fines que estimen por conveniente.

Huancavelica, 16 de julio de 2025

Nº 006-2025

C. c.
Archivo
AP

Firmado digitalmente por HUAMANI BERPA Edwin Edeliza FAU 20166014664 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05.08.2025 11:23:51 -05:00

A.5. Panel fotográfico



(a) Observación para la ubicación de la Calicata N° 01



(b) Observación para la ubicación de la Calicata N° 02



(c) Observación para la ubicación de la Calicata N° 03

Figura A1.

Reconocimiento y identificación del área de estudio.



(a) Calicata N.˚ 01



(b) Calicata N.˚ 02



(c) Calicata N.˚ 03

Figura A2.

Exploración de calicata para toma de muestras de suelo del tramo de estudio.



(a) Pesado de las taras a usarse y peso húmedo de la muestra del suelo.



(b) Secado de muestras de suelo natural en Horno por 24 hrs.



(c) Pesado de la muestra secada.



(d) Pesado de la muestra secada.



(e) Pesado de la muestra secada.

Figura A3.

Procedimiento - ensayo de contenido de humedad natural de las calicatas.



(a) Preparación de la muestra para determinación de Límite Líquido L_L y Limite Plástico L_P.



(b) Colocación de la muestra en el Aparato de Casagrande para Límite Liquido - L_L.



(c) Formación de rollos de 3.2 aprox. de diámetro para Límite Plástico L_P.

Figura A4.

Procedimiento - ensayo de los Límites de Atterberg de las calicatas.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Pesado de la selección de muestras.



(c) Lavado de muestra en malla N.°200.



(d) Secado en Horno por 24 horas.



(e) Selección de tamices a utilizarse.



(f) Uso de tamizador por tiempo de 2 min.



(g) Pesado de muestra retenida en cada tamiz.



(h) Registro de datos obtenidos de la calicata en cada muestra.

Figura A5.

Procedimiento de ensayo de análisis de granulometría - suelo natural de las calicatas.



(a) Madera de origen eucalipto.



(b) Madera de origen eucalipto.



(c) Obtención de ceniza de eucalipto.



(d) Selección de ceniza de eucalipto.



(e) Método de cuarteo para análisis granulométrico.



(f) Uso de tamizador portátil por tiempo de 2 min.



(g) Pesado de ceniza de eucalipto retenida en cada tamiz.



(h) Registro de datos y obtención de ceniza pasante el tamiz N°200.

Figura A6.

Procedimiento de obtención de ceniza de eucalipto.



(a) Selección y preparación de la muestra.



(b) Selección y pesado del molde cilíndrico.



(c) Disposición de muestra en el molde.



(d) Compactación por capas con pisón.



(e) Pesado de la muestra compactada.



(f) Remoción de la muestra del molde.



(g) Determinación de contenido de agua.



(h) Determinación de contenido de agua.



(i) Determinación de contenido de agua.

Figura A7.

Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado de muestra natural de calicatas.



(a) Dosificación y preparación de muestra.



(b) Muestra dosificada.



(c) Selección y pesado del molde cilíndrico.



(d) Compactación por capas con pisón.



(e) Pesado de la muestra compactada.



(f) Remoción de la muestra del molde.



(g) Determinación de contenido de agua.



(h) Determinación de contenido de agua.



(i) Determinación de contenido de agua.

Figura A8.

Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado con adición de ceniza de eucalipto.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Molde C.B.R. y colocación papel filtro.



(c) Compactación de la muestra por capas.



(d) Pesado de la muestra compactada.



(e) Saturación de muestra compactada.



(f) Colocación de trípode y comparador.



(g) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(h) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(i) Equipo de adquisición de datos.

Figura A9.

Procedimiento del ensayo de C.B.R de muestra natural de calicatas.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Preparación de muestra dosificada.



(c) Colocación de papel filtro en el Molde de C.B.R.



(d) Compactación de la muestra con adición de ceniza por capas.



(e) Pesado de muestra compactada con adición de ceniza.



(f) Colocación de trípode y comparador saturación.



(g) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(h) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(i) Equipo de adquisición de datos.

Figura A10.

Procedimiento del ensayo de C.B.R con adición de ceniza de eucalipto.

Firmado digitalmente por AYALA BIZARRO Ivan Arturo FAU 20168014962 soft
Cargo: Director(A) De Escuela Profesional
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.07.2026 09:37:29 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 22 de Julio del 2026

OFICIO N° 000372-2026-UNH/EPICH

Señor (a):
MARCO ANTONIO LOPEZ BARRANTES
DECANO(A)(e)

Presente. -

ASUNTO: **REMITO DOCUMENTO DE ACUERDO AL ART. 17.12 DEL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS, A FIN DE QUE LOS TESISTAS CONTINÚEN SU TRÁMITE PARA SOLICITAR LUGAR, FECHA Y HORA PARA LA SUSTENTACIÓN DE HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCÍA ALFONZO.**

Referencia: INFORME 000011-2026-UNH/DAICH-CGP (21JUL2026)

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted, para saludarlo cordialmente a nombre de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil Huancavelica, al mismo tiempo **REMITO DOCUMENTO DE ACUERDO AL ART. 17.12 DEL REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS, A FIN DE QUE LOS TESISTAS CONTINÚEN SU TRÁMITE PARA SOLICITAR LUGAR, FECHA Y HORA PARA LA SUSTENTACIÓN** de la tesis titulada: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL DE SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI – CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA – 2024",** presentado por los bachilleres **HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCÍA ALFONZO.**

Hago propicia la oportunidad para expresarle el testimonio de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

IVAN ARTURO AYALA BIZARRO
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

IAB/cca
cc.:

N° Expediente: 2026-0017083

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: **https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do**
Código de Verificación: **R2RF9YP**

www.unh.edu.pe *Jr. Victoria Garma N° 330 y Jr. Hipólito Unanue N° 209.*
Local Central - Huancavelica

Firmado digitalmente por CABALLERO SANCHEZ Omar FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.07.2026 16:01:08 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 21 de Julio del 2026

INFORME N° 000003-2026-UNH/DAICH-OCS

A: **IVAN ARTURO AYALA BIZARRO**
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

ASUNTO: **INFORME DE APROBACION Y PASE A SUSTENTACION..**

Referencia: MEMORANDO MULTIPLE 000072-2026-UNH/EPICH (6JUL2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 21 de Julio de 2026

Es grato dirigirme a usted, en mi calidad de docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de Huancavelica (EPIC-Hvca.) y miembro del jurado evaluador de la tesis titulada: **"Estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024"**, con la finalidad de remitir el **Informe Final de Aprobación** de la referida investigación, presentada por los bachilleres **Heber Alvaro Ccente** y **Roger García Alfonzo**.

Al respecto, cumplo con informar que, luego de la evaluación correspondiente, la tesis obtuvo un **puntaje total de 120 puntos**, de acuerdo con la ficha de evaluación que se adjunta al presente informe; en consecuencia, se declara **APROBADA**, para los fines académicos y administrativos que correspondan.

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

OMAR CABALLERO SANCHEZ
JURADO PRESIDENTE
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

OCS
cc.:

N° Expediente: 2026-0017083

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: **https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do**
Código de Verificación: **VOTSLMW**

www.unh.edu.pe
Jr. Victoria Garma N° 330 y
Jr. Hipólito Unanue N° 209.
Local Central - Huancavelica

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

Firmado digitalmente por AYALA BIZARRO Ivan Arturo FAU 20168014962 soft
Cargo: Director(A) De Escuela Profesional
Motivo: Soy el autor del documento

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

PROVEIDO 000782-2026-UNH/EPICH

FECHA
21/07/2026

EXPEDIENTE : **2026-0017083**

ASUNTO: REMITO INFORME FINAL PARA REVISIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS DE LOS BACHILLERES Heber Alvaro Ccente y Roger García Alfonzo. DE ACUERDO AL REGLAMENTO DE GRADOS Y TITULOS INCISO 17.12 El asesor devuelve al director de la Escuela Profesional el informe final de tesis junto con el reporte de Similitud completo, con un porcentaje igual o menor al treinta por ciento (30%) de coincidencia

Atender en 0 días

REFERENCIA : INFORME Nº 000003-2026-DAICH-OCS INFORME DE APROBACION Y PASE A SUSTENTACION.

DEPENDENCIA DESTINO	TRAMITE	PRIORIDAD	INDICACIONES
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA GASPAR PACO CARLOS	ATENDER	NORMAL	

AYALA BIZARRO IVAN ARTURO

DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL-HUANCAVELICA

TESIS

"Estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTADO POR:

Heber Alvaro Ccente

Roger García Alfonzo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAVELICA, PERÚ

2026

Título

"Estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

Autor

Heber Alvaro Ccente
Roger García Alfonzo

Asesor

Ing. Carlos Gaspar Paco

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3594-0815

DNI: 23261897

Dedicatoria

A Dios por la vida, por guiar mis pasos y brindarme fortaleza en cada etapa de este camino
A mis padres, Dionisio y Teresa, por su sacrificio, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas y acompañarme en cada momento de mi formación universitaria.
A Analy chanco, por guiarme y apoyarme en mi formación como futuro profesional de éxito.

ALVARO CCENTE, Heber

A mis padres, Teodora María y Feliciano por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional. Asimismo, a mis hermanos (as) Angel, Jaime, Karina, Saul, Norma y Dina por apoyarme en todo momento.
GARCÍA ALFONZO, Roger

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por sus bendiciones en el día a día, por cuidarnos y guiarnos en este buen camino, por darnos salud, brindarnos la fuerza y sabiduría para salir adelante y cumplir nuestros objetivos.

A Ing. Carlos Paco, por su apoyo y motivación en el desarrollo de esta tesis como asesor.

Agradecemos a nuestros padres y hermanos (as) por sus muestras de apoyo y por estar con nosotros en cada momento.

Agradecemos a los docentes de la Universidad Nacional de Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, por su contribución en nuestra formación académica y profesional.

Tabla de Contenidos

Portada I

Acta de sustentación I

Certificado de Similitud I

Título II

Autor III

Asesor IV

Dedicatoria V

Agradecimiento VI

Tabla de Contenidos XI

Tabla de contenidos de Cuadros XIII

Tabla de contenidos de Figuras XV

Resumen XVI

Abstract XVII

Introducción XVIII

CAPÍTULO I **22**

1 EL PROBLEMA **22**

1.1 Planteamiento del problema 22

1.2 Formulación del problema . . . 24
1.2.1 Problema general . . . 24
1.2.2 Problemas específicos . . . 24
1.3 Objetivos: . . . 24
1.3.1 Objetivo general . . . 24
1.3.2 Objetivos específicos . . . 25
1.4 Justificación . . . 25
1.4.1 Justificación Práctica . . . 26
1.4.2 Justificación Metodológica . . . 26

2 MARCO TEÓRICO **27**

2.1 Antecedentes . . . 27
2.1.1 Internacional . . . 27
2.1.2 Nacional . . . 28
2.1.3 Local . . . 31
2.2 Bases teóricas . . . 31
2.2.1 Suelos Expansivos . . . 31
2.2.2 Estructura de Arcilla . . . 31
2.2.3 Estabilización de Suelos Arcillosos . . . 33
2.2.4 Subrasante . . . 33
2.2.5 Ceniza . . . 34
2.2.5.1 Ceniza de Eucalipto . . . 34
2.2.6 Suelo . . . 37
2.2.7 Clasificación de Suelos . . . 38
2.2.7.1 Sistema SUCS . . . 39
2.2.7.2 Sistema AASHTO . . . 40
2.2.8 Análisis granulométrico . . . 41
2.2.9 Límites de Consistencia . . . 42
2.2.10 Ensayo de Proctor Modificado . . . 44
2.2.11 Ensayo California Bearing Ratio (CBR) . . . 47
2.3 Definición de términos . . . 49
2.4 Hipótesis . . . 50

2.4.1 Hipótesis general 50
2.4.2 Hipótesis específicas: 51
2.5 Variables 51
2.5.1 Variables Independientes 51
2.5.2 Variables Dependientes 51
2.6 Operacionalización de variables 51

3 METODOLOGÍA **53**
3.1 Ámbito espacial y temporal 53
3.1.1 Ámbito Espacial 53
3.1.2 Ámbito Temporal 56
3.2 Métodos de investigación 56
3.2.1 Tipo de investigación 56
3.2.2 Nivel de investigación 56
3.2.3 Diseño de investigación 57
3.3 Población, muestra y muestreo 57
3.3.1 Población 57
3.3.2 Muestra 58
3.3.3 Muestreo 58
3.4 Técnicas, instrumentos y procedimientos para recolección de datos 59
3.4.1 Técnicas 59
3.4.2 Instrumentos 60
3.4.2.1 Validez 61
3.4.2.2 Confiabilidad 61
3.5 Técnicas de procesamiento de análisis de datos 61
3.5.1 Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos 61
3.5.2 Precesamiento de Datos 61

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN **63**
4.1 Presentación y análisis de resultados 63
4.1.1 Obtención de las muestras 63
4.1.2 Exploracion de calicatas 63

4.1.3 Obtención de cenizas de eucalipto 64
4.1.4 Contenido de Humedad ASTM D-2216 65
4.1.4.1 Objetivo 65
4.1.4.2 Norma de referencia 66
4.1.4.3 Equipos y Materiales 66
4.1.4.4 Ejecución del ensayo 66
4.1.4.5 Resultados del ensayo 67
4.1.5 Análisis granulométrico 68
4.1.5.1 Objetivo 68
4.1.5.2 Norma de Referencia 68
4.1.5.3 Equipos y Materiales 69
4.1.5.4 Procedimiento del Ensayo 69
4.1.5.5 Resultados del ensayo 70
4.1.6 Ensayo de Límite de consistencia 76
4.1.6.1 Objetivo 76
4.1.6.2 Norma de Referencia 76
4.1.6.3 Equipos y Materiales 76
4.1.6.4 Procedimiento del Ensayo 77
4.1.6.5 Resultados del ensayo 79
4.1.7 Proctor Modificado 84
4.1.7.1 Objetivo 84
4.1.7.2 Norma de Referencia 85
4.1.7.3 Equipos y Materiales 85
4.1.7.4 Procedimiento del Ensayo 85
4.1.7.5 Resultados del ensayo 86
4.1.8 Ensayo de CBR 91
4.1.8.1 Objetivo 91
4.1.8.2 Norma de Referencia 91
4.1.8.3 Equipos y Materiales 92
4.1.8.4 Procedimiento del Ensayo 92
4.1.8.5 Resultados del ensayo 93

4.2 Prueba de hipótesis 99
4.2.1 Hipótesis especifica 01 99
4.2.2 Hipótesis especifica 02 102
4.2.3 Hipótesis especifica 03 104
4.3 Discusión de los resultados 107

Conclusiones **109**

Recomendaciones **110**

Referencias **111**

Anexos **115**
A.1. Matriz de consistencia 116
A.2. Ensayos de laboratorio 118
A.3. Planos 249
A.4. Constancia de Laboratorio 251
A.5. Panel fotográfico 253

Tabla de contenidos de Cuadros

Tabla 1 Categorías de la Subrasante 34
Tabla 2 Clasificación según sus propiedades físicas 35
Tabla 3 Clasificación según la taxonomía del eucalipto 36
Tabla 4 Componentes químicos de las cenizas de eucalipto 37
Tabla 5 Clasificación de suelos AASHTO – SUCS 39
Tabla 6 Clasificación de suelos según el tamaño de partículas 42
Tabla 7 Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad 44
Tabla 8 Relación con la presión y penetración 48
Tabla 9 Operacionalización de variables 52
Tabla 10 Ubicación Geográfica - localidad Quiralquichqui. 55
Tabla 11 Ubicacion de la Calicatas 64
Tabla 12 Resultados de contenido de humedad 68
Tabla 13 Analisis granulometrico de la Calicata - 01 71
Tabla 14 Análisis de granulometría de la Calicata - 02 72
Tabla 15 Análisis de granulometría de la Calicata - 03 74
Tabla 16 Clasificación de suelos de la $C_0$1, C_2 y C_3 75
Tabla 17 Límite de consistencia - Calicata - 01 79
Tabla 18 Límite de consistencia - Calicata - 02 81
Tabla 19 Límite de consistencia - Calicata - 03 82
Tabla 20 Resumen de ensayo de Límite de Consistencia de la C-01,C-02 y C-03 83
Tabla 21 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-01. 87

Tabla 22 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-02. 88
Tabla 23 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-03. 89
Tabla 24 Resumen de ensayo - Proctor Modificado de la C_1, C_2 y C_3 . 90
Tabla 25 Ensayo de CBR de la C-01. 94
Tabla 26 Ensayo de CBR de la C-02. 95
Tabla 27 Ensayo de CBR de la C-03. 96
Tabla 28 Resumen de Ensayo de CBR de la C-01,C-02 y C-03. 98
Tabla 29 Valores de Índice de plasticidad 100
Tabla 30 Estadística descriptiva de Índice de plasticidad 100
Tabla 31 Valores de Máxima densidad seca 102
Tabla 32 Estadística descriptiva de Máxima densidad seca 103
Tabla 33 Valores de CBR al 95 % de las muestras 105
Tabla 34 Estadística descriptiva de CBR al 95 % 105

Tabla de contenidos de Figuras

Figura 1 Carrtera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa 23

Figura 2 Diagrama de las estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita. 32

Figura 3 Ceniza de Eucalipto 35

Figura 4 Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS 40

Figura 5 Clasificación de los Suelos según sistema AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282 41

Figura 6 Límites de Atterberg 43

Figura 7 Recipiente cilíndrico de 6.0 pulg para el ensayo de Proctor modificado. 45

Figura 8 Corrección de las curvas presión – penetración. 48

Figura 9 Mapa de ubicación y localización 54

Figura 10 Vista Panorámica localidad de Quiralquichqui. 55

Figura 11 Excavación de Calicatas 64

Figura 12 Obtención de Cenizas de Eucalipto 65

Figura 13 Las muestras para el ensayo de contenido de humedad . . . 67

Figura 14 Las muestras para ensayo - contenido de humedad 70

Figura 15 Gráfica granulométrica de la Calicata - 01 71

Figura 16 Gráfica granulométrica de la Calicata - 02 73

Figura 17 Gráfica granulométrica de la Calicata - 03 74

Figura 18 Curvas granulométricas de las Calicatas 75

Figura 19 Resultados de límites de consistencia - Calicata C_1 80

Figura 20 Resultados de límites de consistencia de la C-02 81

Figura 21 Resultados de límites de consistencia - Calicata-03 82
Figura 22 Resultados - Indice de Plasticidad 84
Figura 23 Resultados - Proctor Modificado de la C-01 87
Figura 24 Resultados - Proctor Modificado de la C-02 88
Figura 25 Resultados - Proctor Modificado de la C-03 89
Figura 26 Resultados de variación de Densidad Máxima Seca 91
Figura 27 Resultados del ensayo C.B.R de la C-01 94
Figura 28 Resultados del ensayo C.B.R de la C-02 95
Figura 29 Resultados del ensayo C.B.R de la C-03 97
Figura 30 Resumen de ensayo de CBR al 95 98
Figura 31 Resultados gráficos de Índice de plasticidad. 101
Figura 32 Resultados gráficos de la máxima densidad seca. 103
Figura 33 Resultados gráficos del CBR al 95 % de la MDS. 106
Figura A1 Reconocimiento y identificación del área de estudio. 254
Figura A2 Exploración de calicata para toma de muestras de suelo del tramo de estudio. 255
Figura A3 Procedimiento - ensayo de contenido de humedad natural de las calicatas. 256
Figura A4 Procedimiento - ensayo de los Límites de Atterberg de las calicatas. 257
Figura A5 Procedimiento de ensayo de análisis de granulometría - suelo natural de las calicatas. 258
Figura A6 Procedimiento de obtención de ceniza de eucalipto. 259
Figura A7 Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado de muestra natural de calicatas. 260
Figura A8 Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado con adición de ceniza de eucalipto. 261
Figura A9 Procedimiento del ensayo de C.B.R de muestra natural de calicatas. 262
Figura A10 Procedimiento del ensayo de C.B.R con adición de ceniza de eucalipto. 263

Resumen

En el presente estudio se analiza la influencia de cenizas de eucalipto para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui- Corral Pampa, Huancavelica. La investigación realizada es de tipo aplicada, con un nivel explicativo y un diseño cuasi experimental.

Para el desarrollo del estudio se realizaron ensayos especializados en laboratorio con muestras de suelo natural y suelo estabilizado con ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 %. La muestra del suelo natural presentó IP alto, con un índice de plasticidad (IP) de 17.77 %, la cual disminuyó en IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 % con la adición de ceniza de eucalipto. La máxima densidad seca (MDS) aumentó significativamente con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para la muestra del suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3 y al agregar en 8 %, 14 % y 22 % aumento en MDS = 1.905 g/cm^3, MDS = 2.013 g/cm^3 y MDS = 1.850 g/cm^3. Asimismo, el CBR al 95 % para la muestra natural fue de 4.46 %, clasificándose como subrasante pobre; sin embargo, al adicionar ceniza de eucalipto, la resistencia se incrementó notablemente, alcanzando valores de CBR de 15.59 %, 52.93 % y 46.04 %, el mayor valor de CBR (52.93 %) fue obtenido con la adición de 14 % de ceniza de eucalipto. En conclusión, la ceniza de eucalipto mejora la resistencia del suelo reduciendo la plasticidad, incrementando la máxima densidad seca.

Palabras clave: California Bearing Ratio (CBR), Proctor modificado, Limite de Consistencia y Ceniza de Eucalipto.

Abstract

This study analyzes the influence of eucalyptus ash to improve the physical and mechanical properties of expansive soils at subgrade level on the Quiralquichqui-Corral Pampa road, Huancavelica. The research carried out is of an applied type, with an explanatory level and a quasi-experimental design.

For the development of the study, specialized laboratory tests were carried out with samples of natural soil and soil stabilized with eucalyptus ash in proportions of 8 %, 14 % and 22 %. The natural soil sample presented high IP, with a plasticity index (IP) of 17.77 %, which decreased in IP=12.86 %, IP=10.61 % and IP=5.97 % with the addition of eucalyptus ash. The maximum dry density (MDS) increased significantly with the incorporation of eucalyptus ash, reaching for the natural soil sample a value of MDS = 1.835 g/cm3 and when adding in 8 %, 14 % and 22 % increase in MDS = 1.905 g/cm3, MDS = 2.013 g/cm3 and MDS = 1.850 g/cm3. Also, the 95 % CBR for the natural sample was 4.46 %, being classified as poor subgrade; however, by adding eucalyptus ash, the resistance was markedly increased, reaching CBR values of 15.59 %, 52.93 % and 46.04 %, the highest CBR value (52.93 %) was obtained with the addition of 14 % eucalyptus ash. In conclusion, eucalyptus ash improves soil resistance by reducing plasticity, increasing the maximum dry density.

Keywords: California Bearing Ratio (CBR), Modified Proctor, Consistency Limit and Eucalyptus Ash.

Introducción

Los suelos expansivos presentan uno de los principales problemas geotécnicos en la infraestructura vial, ya que experimentan variaciones volumétricas frente a la presencia de agua, en caso de que al nivel de la subrasante se haya determinado la existencia de propiedades físicas propias de suelos expansivos, se priorizará su estabilización según MTC (2014).

Una alternativa de solución consiste en mejorar el comportamiento mecánico y volumétrico de estos materiales cuando conforman la subrasante, mediante su estabilización con productos adicionados. Entre estos, las cenizas destacan como un material fino compuesto por silicatos, aluminio, cal libre y diversos óxidos, que favorecen reacciones puzolánicas con el suelo. Estas reacciones mejoran significativamente la resistencia del suelo. De esta manera, es posible evitar el uso de material de préstamo, cuyo costo suele ser elevado.

Por lo cual, se tuvo como objetivo analizar los efectos que producen las cenizas de eucalipto en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Quiralquichqui-Corralpampa, Huancavelica, las cuales presentan suelos arcillosos o expansivos. En ese sentido, se evaluó la ceniza de eucalipto con porcentajes adecuados mediante ensayos en laboratorio, analizando parámetros como los límites de consistencia, el CBR, la expansión y la compactación. Con los resultados alcanzados se determina la dosificación adecuada y la eficiencia de este material como alternativa sostenible para mejorar las propiedades geotecnicas del suelo.

En el proyecto se involucran ensayos en laboratorio como la determinación del CBR que ayudará a comprobar el grado de variación del volumen del suelo que se encuentran en el sector, obtención de los límites de Atterberg, límites

de contracción. Se usó varias muestras de mezclas estabilizadoras con diferentes dosificaciones para evaluar su plasticidad, además de ensayos de laboratorio que respalden resultados para realizar el análisis comparativo pertinente con la incorporación de las cenizas de Eucalipto. Se realiza el ensayo de Proctor Modificado y CBR al porcentaje óptimo de ceniza de eucalipto para comprobar el porcentaje de expansión que cada elemento controla en la subrasante.

La variación en las propiedades del suelo, una vez que se haya realizado la estabilización con cenizas de eucalipto así como también la determinación del porcentaje optimo requerido de estabilizante para lograr la disminución del potencial de expansión o contracción del material en el área de estudio.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

En muchos casos los suelos en el sitio propuesto para una estructura pueden ser expansivos y colapsables. Estos suelos pueden extenderse a una gran profundidad. Los suelos expansivos se hinchan y se contraen a medida que aumenta y disminuye el contenido de humedad Braja (2012). Asimismo, los suelos expansivos son suelos que están formados por partículas inferiores a la malla #200 y además presentan un índice de plasticidad de 11 o más Juárez y Rico (2005).

La naturaleza general de los suelos expansivos, está compuesta por arcillas plásticas se hinchan considerablemente cuando se agrega agua y luego se contraen cuando pierden el agua Braja (2012). Las infraestructuras construidas sobre ese tipo de arcillas están sujetas a grandes fuerzas de levantamiento ocasionadas por la expansión y esto genera el deterioro de la obra.

En ese contexto, los suelos arcillosos presentan fallas principalmente por la expansión ocasionada por la variación de la humedad. Asimismo, la ocurrencia de precipitaciones en la zona de estudio favorece la infiltración y acumulación de agua en el suelo como consecuencia de la escorrentía superficial, incrementando el contenido de humedad y, por ende, la susceptibilidad del terreno a deformaciones y pérdida de capacidad de soporte.

En tanto, una de las dificultades que se presentan al ejecutar una construcción son los suelos expansivos, por sus propiedades físicas - mecánicas negativas y por sus características de baja capacidad de soporte que presenta el suelo, lo que conlleva a mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos, mediante la estabilización química o mecánica así obtener parámetros adecuados para su utilización. Según MTC (2014) las directrices establecidos, se considera un material inadecuada y insuficiente subrasante cuando el CBR es $< 6\,\%$.

Estudios revelan que una de las formas de estabilización con productos naturales es la ceniza; Guillermo Ayala y Durán (2019), sostiene que, al incorporar cenizas, derivados de la combustión de la madera, incrementa significativamente la resistencia del suelo arcilloso, elevando el CBR desde un $2.2\,\%$ inicial hasta un $9.5\,\%$. por otra parte Hussein Karim y Nsaif (2018), refiere que las cenizas poseen la capacidad de desempeñar el papel de un asequible y viable estabilizador en la construcción de carreteras, contribuyendo a la mejora sustancial de diversas propiedades geotécnicas presentes en suelos arcillosos.

Con el propósito de determinar el impacto de la incorporación de la ceniza de eucalipto en la mejora del comportamiento del suelo arcilloso en la carretera quirallquichqui - ccorralpampa tal como se evidencia en la figura 1. Por lo tanto, el mejoramiento mediante estabilización de subrasante, considerando que el suelo identificado es expansivo, con lo cual se busca extender el periodo de la vía.

Figura 1.

Carrtera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa



Fuente: Elaboración propia.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?
- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?
- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.
- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.
- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

1.4. Justificación

La vía de interconexión es primordial para el desarrollo regional; sin embargo, muchas vías presentan deterioro prematuro debido a las deficientes propiedades de los suelos arcillosos. Ante esta problemática, es necesario mejorar las propiedades mecánicas de los suelos.

La carreteras se ve afectada por las deformaciones, asentamientos y fallos estructurales debido alta plasticidad de los suelos arcillosos y su potencial de expansión y contracción M. Quispe (2024).

Las vías presentan daños estructurales que afectan su desempeño y durabilidad, lo que evidencia la necesidad de analizar adecuadamente las características de los suelos provenientes de las canteras de la zona. En este contexto, la ingeniería de ha incorporado avances técnicos orientados al uso de estabilizadores químicos en la construcción vial, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas del material, optimizar su comportamiento estructural. Gonzales (2018).

1.4.1. Justificación Práctica

Este informe tiene como propósito analizar el comportamiento de la ceniza de eucalipto en la subrasante de la carretera Quiralquicqui-Ccoralpampa. Se realizarán ensayos para el análisis de mejora en las propiedades de la subrasante. Además, se estudiará el aporte estructural de la ceniza de Eucalipto.

1.4.2. Justificación Metodológica

Los ensayos demostraron un buen comportamiento estructural en la estabilización de suelos, lo que facilitará su aplicación en futuras obras y mejorará los procesos constructivos.

Dentro de las alternativas para mejoramiento del suelo expansivo se plantea el uso de ceniza de eucalipto. El cual se genera mayormente en la industria de panaderías. Por lo tanto, se propone la alternativa del uso y aprovechamiento de la ceniza proveniente de eucalipto y analizar la eficiencia en la estabilización de los suelos expansivos.

Según Dabou (2021) demuestran que la ceniza de madera de eucalipto puede reemplazar al cemento, mejorando la resistencia del suelo y reduciendo el uso de estabilizantes convencionales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

Cañar (2017), en su investigación titulada "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón". Tuvo como finalidad evaluar la estabilización de suelos con diferentes características mediante la adición de ceniza de carbón, así como determinar su influencia en la capacidad de soporte y la resistencia al corte a través de ensayos de laboratorio.

Para la evaluación de la capacidad de soporte (CBR), se realizó previamente el ensayo de compactación Proctor Modificado, con el que se obtuvo la densidad máxima seca y el contenido óptimo de humedad. Posteriormente, se ensayaron mezclas con incorporaciones de ceniza de carbón del 20 %, 23 % y 25 %. Los resultados evidenciaron que la adición del 25 % de ceniza produjo el mayor grado de compactación del suelo, incrementando la capacidad de soporte (CBR) y mejorando la resistencia al corte.

Morales (2015), en su investigación titulada "Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas". Tuvo como propósito analizar el comportamiento mecánico

de las cenizas de carbón como material estabilizante de suelos y determinar su capacidad para soportar las cargas generadas por el tránsito vehicular.

Para ello, evaluó el desempeño de una ceniza de carbón activada alcalinamente en diferentes tipos de suelo mediante el ensayo de resistencia a la compresión no confinada (UCS) y los ensayos Proctor Modificado y UCS realizados en muestras de arcilla, arenilla y un suelo representativo. Las mezclas incorporaron ceniza de carbón en proporciones de 7 %, 14 % y 21 %. Como resultado, se observó que el contenido óptimo de humedad del 95 % fue de 14 % para la ceniza de carbón y de 7 % para la humedad ambiental

2.1.2. Nacional

M. Quispe (2024), en su tesis titulado *"Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de la ciudad de Juliaca provincia de San Román región Puno"*. Tuvo como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de eucalipto en el mejoramiento de la subrasante de la avenida Tasa, en la ciudad de Juliaca.

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño cuasiexperimental, los cuales se comparó el comportamiento del suelo natural con mezclas que incorporaban 4 %, 8 % y 12 % de ceniza de eucalipto, mediante ensayos de laboratorio orientados a determinar sus propiedades físicas y mecánicas. Los resultados mostraron que el índice de plasticidad disminuyó de 18.76 % a 14.97 %, 11.18 % y 6.28 %, mientras que la capacidad de soporte (CBR) se incrementó de 6.01 % a 7.02 %, 7.38 % y 8.06 % conforme aumentó el contenido de ceniza. En conclusión, se comprobó que la incorporación de ceniza de eucalipto mejora significativamente las propiedades geotécnicas del suelo, al reducir la plasticidad y aumentar la capacidad portante, constituyendo una alternativa viable para la estabilización de subrasantes en proyectos de infraestructura vial.

Labajos y Núñez (2020), en su articulo de investigación titulado *"Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada"*. Tuvo

como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de carbón, obtenida como subproducto de la combustión de carbón mineral y vegetal en una industria ladrillera de Chachapoyas, sobre las propiedades geotécnicas de un suelo arcilloso para su aplicación como subrasante.

La investigación comprendió la caracterización del suelo natural mediante ensayos de contenido de humedad, granulometría, límites de Atterberg, Proctor Estándar y CBR. Posteriormente, se analizaron mezclas con 15 %, 20 % y 25 % de ceniza de carbón para evaluar su efecto en la plasticidad, compactación y capacidad de soporte. Los resultados evidenciaron que el CBR aumentó conforme se incrementó el porcentaje de ceniza incorporada; sin embargo, aunque se observaron mejoras en las propiedades mecánicas de los suelos CH y OH, las dosificaciones evaluadas no permitieron cumplir con las especificaciones establecidas en el Manual de Carreteras para clasificarlos como subrasantes mejoradas.

Gonzales (2018). "Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno". Tuvo como propósito evaluar el efecto de la incorporación de ceniza volante, cemento y cal en el mejoramiento de las propiedades geotécnicas del suelo para su utilización como subrasante. La metodología consideró diferentes dosificaciones de ceniza volante (6 %, 16 % y 26 %), complementadas con 3 % de cemento para incrementar la resistencia y 1 % de cal para reducir la plasticidad. Para la caracterización y evaluación del comportamiento del suelo se realizaron ensayos de contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, clasificación SUCS y AASHTO, Proctor Modificado y CBR, conforme a las normas ASTM y las especificaciones del MTC. Los resultados demostraron que la mezcla compuesta por 26 % de ceniza volante, 3 % de cemento y 1 % de cal presentó el mejor desempeño, incrementando el CBR de 46.10 % a 97.20 %, lo que evidenció una mejora significativa en la resistencia del suelo y su aptitud para emplearse como subrasante y subbase mejorada en pavimentos.

Jara (2024)."Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín), en su comportamiento mecánico-deformacional para el mejoramiento

de la subrasante, de las vías de la urbanización las Gardenias de la ciudad de Juliaca". Tuvo como objetivo evaluar la influencia de la ceniza de madera en el comportamiento mecánico-deformacional de suelos arcillosos.

La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, y analizó mezclas con 5 %, 12 %, 18 % y 25 % de ceniza. Los resultados evidenciaron una disminución de la plasticidad en 31 %, un incremento del CBR de 3.36 % a 17.26 % y una reducción de la deformación, concluyendo que la ceniza de madera constituye un material estabilizante económicamente viable.

Villanueva (2023)."Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación". Tuvo como objetivo evaluar la ceniza de carbón obtenida de ladrilleras de La Victoria para su uso en la estabilización de suelos arcillosos.

La investigación adoptó un enfoque cuantitativo con un diseño cuasiexperimental para evaluar la influencia de la ceniza de carbón en el mejoramiento físico-mecánico de un suelo natural. Se incorporó ceniza en proporciones de 5 %, 10 %, 15 % y 20 %, evaluando su comportamiento mediante los ensayos de Proctor Modificado y CBR. Los resultados mostraron que la adición de 10 % de ceniza proporcionó el mejor desempeño, alcanzando un CBR de 95 %, una densidad máxima seca de 1.688 g/cm^3 y un contenido de humedad óptimo de 14.77 %. En conclusión, se determinó que la ceniza de carbón constituye una alternativa eficaz para la estabilización de suelos arcillosos y su aplicación en obras viales.

Mallqui (2021)."Aplicación de las cenizas de madera producto de las ladrilleras artesanales en el compactado de zanjas en el distrito de pillcomarca – huánuco 2021". La investigación tuvo como objetivo evaluar el grado de compactación de un suelo mediante la incorporación de ceniza de madera, proveniente de ladrilleras artesanales del distrito de Pilcomarca.

Se comparó el comportamiento del suelo natural con mezclas que contenían 5 %, 10 % y 15 % de ceniza, mediante ensayos de compactación. Los resultados evidenciaron que la adición de ceniza mejoró el grado de compactación del suelo

utilizado como relleno de zanjas y permitió cumplir con los requisitos establecidos en la norma ASTM D1556, demostrando la viabilidad de este material como alternativa de estabilización.

2.1.3. Local

V. Quispe y Romero (2023). "Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera Colcabamba". Tuvieron como objetivo evaluar las propiedades físicas y mecánicas de materiales granulares estabilizados con Megasol y cemento.

La investigación fue de tipo aplicada, con nivel explicativo y diseño cuasiexperimental. Se emplearon dosificaciones de 0.12 g de Megasol y 0.5 %, 0.75 % y 1 % de cemento, evaluándose mediante ensayos de límites de consistencia y CBR. Los resultados evidenciaron una disminución del índice de plasticidad y un incremento significativo del CBR, alcanzando valores entre 153 % y 169 %, concluyendo que la combinación de Megasol y cemento mejora las propiedades geotécnicas del material para su uso como base de pavimentos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelos Expansivos

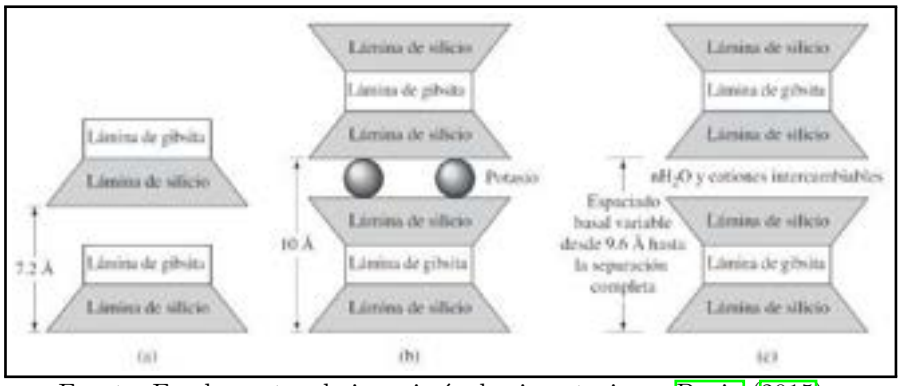
Según Braja (2012), los suelos expansivos son suelos arcillosos que experimentan cambios significativos de volumen debido a las variaciones en su contenido de humedad, expandiéndose al absorber agua y contrayéndose al secarse. este comportamiento atribuido principalmente a la presencia de minerales arcillosos expansivos, lo que representa un riesgo para la estabilidad de cimentaciones y pavimentos.

2.2.2. Estructura de Arcilla

Las arcillas están formadas principalmente por silicatos de aluminio hidratados y en algunos casos, por silicatos de magnesio, hierro u otros metales. Estos minerales poseen una estructura cristalina organizada en láminas, característica que influye directamente en el comportamiento físico y mecánico de los suelos Juárez y Rico (2005), tal como se evidencia en la figura 2.

Figura 2.

Diagrama de las estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita.



Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Braja (2015)

- **Caolinitas:**

  Las arcillas caoliníticas están constituidas por la superposición de una lámina silícica y una lámina alumínica. La fuerte unión entre sus retículas estructurales impide la infiltración de moléculas de agua en su interior; por ello, presentan una estabilidad relativa frente a la acción del agua Juárez y Rico (2005).

- **Montmorillonitas:**

  Están constituidas por una lámina alumínica intercalada entre dos láminas silícicas, las cuales se superponen de manera indefinida. En este caso, la unión entre las retículas del mineral es débil, lo que permite la penetración de moléculas de agua en su estructura con relativa facilidad, debido a las fuerzas eléctricas originadas por su naturaleza dipolar Juárez y Rico (2005).

- **Ilitas:** Las arcillas ilíticas poseen una estructura similar a la de las montmorillonitas; no obstante, su configuración interna evidencia una tendencia a la formación de agregados, disminuyendo el área específica expuesta al agua por unidad de volumen. Como resultado, presentan menor potencial de expansión y, en términos generales, un comportamiento mecánico más favorable desde el punto de vista ingenieril Juárez y Rico (2005).

2.2.3. Estabilización de Suelos Arcillosos

Según MTC (2014), la estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante procedimientos mecánicos y la incorporación de agentes estabilizantes naturales o sintéticos, con el objetivo de garantizar la resistencia y durabilidad del suelo en el tiempo. Su aplicación es común en subrasantes inadecuadas, empleándose técnicas como suelo–cemento, suelo–cal y suelo–asfalto; mientras que, en el caso de subbases o bases granulares tratadas, el material resultante se denomina material granular tratado.

Criterios geotécnicos:

- Se consideran aptos para subrasante suelos con CBR $\geq 6\,\%$. Cuando este valor es inferior (sub rasante inadecuada o sub rasante insuficiente), o se presentan áreas húmedas o zonas blandas, se deberá realizar un análisis especial para definir las medidas de estabilización, mejoramiento o reemplazo del suelo.
- Para definir el tipo de estabilización de suelo, es importante identificar las condiciones del suelo, presentan en el área de estudio las arcillas, los limos y arenas limosas o arcillosas.

2.2.4. Subrasante

De acuerdo a MTC (2014), la subrasante se define como la superficie terminada a nivel de movimiento de tierras, es decir, corte y relleno, en la cual se sentará

la estructura del pavimento o afirmado. Así como la clasificación de subrasante establecida según se observa la tabla 1.

Tabla 1.

Categorías de la Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S_0 : Sub rasante Inadecuada	CBR $< 3\,\%$
S_1: Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq 3\,\%$ a CBR $< 6\,\%$
S_2 : Sub rasante Regular	De CBR $\geq 6\,\%$ a CBR $< 10\,\%$
S_3 : Sub rasante Buena	De CBR $\geq 10\,\%$ a CBR $< 20\,\%$
S_4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR $\geq 20\,\%$ a CBR $< 30\,\%$
S_5 : Sub rasante Excelente	CBR $\geq 30\,\%$

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de la subrasante se realiza mediante la exploración de calicatas de 1.5 m de profundidad. Se establecen calicatas por kilómetro como mínimo, según el manual de carreteras.

2.2.5. Ceniza

Las cenizas son un subproducto de la combustión de carbón pulverizado, compuesto principalmente por sílice, alúmina y óxidos minerales. Debido a su carácter puzolánico, reaccionan con la cal hidratada formando compuestos cementantes, lo que las convierte en un material adecuado para la estabilización de bases y sub bases de carreterasBraja (2015).

2.2.5.1. Ceniza de Eucalipto

La ceniza de eucalipto (ver figura 3) es un residuo inorgánico obtenido de la combustión de la madera de eucalipto, considerada una biomasa leñosa utilizada como fuente de bioenergía. Su composición mineral, rica en óxidos como sílice y calcio, favorece su aprovechamiento en diversas aplicaciones, entre ellas la estabilización de suelos y la valorización de residuos agroforestales FAO (2014).

Figura 3.

Ceniza de Eucalipto



Fuente: Elaboración propia.

a) Según su Propiedades Físicas

La ceniza de eucalipto es un material pulverulento de color gris claro a gris oscuro, compuesto por partículas finas de baja densidad aparente y elevada superficie específica. Su granulometría está conformada principalmente por partículas que pasan el tamiz N.° 200 (0,075 mm), característica que favorece su mezcla con suelos finos y su participación en reacciones puzolánicas Vassilev y cols. (2013), según la tabla 2.

Tabla 2.

Clasificación según sus propiedades físicas

Característica	Descripción
Composición	Minerales y materia orgánica
Textura	Grano fino (< 0.075 mm)
Color	Gris a negro
Densidad	Baja

Fuente: Vassilev y cols. (2013)

b) Según su taxonomía

Según Ministerio del Ambiente (2020), el eucalipto, perteneciente a la familia de las mirtáceas, "es un género de árboles y algunos arbustos que se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes partes del mundo. Por su rápido crecimiento, son comúnmente empleados en plantaciones forestales para fines como la producción de papel, madera y productos químicos", ver tabla 3.

Tabla 3.

Clasificación según la taxonomía del eucalipto

Taxonomía del eucalipto	
Nombre científico	*Eucalyptus globulus* Labill.
Nombre común	Eucalipto
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Subfamilia	Myrtoideae
Tribu	Eucalypteae
Género	*Eucalyptus*

Fuente: Ministerio del Ambiente (2020)

c) Según su Composicion Química

El proceso de cocción dura aproximadamente 142 horas y se realiza a temperaturas elevadas, entre 900 y 1000 °C. Durante este proceso, el Eucalyptus globulus experimenta una combustión completa, generando así la ceniza utilizada en esta investigación Valenzuela y cols. (2025), ver tabla 4.

Tabla 4.

Componentes químicos de las cenizas de eucalipto

Descripción	Fórmula Química
Dióxido de silicio	SiO_2
Oxido de aluminio	Al_2O_3
Oxido de hierro	Fe_2O_3
Oxido de potasio	K_2O
Oxido de sodio	Na_2O
Oxido de magnesio	MgO
Oxido de calcio	CaO
Oxido de manganeso	MnO
Dióxido de titanio	TiO_2
Pentóxido de fósforo	P_2O_5

Fuente: Valenzuela y cols. (2025)

Propiedades Geotécnicas de los Suelos

2.2.6. Suelo

El suelo es un material natural compuesto por partículas minerales, agua y aire, que en conjunto forman un sistema trifásico. Gran parte de la superficie terrestre está cubierta por los suelos y son ampliamente utilizados como materiales de construcción. Constituye la base de las obras de ingeniería civil y su comportamiento frente a las cargas es estudiado por la mecánica de suelos Braja (2012).

Se clasifica según las propiedades físicas, entre las cuales están:

- **Color:**

  Los suelos oscuros manifiestan una mayor concentración de materia orgánica; suelos rojos presentan en su composición hierro y manganeso, y suelo

de color amarillo presentan en mayor proporción arcilla y menor materia orgánica.

- **Textura:**

  La textura hace referencia a la cantidad expresada en (%) y la calidad de la partícula mineral que presenta el suelo. Los suelos presentan una variedad de partículas minerales; sin embargo, las más representativas son la arena, el limo y la arcilla.

- **Estructura:**

  Se define como la manera de agrupación de las partículas minerales del suelo para formar terrones (agregados). Los minerales no se encuentran dispersos en el suelo, sino agrupados en unidades con distintos grados de unión, variando en forma y tamaño.

- **Porosidad:**

  Se define como la proporción del volumen de vacíos de cualquier tipo respecto al volumen total del suelo, expresada en porcentajes (%). Esta característica está condicionada por la textura y la estructura del suelo. Los suelos de textura fina presentan mayor porosidad que en aquellos de textura gruesa.

2.2.7. Clasificación de Suelos

Se clasifican en sistema AASHTO y ASTM (SUCS). En la cual determinará rasgos que hacen diferenciar el estrato de suelo. Se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y luego clasificar los suelos MTC (2014), según la tabla 5.

Tabla 5.

Clasificación de suelos AASHTO – 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	L, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.7.1. Sistema SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) clasifica los suelos en diferentes categorías, identificadas mediante símbolos como MH, ML, CH, GW, GP, CL, entre otros. Esta clasificación se fundamenta principalmente en análisis de granulometría y en las características de plasticidad del suelo, las cuales permiten identificar y agrupar adecuadamente el tipo de suelo evaluado.

Cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz #200 es mayor al 50 %, se clasifica como suelo fino. La identificación se realiza mediante la carta de plasticidad de Casagrande, utilizando la línea base A, donde los parámetros del límite líquido y del índice plástico permiten determinar si el suelo corresponde a arcilla o limo, así como su grado de plasticidad (baja o alta).

- **Suelos de partículas gruesas:**

  Son aquellos en que más del 50 % son retenidos en el tamiz N°200. Según su granulometría se subdivide en arenas y gravas.

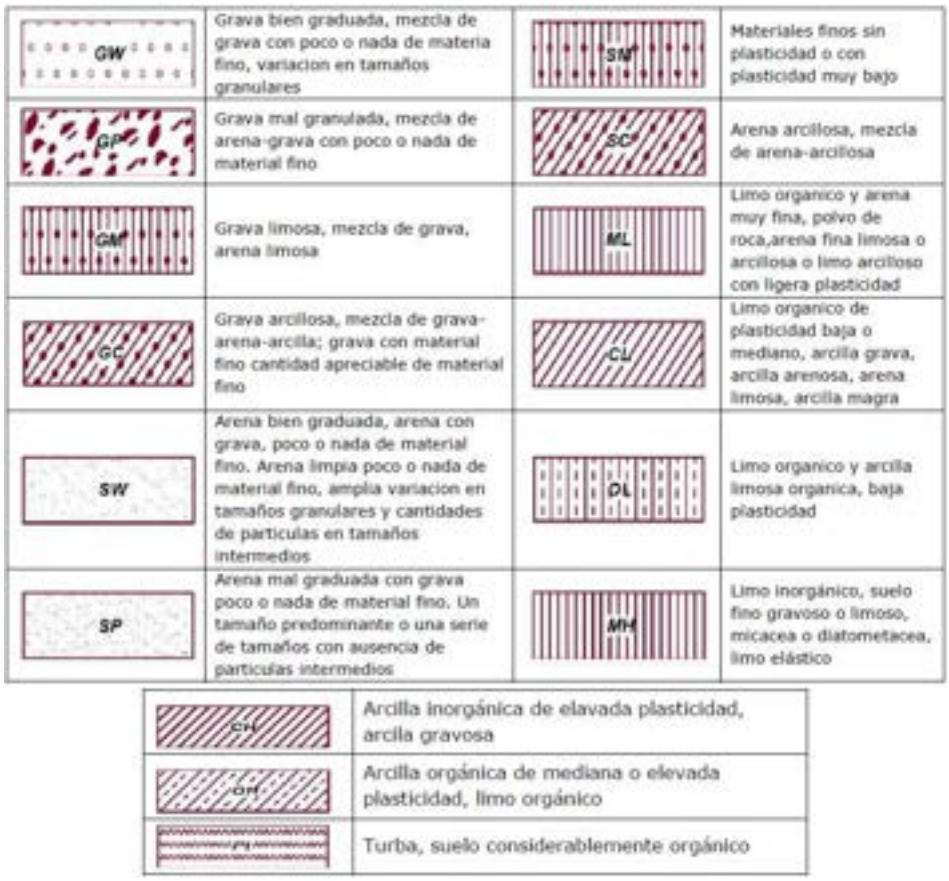
- **Suelos de partículas finas:**

  Son aquellos en que excede del 50 % pasa en el tamiz N°200. Los símbolos que utiliza el SUCS, corresponde al inglés a excepción del limo.

La clasificación de signos de suelos por el sistema SUCS, se da según la figura 4:

Figura 4.

Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS



Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.7.2. Sistema AASHTO

Según Braja (2015). Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

En el sistema AASHTO, el suelo se clasifica en siete grupos principales comprendidos entre A-1 y A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35 % o menos de las partículas pasan a través del tamiz N.° 200. Aquellos suelos donde con más de 35 % pasa a través del tamiz

N.° 200 se incluyen en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

El sistema de clasificación AASHTO, se caracteriza por emplear una clasificación basada en grupos y subgrupos, según la figura 5.

Figura 5.

Clasificación de los Suelos según sistema AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx.10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 [A]	mín. 11 [A]
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno					Regular a insuficiente						

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

- **Suelos gruesos o materiales gruesos:**

  Son aquellos en que más del 35 % son retenidos en tamiz N°200.

- **Suelos finos o materiales limo - arcillosos:**

  Se define a aquellos en que superior del 35 % pasa el tamiz N°200. De otro lado, el sistema AASHTO clasifica a los suelos en 7 grupos (A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7) y los subgrupos (A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7-5 y A-7-6).

2.2.8. Análisis granulométrico

El análisis de granulometría por tamizado, conforme al Ensayo MTC E 107, permite determinar la distribución del tamaño de partículas del agregado, a partir de la cual se pueden estimar diversas propiedades del material (ver tabla 6). Este

ensayo tiene como objetivo establecer la proporción de las diferentes fracciones del suelo según su tamaño, facilitando su clasificación y evaluar para el uso en proyectos de ingeniería civil.

Tabla 6.

Clasificación de suelos según el tamaño de partículas

Tipo de material		**Tamaño de partículas**
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

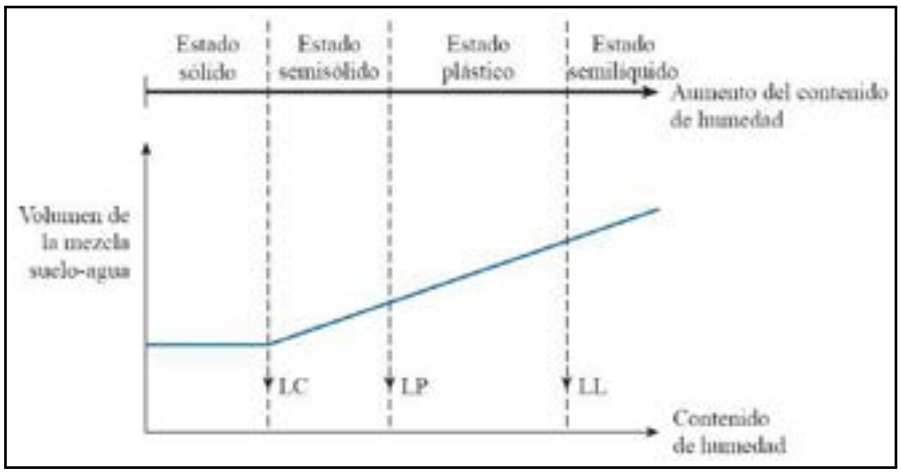
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras*, Norma E-107 MTC (2014).

2.2.9. Límites de Consistencia

Cuando un suelo contiene arcilla y contenido de humedad óptimo, el suelo se puede remover sin que se desintegre. Este comportamiento cohesivo se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. El científico sueco Albert Mauritz Atterberg 1900 desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino en función de su contenidos de humedad (ver figura 6). Mientras más contenido de agua tenga, el suelo adquiere un comportamiento fluido, similar al de un líquido; y al disminuir el contenido de humedad el suelo tiende a ser rígido y quebradizo. La naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica en cuatro estados básicos fundamentales: sólido, semisólido, plástico y líquido Braja (2015).

Figura 6.

Límites de Atterberg



Fuente: figura 1.4 de la Braja (2012).

a) Límite Líquido (LL)

Se determina utilizando la copa de Casagrande (designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes Braja (2012).

b) Límite plástico (LP)

Se define como el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM) Braja (2012).

c) Índice de Plasticidad (IP)

El índice de plasticidad es la diferencia del Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP), y su resultado expresa la cantidad de arcilla que un suelo posee, un IP alto significa que el suelo es muy arcilloso, mientras un IP bajo significará que es suelo pobremente arcilloso MTC (2014). Así como la clasificación del índice de plasticidad según la tabla 7.

$$I_P = L_L - L_P \tag{2.2.1}$$

Donde:

I_P = Índice de Plasticidad

L_L = Límite Líquido

L_P = Límite Plástico

Tabla 7.

Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad

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

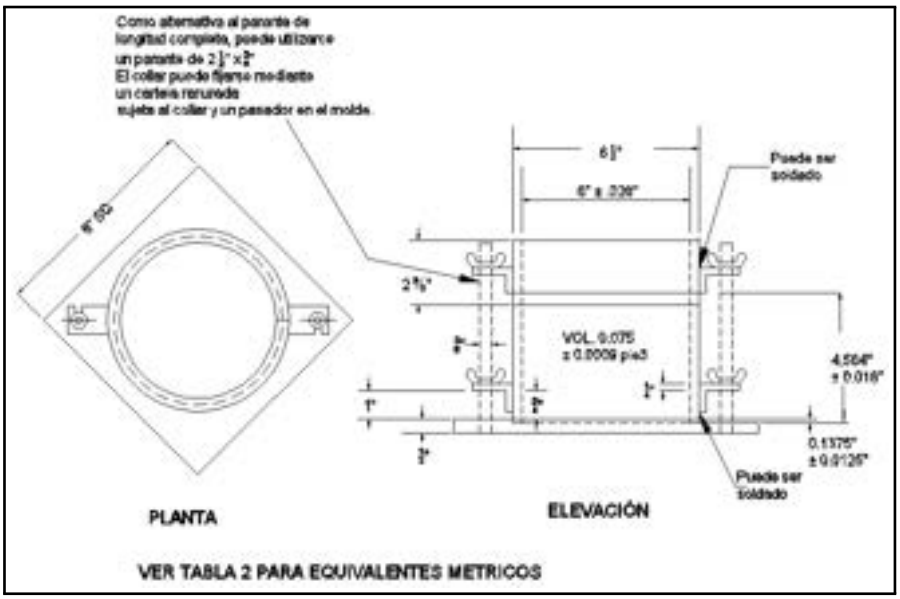
Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.10. Ensayo de Proctor Modificado

Según Braja (2015), la prueba Proctor modificada fue desarrollada para simular de manera más adecuada las condiciones reales de compactación en campo, especialmente por el uso de rodillos pesados. Esta prueba, normalizada por la ASTM D-1557 y AASHTO T-180, emplea el mismo molde del Proctor estándar con un volumen aproximado de 943.3 cm^3, pero aplica una mayor energía de compactación. El suelo se compacta en cinco capas, empleando un martillo de 44.5 N (4.536 kg) con caída de 457.2 mm, aplicando 25 golpes por capa. Como resultado, la energía aplicada por unidad de volumen es considerablemente mayor que en la prueba Proctor estándar, representando mejor las condiciones de obra, según se evidencia en la figura 7.

Figura 7.

Recipiente cilíndrico de 6.0 pulg para el ensayo de Proctor modificado.



Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC (2016) E-115.

En la siguiente se calcula la densidad seca y húmeda del suelo compactado, así como los parámetros fundamentales:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \tag{2.2.2}$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda de la muestra compactado (Mg/m^3)

M_t = Masa de la muestra húmedo y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde cilíndrico de compactación (kg)

V = Volumen Total del molde de compactación (m^3)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \tag{2.2.3}$$

Donde:

$\rho_d =$ Densidad seca de la muestra compactada ($\mathrm{Mg/m^3}$)

$w =$ contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62{,}43\,\rho_d \quad \text{expresado en} \quad \mathrm{lbf/pie^3} \tag{2.2.4}$$

$$\gamma_d = 9{,}807\,\rho_d \quad \text{expresado en} \quad \mathrm{kN/m^3}$$

Donde:

$\gamma_d =$ peso unitario seco de la muestra compactada.

Para el cálculo de los puntos necesarios para el ploteo de la curva del 100 % de la relación de vacíos o curva de saturación del peso unitario seco, se deben seleccionar los valores de contenido de humedad en la condición de 100 % de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w G_s) - \gamma_d}{\gamma_d G_s} \times 100 \tag{4}$$

Donde:

$W_{sat} =$ Contenido de agua para saturación completa (%)

$\gamma_w =$ Peso unitario de agua 9,807 $\mathrm{kN/m^3}$ ó 62,43 $\mathrm{lbf/pie^3}$

$\gamma_d =$ Peso unitario seco de la muestra - suelo

$G_s =$ Gravedad específica de la muestra - suelo

2.2.11. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo con MTC (2016), el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR, California Bearing Ratio) es un procedimiento empleado para evaluar la capacidad de resistencia de los suelos, ampliamente utilizado en el diseño de estructuras de pavimentos. El ensayo consiste en medir la resistencia del suelo mediante la penetración de un pistón cilíndrico normalizado, comparando los resultados obtenidos con los de un material patrón.

$$\% \quad CBR = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ unitaria\ del\ patron} x100 \tag{2.2.5}$$

- Expansión

  La expansión se determina calculando a partir de la diferencia entre la lectura del deformímetro tomada antes y después de sumergir la muestra. Dicha diferencia se representa como un porcentaje respecto a altura original de la muestra dentro del molde, la cual es 127 mm (5 pulgadas).

$$\%Expansion = \frac{L_2 - L_1}{127} x100 \tag{2.2.6}$$

  Donde:
  L_1 =Lectura inicial expresada en mm.
  L_2 =Lectura final expresada en mm.

  El Valor de la relación de soporte de California (CBR). Para una determinada fuerza de penetración dada, el valor del índice CBR se denomina porcentaje de la presión necesaria ejercida por el pistón sobre el suelo en relación con la presión requerida de la misma fuerza de penetración en un material patrón. Las características de la muestra patrón utilizada son las siguientes que se muestran en la tabla 8:

Tabla 8.

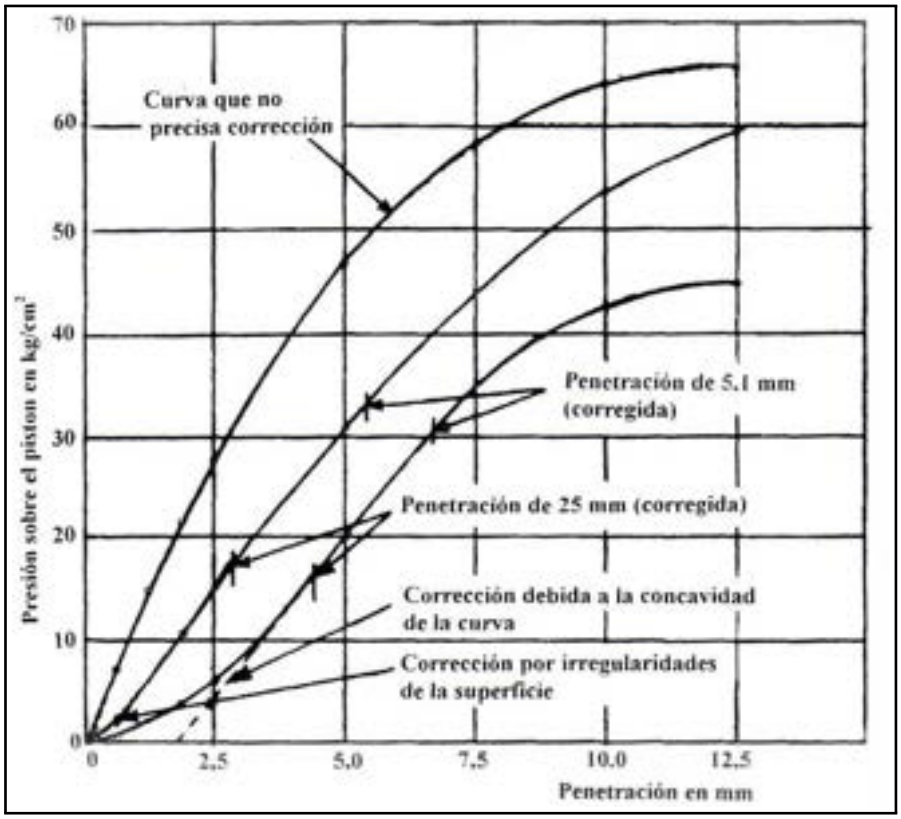
Relación con la presión y penetración

Penetración		Presión		
Mm	**Pulgadas**	**MN/m2**	**kgf/cm2**	**lb/plg2**
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC (2016) E-132.

Figura 8.

Corrección de las curvas presión – penetración.



Fuente: Mecánica de suelos y rocas Chacón y cols. (2004)

Se dibuja la curva presión - penetración (figura 8). Si es necesario se corrige esta curva desplazando su origen para neutralizar la influencia de las irregularidades superficiales y rectificar la parte inicial de la misma, que corresponde al ajuste inicial del pistón sobre la muestra.

De la curva corregida se deduce la presión correspondiente a penetraciones

de 0,1 pulgada (2,54 mm) y de 0,2″ (5,08 mm). Por definición se obtienen los valores de CBR dividiendo las presiones correspondientes a estas penetraciones por 70,31$Kg/cm2$ y 105,46 $Kg/cm2$ respectivamente, el resultado, se multiplica por 100. Si se tienen los datos de carga y no de presión, una vez corregidos, se multiplican las correspondientes a 0,1 y 0,2 pulgadas por 0,0735 y 0,0490, respectivamente Chacón y cols. (2004).

2.3. Definición de términos

a) Estabilización de suelos

Se define como el proceso de mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de la aplicación de métodos mecánicos e incorporación de agentes naturales, químicos o sintéticos. (MTC, 2014)

b) Capacidad portante

La capacidad soporte - portante en carreteras se evalúa mediante el ensayo CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio, el cual permite determinar la resistencia de los suelos con fines de diseño de pavimentos.

c) Suelos arcillosos

Se han originado de rocas preexistentes o sedimentarios. Estos materiales arcillosos presentan comportamientos expansivas debido a la naturaleza mineralógica de la roca de origen - generalmente arcillolitas, como a los procesos de meteorización a los que han estado sometidos.

d) AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

e) ASTM

American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

f) Subrasante

Es la superficie final de la carretera obtenida a nivel de movimiento de

tierras, ya sea de corte o relleno, sobre la cual se apoya la estructura del pavimento o del afirmado.

g) Ceniza de carbón

Las cenizas de carbón son similares a conglomerantes puzolánicos, aunque esta no brinda condiciones óptimas si lo comparamos con el cemento con la cal, es necesario incorporar agua y adicionalmente, un activante en proporciones controladas, para potenciar la capacidad de estabilización.

h) Ahuellamiento

Son deformaciones denominadas huellas o surcos que se desarrollan en la superficie de rodadura de carreteras pavimentadas o no pavimentadas y que se originan como consecuencia de la consolidación o desplazamiento lateral de los materiales por efectos de cargas de tránsito.

i) Arcillas

Son partículas finas con un tamaño de grano inferior a 2 m (0.002 mm) provenientes de la meteorización química y física de minerales y rocas.

j) Bache

Depresión que se forma en la superficie de rodadura como consecuencia del desgaste ocasionado por desintegración localizada y el tránsito vehicular.

k) CBR (California Bearing Ratio)

Expresa la capacidad de soporte relativa de un suelo o material, determinado por la penetración de una carga normalizada.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas:

- El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024
- El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024
- El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la relación de capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

2.5. Variables

2.5.1. Variables Independientes

- Cenizas de Eucalipto.

2.5.2. Variables Dependientes

- Estabilización de Suelos Expansivos.

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 9.

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
1.- Variable Indipendiente Ceniza de Eucalipto	las principales fuentes secundarias de los biocombustibles sólidos provienen de restos generados por actividades agrícolas o de industrias relacionados con la madera, los cuales se obtienen mediante procesos termoqumicos como la combustión. Mallqui (2021)	1.- Dosificacion del Ceniza del eucalipto	I1.- 8 % de Ceniza I2.- 14 % de Ceniza I3.- 22 % de Ceniza	Balanza y Tamiz
2.- Variable Dependiente Estabilización de Suelos Expansivos	La estabilización de suelos es el procedimiento mediante el cual se mejoran o controlan las propiedades mecánicas y físicas de un suelo cuando estas no cumplen con los requisitos técnicos exigidos en un proyecto, tales como la estabilidad volumétrica, la compresibilidad y la capacidad de soporte Laos (2022).	1.- Propiedades físicas del suelo	I1.- Contenido de Humedad I2.- Análisis Granulometrico I3.- Límites de Consistencia	ASTM D-2216, MTC E 108 ASTM D-422 / D6913, MTC E 107 ASTM D4318
		2.- Proctor Modificado	I1.- Máxima Densidad Seca I2.- Óptimo Contenido de Humedad	ASTM D-1557, MTC E 115
		3.- Capacidad Soporte de suelo (CBR)	I1.- CBR (100 % MDS) I2.- CBR (95 % MDS)	ASTM D-1883, MTC E 132)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Ámbito espacial y temporal

3.1.1. Ámbito Espacial

El ámbito espacial del presente estudio corresponde al tramo vial Quiralquichqui – Corral Pampa, sector en el que se desarrollaron las actividades de reconocimiento, levantamiento de información y caracterización geotécnica. Este tramo de carretera constituye el espacio físico en el cual se analizan las condiciones del terreno y los factores que influyen en el comportamiento mecánico del suelo.

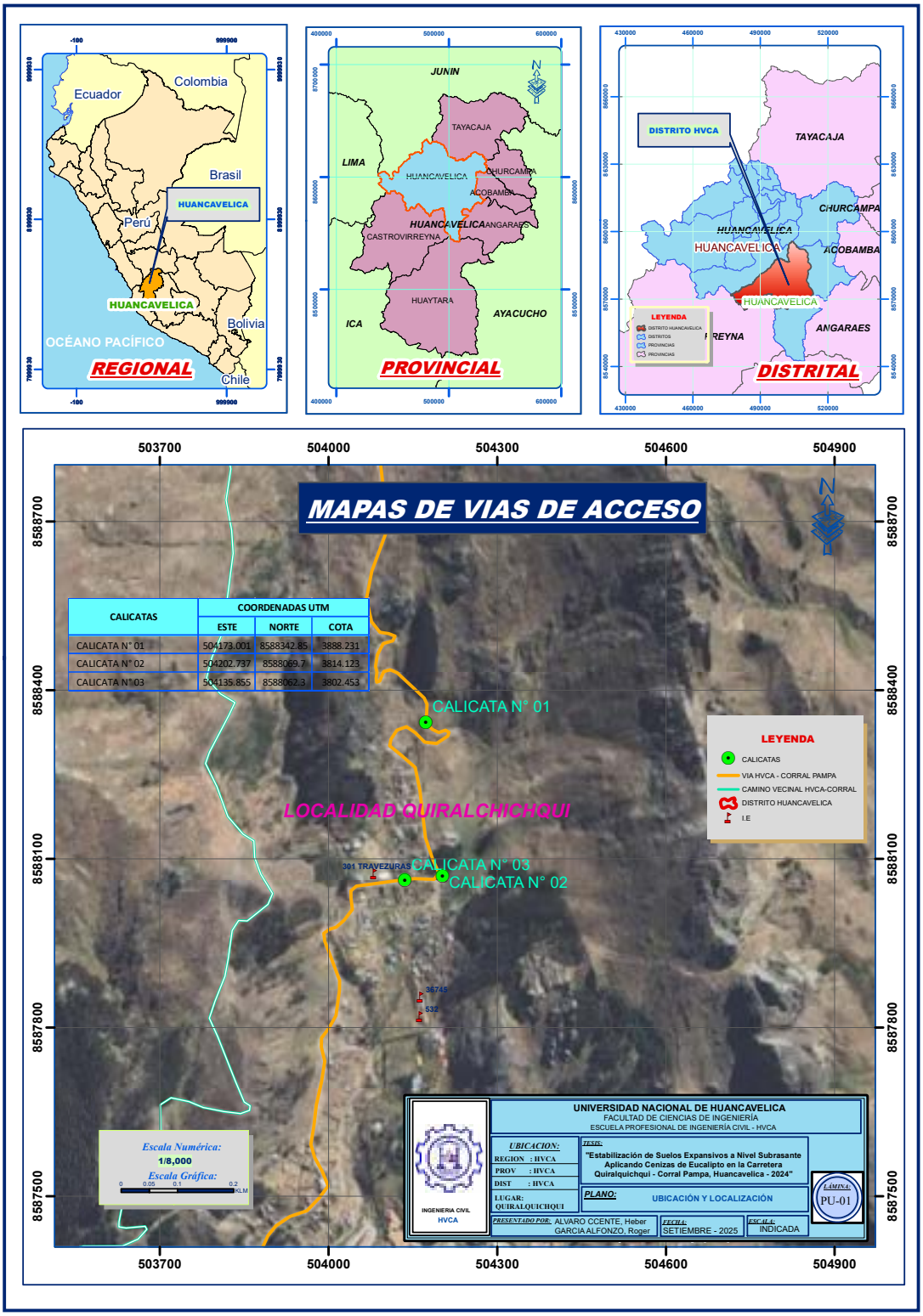
Descripción del Area de Estudio

- UBICACIÓN POLÍTICA :

- **LOCALIDAD** : QUIRALQUICHQUI
- **DISTRITO** : HUANCAVELICA
- **PROVINCIA** : HUANCAVELICA
- **DEPARTAMENTO** : HUANCAVELICA

Figura 9.

Mapa de ubicación y localización



- UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Tabla 10.

Ubicación Geográfica - localidad Quiralquichqui.

Localidad	CoordenadaS UTM		
	Este	Norte	Cota
Quiralquichqui	504125.88	8588014.34	3790.46

Fuente: Elaboración propia.

La localidad de QUIRALQUICHQUI presenta los siguientes límites:

√ **Por el Norte**, con el Distrito de Palca.

√ **Por el Este**, con el C.P. Antaccocha.

√ **Por el Oeste**, con el Distrito Ascensión.

√ **Por el Sur**, con la Provincia de Huancavelica



Figura 10.

Vista Panorámica localidad de Quiralquichqui.

3.1.2. Ámbito Temporal

El proyecto se desarrollará durante el año 2024 en la región de Huancavelica – Perú. Las actividades de campo, que incluyen la excavación de calicatas, se llevaron a cabo entre los meses de marzo y junio, complementándose con la ejecución de los ensayos correspondientes en laboratorio.

3.2. Métodos de investigación

Según Borja (2016), en el presente estudio se utiliza el método científico, entendido como el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales cuyo objetivo es la comprobación empírica de un planteamiento o hipótesis, lo que permite la interpretación de la realidad; sin embargo, sus conclusiones no deben considerarse como verdades absolutas.

3.2.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo APLICADA, debido a que se utiliza conocimientos científicos para resolver un problema práctico, específicamente mejorar el comportamiento de suelos arcillosos con la incorporación de ceniza de eucalipto. Cuya finalidad es evaluar y validar una solución técnica que pueda ser empleada en proyectos reales de ingeniería.

Según Arias y Covinos (2021), la investigación es aplicada, ya que mediante, la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías.

3.2.2. Nivel de investigación

La Presente investigación corresponde al nivel EXPLICATIVO, debido a que busca determinar las causas y los mecanismos mediante los cuales la ceniza de eucalipto modifica el comportamiento del suelo arcilloso. Este nivel permite analizar

las relaciones de causa–efecto entre la adición del estabilizante y los variaciones en las propiedades mecánicas y físicas del suelo, considerando procesos como las reacciones puzolánicas y la evolución de la estructura del material.

Asimismo, posibilita evaluar cómo diferentes porcentajes de ceniza influyen en el desempeño del suelo, generando explicaciones científicas que sustentan su uso como una alternativa sostenible en la estabilización de suelos arcillosos.

3.2.3. Diseño de investigación

El tipo de diseño de la investigación es cuasiexperimental, puesto que se manipula la variable independiente con la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto con la finalidad de observar los efectos sobre las propiedades mecánicas y físicas del suelo arcilloso.

En tanto, el diseño permite comparar el comportamiento de suelo natural, considerado como grupo control, con los grupos experimentales tratados con ceniza de eucalipto en porcentajes de 8 %, 14 % y 22 %, sin asignación aleatoria de las muestras. De esta manera, se identifican las variaciones significativas en las propiedades mecánicas-físicos del suelo atribuibles al uso del estabilizante.

Este tipo de diseño implica la presencia de un grupo de control o comparación, los cuasi experimentos se utilizan cuando no es posible utilizar sujetos de forma aleatoria, es decir, al igual que el pre experimento están preelegidos Arias y Covinos (2021).

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1. Población

Está conformada por todos los suelos expansivos existentes en el tramo vial Quiralquichqui – Corral Pampa, distrito y provincia de Huancavelica, en la región Huancavelica. Que constituyen el nivel de subrasante susceptible de ser estabilizado mediante la aplicación de cenizas de eucalipto.

3.3.2. Muestra

Arias y Covinos (2021), define que la muestra es un subgrupo considerado como una parte representativa de la población o el universo, los datos recolectados serán obtenidos de la muestra y la población se perfila desde la situación problemática de la investigación.

La muestra de estudio corresponde al suelo de subrasante de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, específicamente en los tramos ubicados entre el km 0 + 195, km 0 + 255 y el km 0 + 730, el cual presenta un mayor contenido de arcilla y una baja capacidad portante. En este tramo crítico se ejecutaron calicatas para la toma de muestras, con profundidades de 1.50m.

3.3.3. Muestreo

El muestreo es una técnica para estudiar la muestra, como resultado de la aplicación de esta técnica a la población se obtiene un estadígrafo, esta es una cifra que se logra por medio de un cálculo o una operación estadística la cual proporciona una cifra o el número real de los elementos que representan a la poblaciónArias y Covinos (2021).

El muestreo de la investigación es de tipo no probabilístico, debido a que la elección de la nuestra no se realiazó de manera aleatoria. En este caso, se seleccionó la muestra considerando el tramo más crítico de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa.

Pasos del mustreo

- Marco muestral: delimitar el tramo de estudio y registrar coordenadas de las calicatas.
- Según MTC 2014, se establece cantidad de calicatas por cada km 1 calicatas. Se tomaron tres (03) calicatas con una profundidad de 1.50 metros respecto al nivel de la sub rasante.

- Selección de puntos: elegir calicatas por criterios de representatividad (variación de terreno, presencia de suelos expansivos).
- Extracción: obtener muestras perturbadas e indeformadas según ensayo requerido (ensayos de laboratorio).
- Transporte y conservación: embalaje adecuado y entrega al laboratorio en 24–48 h.
- Preparación en laboratorio: secado, tamizado, homogeneización y mezcla con dosis de ceniza; conformación de probetas y curado según procedimiento.
- Registro: ficha de campo con fecha, hora, coordenadas, observaciones y número de muestra.

3.4. Técnicas, instrumentos y procedimientos para recolección de datos

3.4.1. Técnicas

Según la opinión de Borja (2016), las técnicas que se utilizarán en la recopilación de toda la información de campo, se deben presentar todos los formatos utilizados en esta tarea; para el caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelo, estudios de tráfico, formatos para realizar los ensayos. Las técnicas utilizadas fueron las siguientes:

- **Observación indirecta:** búsqueda del tema de investigación por medio de las observaciones ya realizadas anteriormente tales como libros, revistas informes, fotografías, etc.
- **Observación directa:** ubicación de los puntos críticos del fenómeno de la ocurrencia de los hechos en el campo de estudio.

- **Observación de campo y laboratorio:** lugar de ocurrencia de los fenómenos o hechos mediante la extracción de muestras. Posteriormente, estas son analizados en los ensayos en laboratorio.

El procedimiento de recolección de datos en laboratorio es con los ensayos que se muestran a continuación:

- Contenido Humedad (ASTM D-2216, MTC E 108)
- Análisis Granulometrico (ASTM D-422 / D6913, MTC E 107)
- Límite de Consistencia (ASTM D4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E 115)
- CBR – California Bearing Ratio (ASTM D-1883, MTC E 132)

3.4.2. Instrumentos

El instrumento permitió analizar el efecto de la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto en estabilización del suelo arcilloso, comparando los parámetros obtenidos antes y después del tratamiento, con el fin de determinar optimizar la capacidad portante y la disminución de la plasticidad del suelo. Los instrumentos empleados fueron las siguientes:

- Balanza calibrada y horno para contenido humedad.

- Instrumento para el análisis granulometría.

- Instrumento para límites de Atterberg.

- Instrumento para proctor modificada

- Máquina de prueba CBR

- Fichas técnicas de laboratorio

- Fichas de ensayos

3.4.2.1. Validez

Según Villasís-keever (2018), la validez de la investigación se refiere a lo que es verdadero o a lo que se acerca a la verdad. Se considera que los resultados de una investigación serán válidos cuando el estudio esté libre de errores. La validez de esta investigación está basada en los parámetros establecidos en las normas vigentes.

3.4.2.2. Confiabilidad

Según Villasís-keever (2018), los resultados de un estudio pueden considerarse confiables cuando tienen un alto grado de validez, es decir, cuando no hay sesgos. La confiabilidad de la presente investigación está respaldada por el uso de instrumentos que cumplen con los estándares establecidos por las normativas vigentes.

3.5. Técnicas de procesamiento de análisis de datos

3.5.1. Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos

En la presente investigación, los estadísticos descriptivos permitirán analizar y presentar los datos de manera objetiva, identificando patrones, tendencias y características de las variables de estudio.

Los estadísticos descriptivos son esenciales para interpretar el comportamiento de suelos arcillosos estabilizados. Resumir los valores de ensayos de laboratorio con indicadores de tendencia central y dispersión ayuda a entender la variabilidad del suelo y a evaluar sus propiedades geotécnicas, facilitando su uso a través de tablas, medidas numéricas o gráficas.

3.5.2. Precesamiento de Datos

Los datos experimentales fueron organizados y presentados mediante tablas y gráficos, aplicando estadística descriptiva para resumir e interpretar la información obtenida durante los ensayos de clasificación.

Se incluyen:

-Tablas con los valores individuales de cada ensayo por tratamiento.

-Gráficos de variación procesados en jupyter notebook

-Tablas de resultados

La adecuada presentación de resultados permite evidenciar de forma clara el impacto del estabilizante en la plasticidad, compactación y resistencia del suelo, contribuyendo a sustentar las conclusiones finales del estudio.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Presentación y análisis de resultados

4.1.1. Obtención de las muestras

La obtención de las muestras se realizó a lo largo de la vía carrozable Quiralquichqui – Corral Pampa, ubicada en el distrito y provincia de Huancavelica de la región de Huancavelica. En este tramo se identificó la existencia principal de suelos arcillosos de carácter expansivo, los cuales presentan una menor capacidad portante y generan problemas en la estabilidad de la subrasante.

4.1.2. Exploracion de calicatas

El presente estudio se analizó con el propósito de determinar las condiciones geotécnicas del área de investigación. Para ello, se efectuó la extracción de muestras representativas en puntos estratégicos a lo largo de la vía, garantizando que el material obtenido refleje las características reales del suelo existente.

En seguida, las muestras fueron transportadas al laboratorio para llevar a cabo los ensayos geotécnicos correspondientes, permitiendo evaluar sus propiedades físicas y mecánicas bajo condiciones controladas.

Se realizaron tres calicatas en las progresivas 0+195, 0+255, 0+730 con una profundidad de 1.50 m cada una según tabla 11 y figura 11.

Tabla 11.

Ubicacion de la Calicatas

Calicatas	Prof. (m)	Coordenadas UTM		
		Este	Norte	Cota
C -01	1.50	504173.001	8588342.853	3888.231
C -02	1.50	504202.737	8588069.698	3814.123
C -03	1.50	504135.855	8588062.299	3802.453

Fuente: Elaboración propia.

Figura 11.

Excavación de Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Obtención de cenizas de eucalipto

La recolección de las cenizas de eucalipto se realizó en el barrio San Cristóbal, ubicada en el distrito, provincia y región de Huancavelica. Este sector concentra un número significativo de panaderías que emplean leña de eucalipto como principal fuente de combustión, debido a su amplia disponibilidad y elevado poder calorífico.

Dado que una parte significativa de la población consume diariamente pan, la generación de cenizas es continua, lo que permitió obtener un volumen adecuado de ceniza de eucalipto fresca y representativa para su posterior utilización como material estabilizante en la investigación.

Antes de su uso, las cenizas recolectadas fueron acondicionadas (ver figura 12 para garantizar su correcta incorporación en la mezcla de suelo durante los ensayos de estabilización.

Figura 12.

Obtención de Cenizas de Eucalipto



Fuente: Elaboración propia.

Resultados de los ensayos de Laboratorio

Se realizarán los siguientes ensayos con el propósito de caracterizar las propiedades mecánicas y físicas del suelo en estado natural y estabilizado con cenizas de eucalipto:

- Contenido Humedad (ASTM D-2216, MTC E 108)
- Análisis Granulometrico (ASTM D-422 / D6913, MTC E 107)
- Límite de Consistencia (ASTM D4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E 115)
- CBR – California Bearing Ratio (ASTM D-1883, MTC E 132)

4.1.4. Contenido de Humedad ASTM D-2216

4.1.4.1. Objetivo

Determinar en laboratorio el contenido de humedad de la muestra de suelo, roca, agregado y otros materiales parecidos, mediante la reducción de la masa secada, debido a pérdida del agua contenida en la muestra.

Por definición el contenido de humedad es como la relación entre la masa de agua que posee el suelo y la masa del suelo en condición seco, expresada en unidades porcentuales conforme a la ecuación siguiente:

$$\omega\,\% = \frac{M_\omega}{M_S} * 100 \qquad (4.1.1)$$

4.1.4.2. Norma de referencia

- A.S.T.M D 2216 Standard test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- M.T.C E 108 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo.
- N.T.P 339.127 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo.

4.1.4.3. Equipos y Materiales

- Horno para secado capaz de conservar una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza de precisión, con aproximación de 0.01g para masas menores de 200g. y de 0.1g para masas mayores de 200g.
- Recipientes para humedad, fabricados en material resistente a corrosión y a la variación de masa frente al secado y enfriamiento continuo.
- Herramientas para manejo de muestras calientes, tenazas, guantes, sujetadores, etc.

4.1.4.4. Ejecución del ensayo

- Pese una tara seco y limpio, registrando su identificación.

- Coloque la muestra húmeda en la tara previamente pesado, tomar la cantidad necesaria de acuerdo al método.
- Registre la masa de la tara más suelo húmedo, usando la balanza apropiada.
- Coloque la tara, incluida la muestra húmeda en el horno para secado a una temperatura de 110 ± 5°C y lograr una masa constante, generalmente requiere un tiempo comprendido entre 12 a 16 horas.
- Una vez que la muestra se haya alcanzado masa constante, retirar la tara del horno.

  Permitir que la muestra y el recipiente enfríe a temperatura normal o hasta que el recipiente pueda manejarse de manera segura con las manos.
- Registre la masa del recipiente junto con la muestra seca al horno usando el mismo tipo de balanza con el que se empezó el ensayo.

Figura 13.

Las muestras para el ensayo de contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5. Resultados del ensayo

Las muestras obtenidas de las calicatas fueron sometidas al ensayo de Contenido de Humedad con el objetivo de determinar el agua contenida en el suelo al momento de la extracción.

La muestra de suelo fue extraída de tres (03) calicatas designadas como C_1, C_2 y C_3. Los resultados de humedad natural determinados son los siguientes:

Tabla 12.

Resultados de contenido de humedad

Calicatas	Muestras	Peso del Tara (grs)	Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	Peso de la Tara +Muestra Seca (grs)	Contenido de humedad (grs)
C1	M1	36.69	185.72	163.24	17.79 %
	M2	36.47	193.56	170.01	17.64 %
C2	M1	36.69	215.38	189.90	16.63 %
	M2	35.86	203.45	179.98	16.29 %
C3	M1	36.21	216.98	187.92	19.15 %
	M2	36.45	208.68	181.05	19.13 %

4.1.5. Análisis granulométrico

4.1.5.1. Objetivo

La finalidad del análisis granulométrico es obtener la clasificación de tamaños de partículas del suelo, tanto en su fracción gruesa como fina. Esta información permite:

- Clasificar el suelo según sistemas como USCS y AASHTO.
- Evaluar su comportamiento ingenieril (permeabilidad, compactación, plasticidad y resistencia).
- Determinar la curva granulométrica mediante tamizado y, cuando corresponde, hidrómetro.

4.1.5.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D422: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Hydrometer)
- A.S.T.M D6913: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.

4.1.5.3. Equipos y Materiales

- Muestra representativa de suelo.
- Horno para secado capaz de conservar temperatura de 110 ± 5 °C
- Balanza de precisión de 0.01 g.
- Serie de tamices estándar ASTM (4.75mm, 2.00mm, 0.425mm, 0.250mm, 0.150mm, 0.075mm y otros según necesidad).
- Tamiz de lavado 200 (0.075 mm).
- Recipientes o taras
- Bandejas, cepillo y brocha
- Tamizado portatil

4.1.5.4. Procedimiento del Ensayo

- Se recolecta la muestra de suelo representativa, para la realizacion del ensayo mecánico.
- Se pesa la muestra seleccionada extraída para proceder a ser puesta en el horno a temperatura determinada.
- Se procede a lavar la muestra con la malla N° 200, con el fin de descartar, en el mayor grado posible, la presencia de limos y arcillas.
- Después se prosigue a secar en el horno a temperatura determinada aproximadamente durante 24 horas, se deja enfriar por unos minutos y se pesa la muestra.
- Se procede a seleccionar los tamices a utilizarse, incluido el fondo, con el fin de realizar los ajustes necesarios a la hora de realizar la tabla de granulometría.

- Se ordenan los tamices de mayor a menor y, al final, se coloca una vasija para evitar que se pueda perder material.
- Se deposita el material por los tamices y se deja en el tamizador portátil por un lapso de 2 minutos.
- Después de los 2 minutos, se pasa a pesar el material (muestra) retenido en cada tamiz. Acto seguido se realizan los ajustes necesarios, teniendo en cuenta el peso de cada uno de ellos, datos que son registrados en una tabla.

Figura 14.

Las muestras para ensayo - contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.5. Resultados del ensayo

Las muestras presentan los siguientes comportamientos granulométricos:

- **Resultado de la Calicata N° 01**

Tabla 13.

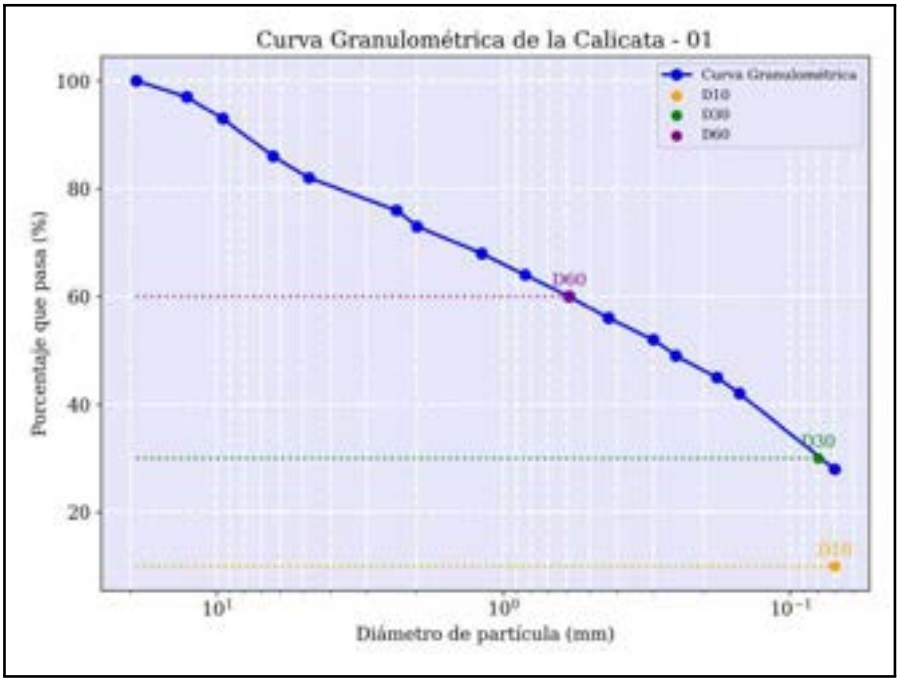
Analisis granulometrico de la Calicata - 01

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
3/4”	19.05	100.00
1/2”	12.70	97.16
3/8”	9.53	92.60
1/4”	6.35	86.17
N°4	4.76	81.54
N°8	2.36	76.00
N°10	2.00	72.97
N°16	1.19	68.41
N°20	0.84	64.14
N°30	0.59	60.02
N°40	0.43	56.12
N°50	0.30	52.13
N°60	0.25	49.37
N°80	0.18	44.57
N°100	0.15	41.80
N°200	0.07	27.54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 15.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 01



Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la tabla 13 y Figura 15 se muestra la granulometría de la calicata $C_0 1$, el cual presenta 18.46 % grava, 54 % arena y 27.54 % de material que pasa por la malla 200. En función a ello, la clasificación de suelo según S.U.C.S es SC (Arena Arcilloso) y conforme al sistema AASHTO A-2-6(0), por tanto, el suelo se identifica como (Arena Arcillosa con presencia de Grava).

- **Resultado de la Calicata N° 02**

Tabla 14.

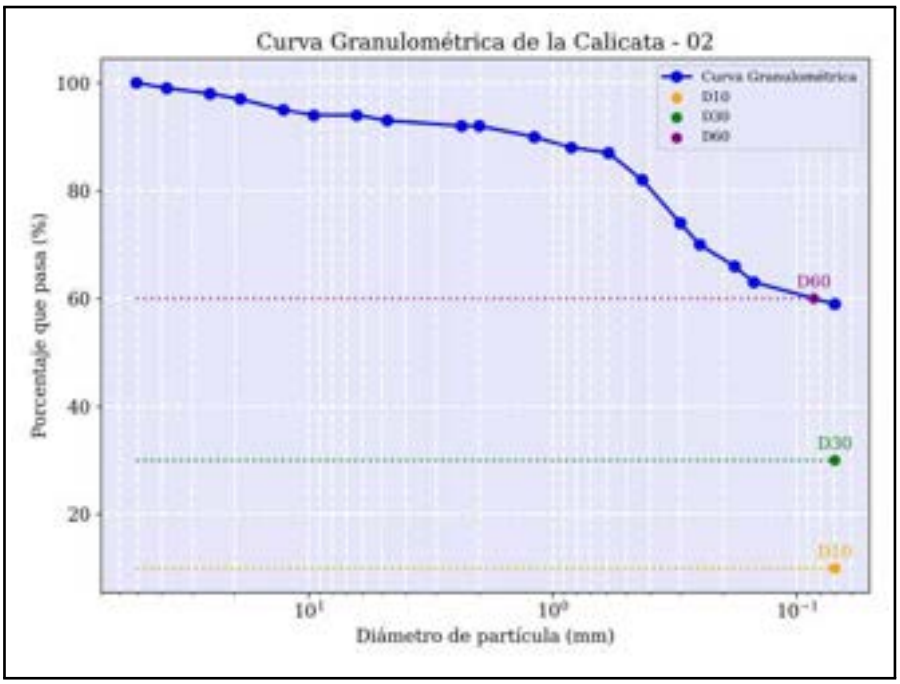
Análisis de granulometría de la Calicata - 02

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
2”	50.80	100.00
1 1/2”	38.10	99.19
1”	25.40	97.90
3/4”	19.05	96.68
1/2”	12.70	95.39
3/8”	9.53	94.04
1/4”	6.35	93.82
N°4	4.76	92.73
N°8	2.36	92.48
N°10	2.00	92.36
N°16	1.19	90.36
N°20	0.84	88.36
N°30	0.59	86.67
N°40	0.43	81.85
N°50	0.30	74.29
N°60	0.25	70.30
N°80	0.18	65.69
N°100	0.15	63.27
N°200	0.07	59.39

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 02



Fuente: Elaboración propia.

Conforme tabla 14 y figura 16 se muestra la granulometría de la calicata C_2, presenta 7.27 % de grava, 33.34 % de arena y 59.39 % de material que pasa por la malla N.°200. Por tanto, la clasificación del suelo de acuerdo a S.U.C.S es CL (Arcilla de Baja Plasticidad) y con el sitemma AASHTO A-7-6, es decir, el suelo se cataloga como (Suelo Arcilloso).

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 15.

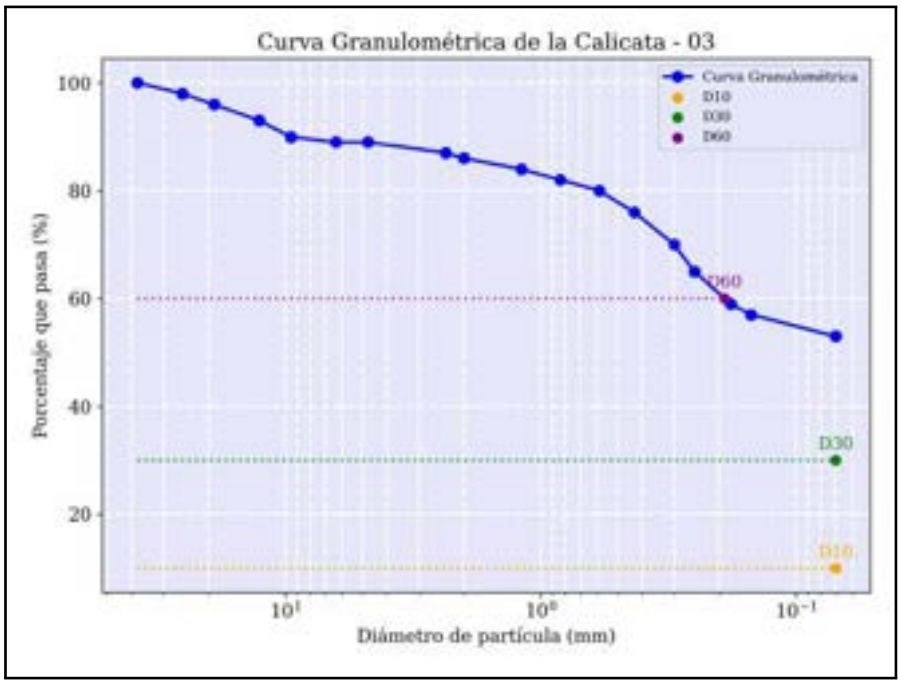
Análisis de granulometría de la Calicata - 03

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
1 1/2”	38.10	100.00
1”	25.40	97.75
3/4”	19.05	95.64
1/2”	12.70	92.86
3/8”	9.53	90.20
1/4”	6.35	89.18
N°4	4.76	88.94
N°8	2.36	87.09
N°10	2.00	85.56
N°16	1.19	84.44
N°20	0.84	82.12
N°30	0.59	80.23
N°40	0.43	76.09
N°50	0.30	70.49
N°60	0.25	65.34
N°80	0.18	58.60
N°100	0.15	56.73
N°200	0.07	52.53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 03



Fuente: Elaboración propia.

Conforme tabla 16 y Figura 17 se muestra la granulometría de la calicata C_3, presenta 18.3 % de grava, 53.4 % de arena y 28.3 % de material que pasa por la malla N.°200. Por tanto, la clasificación del suelo de acuerdo a S.U.C.S es CL (Arcilla de Baja Plasticidad) y de cauerdo a AASHTO A-7-6, es decir, el suelo se cataloga como (Suelo Arcilloso).

- **Interpretación Final**

Tabla 16.

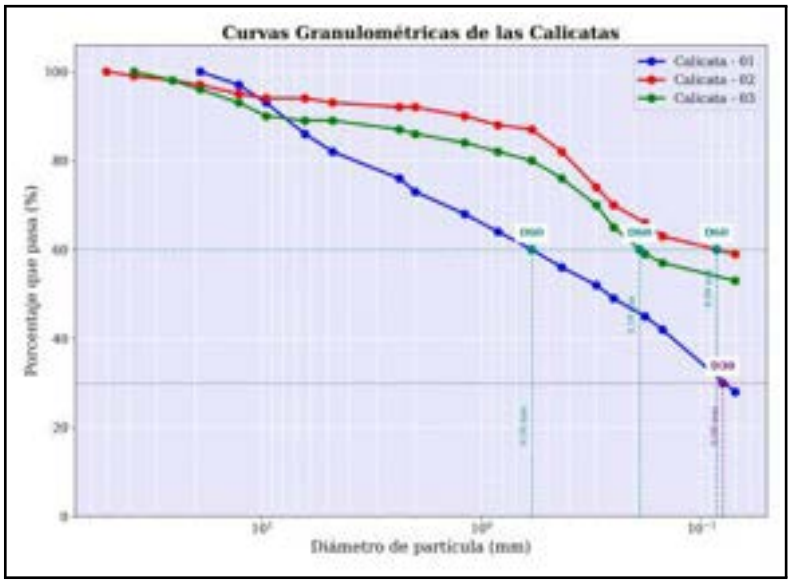
Clasificación de suelos de la $C_0$1, C_2 y C_3

Muestra	Clasificación			
	S.U.C.S		AASHTO	
	Grupo	Material	Grupo	Material
C-01	CS	Arena Arcillosa	A-2-6	Arena Arcillosa con Grava
C-02	CL	Arcilla de Baja Plasticidad	A-7-6	Suelo Arcilloso
C-03	CL	Arcilla de Baja Plasticidad	A-7-6	Suelo Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18.

Curvas granulométricas de las Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se evidencia la clasificación SUCS y AASHTO indica que las muestras C-02 y C-03 corresponden a suelos arcillosos, mientras que C-01 es una arena arcillosa. Las curvas granulométricas confirman esta clasificación, evidenciando un mayor contenido de finos en C-02 y C-03, por lo que estos suelos requieren estabilización para mejorar su comportamiento como subrasante.

4.1.6. Ensayo de Límite de consistencia

4.1.6.1. Objetivo

El objetivo del ensayo - Límites de Consistencia es determinar los Límites de Atterberg en los suelos finos, específicamente:

- Límite Líquido (L_L)
- Límite Plástico (L_P)
- Índice de Plasticidad ($I_P = L_L \breve{} L_P$)

Estos parámetros permiten evaluar la plasticidad, consistencia y comportamiento volumétrico del suelo.

4.1.6.2. Norma de Referencia

- ASTM D4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- AASHTO T89/T90: (Límite Líquido y Límite Plástico).

4.1.6.3. Equipos y Materiales

Para Ensayo de Límite Líquido (L_L)

- Dispositivo o copa de Casagrande con taza y manivela.

- Cuchilla o espátula metálica.
- Recipientes para mezclado.
- Balanza con precisión ±0.01 g.
- Tamiz N.º 40 (0.425 mm).
- Horno a 110 ± 5°C.
- Agua destilada.
- Cápsulas metálicas para humedad.

Para Límite Plástico (LP)

- Superficie lisa (vidrio esmerilado o mármol).
- Espátula o cuchillo.
- Caja para almacenamiento de la muestra.
- Regla o calibrador (para verificar el diámetro del hilo de 3.2 mm).

4.1.6.4. Procedimiento del Ensayo

Preparar la muestra

- Tomar una cantidad de muestra de suelo que pase el tamiz N.º 40.
- Mezclar con agua en estado destilada para lograr una pasta homogénea.
- Poner la muestra en un recipiente hermético por 24 horas de reposo (curado).

A. Límite Líquido (L_L) – Método de la Copa de Casagrande

- Colocar una porción de la pasta-masa en la taza del dispositivo de Casagrande.

- Utilizando una espátula, cortar la muestra a lo largo de la ranura estándar.
- Rotar la manivela a una velocidad constante (dos golpes por segundo).
- Cuantificar el número de golpes requeridos para que las dos divisiones del surco se unan a lo largo de 13 mm.
- Repetir el ensayo cambiando el contenido de agua para determinar puntos entre 15 a 35 golpes.
- Determinar la humedad de cada muestra utilizada en cápsulas.
- Graficar N° de golpes vs. Humedad en papel semilogarítmico.
- Interpolar el valor de humedad obtenida a 25 golpes, que es el Límite Líquido (L_L).

B. Límite Plástico (L_P)

- Tomar una pequeña muestra de suelo y amasarla hasta obtener una masa uniforme.
- Formar un cilindro delgado y rodarlo sobre una superficie lisa con la palma de la mano.
- Continuar para obtener un hilo uniforme de 3 mm (3.2 mm) de diámetro.
- Si el hilo se fractura antes de alcanzar los 3 mm, añadir unas gotas de agua y repetir.
- Si el hilo puede estirarse más allá sin romperse, significa exceso de humedad; seguir amasando.
- Recolectar el material en el punto justo de ruptura y determinar su humedad.
- El promedio de al menos tres determinaciones es el Límite Plástico (L_P).

C. Cálculo del Índice de Plasticidad (I_P) $I_P = L_L L_P$

Este valor indica la plasticidad del suelo y es fundamental para clasificarlo como:

- Arcilla de baja, media o alta plasticidad.

- Limo plástico o no plástico.

4.1.6.5. Resultados del ensayo

Las muestras obtenidas de las calicatas C_1, C_2 *y* C_3 fueron realizadas en el ensayo de contenido de humedad, cuyos resultados para las tres muestras analizadas se presentan a continuación:

- **Resultado de la Calicata N.° 01**

Tabla 17.

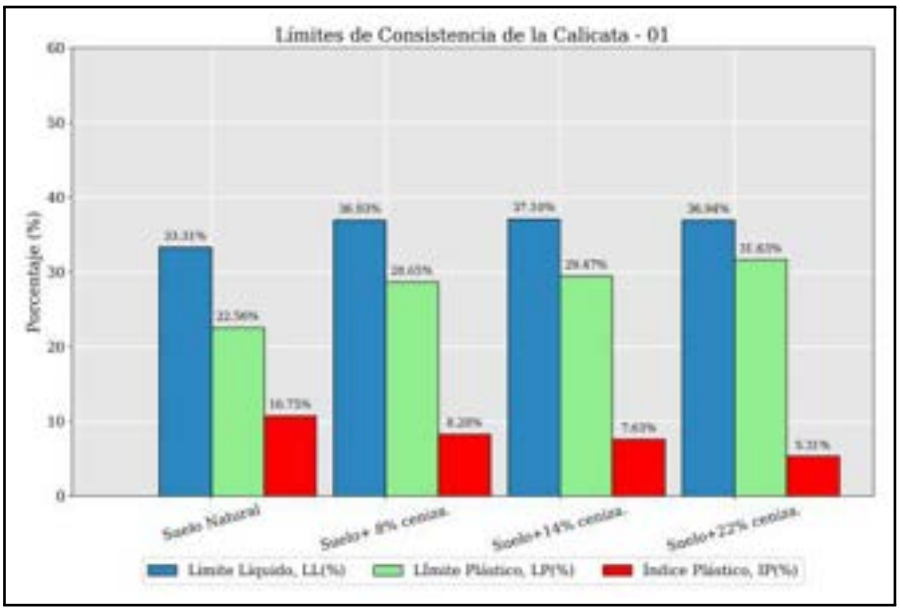
Límite de consistencia - Calicata - 01

Muestra de C-01	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	33.31 %	22.56 %	10.75 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	36.93 %	28.65 %	8.28 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	37.10 %	29.47 %	7.63 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	36.94 %	31.63 %	5.31 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.

Resultados de límites de consistencia - Calicata C_1



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 17 y figura 30, muestra los resultados del ensayo de límites de consistencia de la Calicata-01, para la muestra natural presenta LL=33.31 %, LP=22.56 % y IP=10.75. Al agregar Ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=36.93 %, LP=28.65 % y IP=8.28 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=37.10 %, LP=29.47 % y IP=7.63 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=36.94 %, LP=31.63 % y IP=5.31 %.

En función de la influencia del índice plástico sobre la adición de las cenizas al Suelo Natural, se constata una reducción respecto al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 22.40 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 28.29 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 49.30 % siendo este el de mayor porcentaje de disminución.

- **Resultado de la Calicata N.° 02**

Tabla 18.

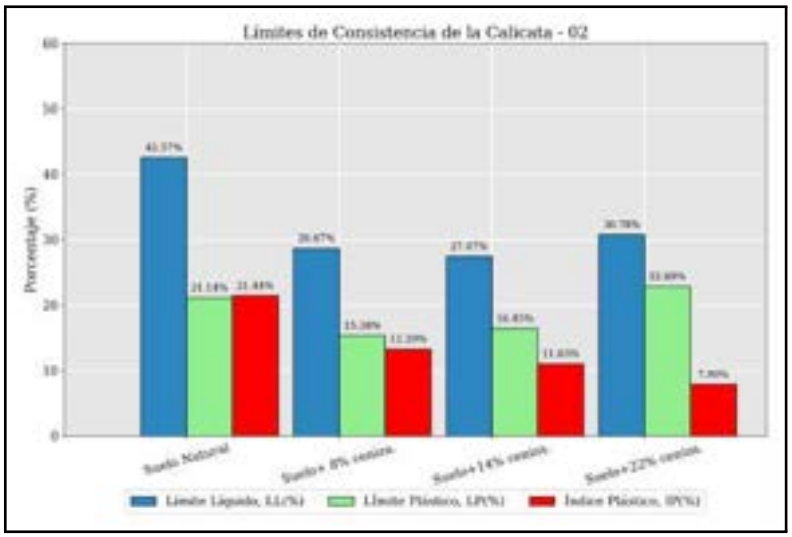
Límite de consistencia - Calicata - 02

Muestra de C-02	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	42.57 %	21.14 %	21.44 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	28.67 %	15.38 %	13.29 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	27.47 %	16.45 %	11.03 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	30.78 %	24.15 %	6.64 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20.

Resultados de límites de consistencia de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 18 y figura 20, muestra los resultados del ensayo de los límites de consistencia de Calicata-02, para el suelo natural presenta un LL=42.57 %, LP=21.14 % y IP=21.44. Al añadir Ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=28.67 %, LP=15.38 % y IP=13.29 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=27.47 %, LP=16.45 % y IP=11.03 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=30.78 %, LP=24.15 % y I_P = 6,64 %.

En función a la influencia en el índice plástico sobre a la adición de las cenizas al Suelo Natural, se aprecia una reducción frente al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 24.41 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 31.21 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 44.38 % siendo este el de mayor porcentaje de disminución.

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 19.

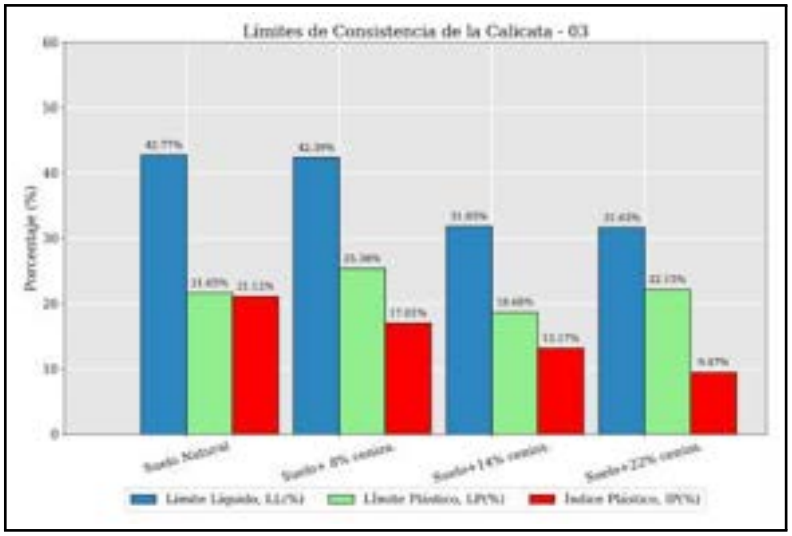
Límite de consistencia - Calicata - 03

Muestra de C-03	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	42.77 %	21.65 %	21.12 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	42.39 %	25.38 %	17.01 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	31.85 %	18.68 %	13.17 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	31.63 %	25.66 %	5.96 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21.

Resultados de límites de consistencia - Calicata-03



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 19 y figura 21, muestra los resultados del ensayo de

los límites de consistencia de Calicata-03, para el suelo natural presenta un LL=42.77 %, LP=21.65 % y IP=21.12. Al añadir ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=42.39 %, LP=25.38 % y IP=17.01 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=31.85 %, LP=16.68 % y IP=13.17 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=31.63 %, LP=25.66 % y IP=5.96 %.

En función a la influencia en el índice plástico sobre la adición de las cenizas al Suelo Natural, se aprecia una reducción frente al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 15.10 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 29.21 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 55.69 % siendo la proporción con el mayor porcentaje de disminución.

- **Interpretación Final**

Tabla 20.

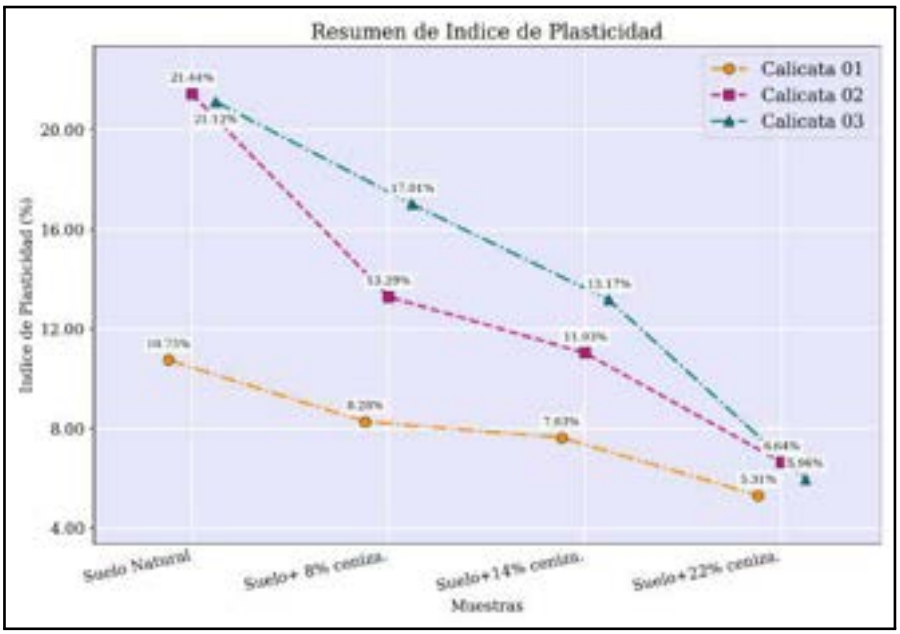
Resumen de ensayo de Límite de Consistencia de la C-01,C-02 y C-03

RESUMEN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	LL	33.31 %	36.93 %	37.10 %	36.94 %
	LP	22.56 %	28.65 %	29.47 %	31.63 %
	IP	**10.75 %**	**8.28 %**	**7.63 %**	**5.31 %**
C-02	LL	42.57 %	28.67 %	27.47 %	30.78 %
	LP	21.14 %	15.38 %	16.45 %	24.15 %
	IP	**21.44 %**	**13.29 %**	**11.03 %**	**6.64 %**
C-03	LL	42.77 %	42.39 %	31.85 %	31.63 %
	LP	21.65 %	25.38 %	18.68 %	25.66 %
	IP	**21.12 %**	**17.01 %**	**13.17 %**	**5.96 %**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22.

Resultados - Indice de Plasticidad



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica muestra que la incorporación de ceniza de eucalipto disminuye progresivamente el índice de plasticidad en todas las calicatas, siendo el 22 % el contenido que presenta los valores más bajos. Esto evidencia que la ceniza de eucalipto mejora las propiedades del suelo, disminuyendo su plasticidad y su potencial expansivo.

4.1.7. Proctor Modificado

4.1.7.1. Objetivo

El propósito del Ensayo Próctor Modificado es obtener la relación entre el contenido de humedad sobre la densidad seca máxima del suelo cuando es compactado bajo un nivel estándar alto de energía, con la finalidad de determinar:

- Humedad Óptima (HO)
- Máxima Densidad Seca (MDS)

4.1.7.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft^3).
- AASHTO T180

4.1.7.3. Equipos y Materiales

- Molde en forma de cilindro con collar de extensión (1/30 ft^3 o 0.00094 m^3).
- Pisón metálico de 4.54 kg (10 libras).
- Altura - caída del pisón: 457 mm (18 in).
- Base metálica para molde.
- Regla o escuadra metálica.
- Cuchilla o espátula.
- Martillo de extracción o extractor de molde.
- Balanza con precisión ± 1 g.
- Horno de secado (110 ± 5 °C).
- Recipientes para mezclado del suelo.
- Tamiz N.° 4 (4.75 mm) según especificación del método.
- Agua destilada.
- Guantes, bandejas y utensilios de laboratorio.

4.1.7.4. Procedimiento del Ensayo

A. Preparación de la muestra

- Secar la muestra de suelo al aire a temperatura ambiental o en horno (sin exceder temperatura si es suelo cohesivo).
- Tamizado del suelo por la malla N.° 4.
- Mezclar el suelo con cantidades proporcionales de agua para lograr una serie de resultados de humedad (mínimo 4 puntos).

B. Compactación en Molde (ASTM D1557)

- Poner el molde ensamblado con la base y collar.
- Llenar la capa inicial (1ra capa) de suelo y compactar con 25 golpes uniformes.
- Repetir el mismo proceso para las capas 2 a 5.
- Retirar el collar y nivelar el material excedente utilizando regla metálica.
- Pesar el molde lleno.
- Extraer una porción de suelo para obtener su contenido de humedad.
- Repetir el proceso en cada una de las mezclas con diferente humedad

4.1.7.5. Resultados del ensayo

Los valores de los siguientes ensayo de Proctor Modificado son las siguiente:

- **Resultado de la Calicata N.° 01**

Tabla 21.

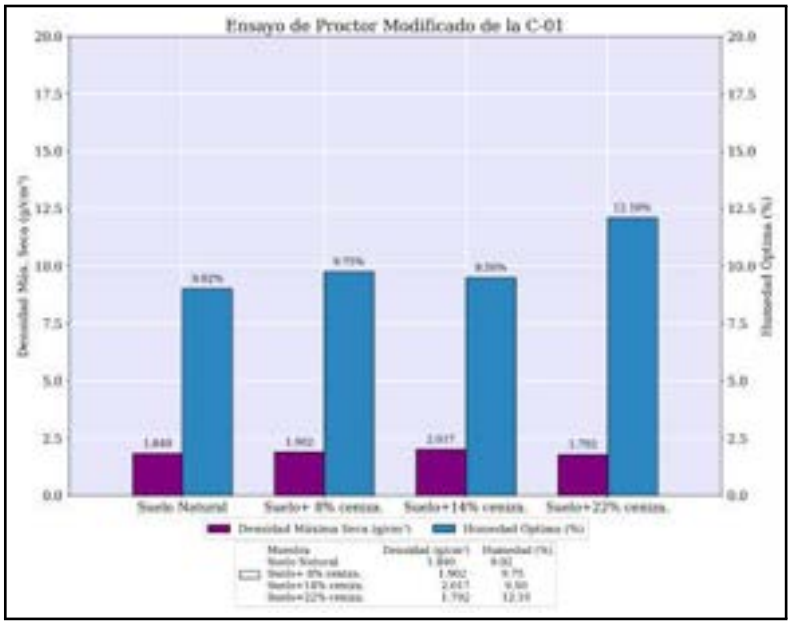
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-01.

PROCTOR MODIFICADO C_1		
Muestra de C-01	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.840	9.02 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.902	9.75 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	2.017	9.50 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.792	12.10 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23.

Resultados - Proctor Modificado de la C-01



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 21 y figura 23, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-01. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.840gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 9.02 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtiene un MDS=1.902gr/cm3 y OCH=9.75 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=2.017gr/cm3 y OCH=9.50 %. Finalmente, al incorporar un

22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.792gr/cm3 y OCH=12.10 %.

- **Resultado de la Calicata N.° 02**

Tabla 22.

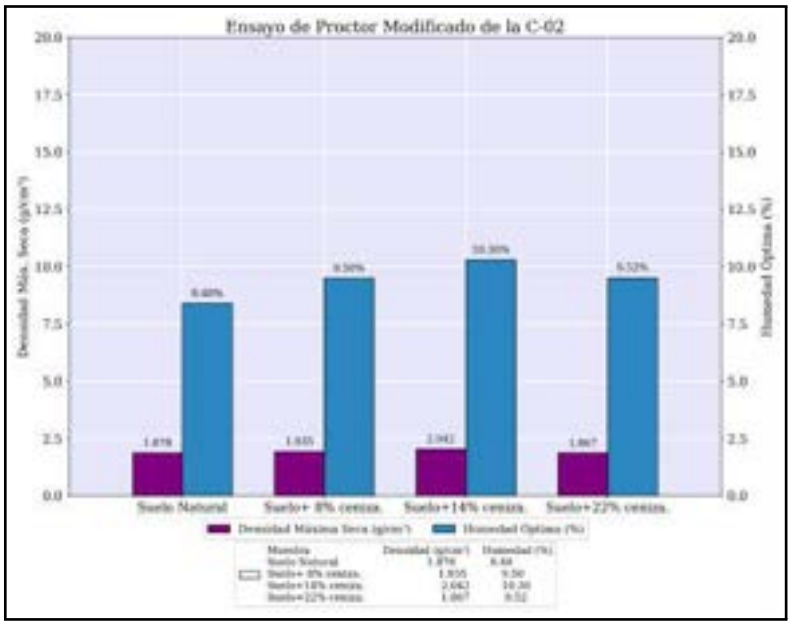
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-02.

PROCTOR MODIFICADO C_2		
Muestra de C-02	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.878	8.40 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.935	9.50 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	2.042	10.30 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.867	9.52 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24.

Resultados - Proctor Modificado de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 22 y figura 24, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-02. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.878gr/cm3 y un óptimo contenido de hume-

dad (OCH) de 8.40 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un MDS=1.935gr/cm3 y OCH=9.50 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=2.042gr/cm3 y OCH=10.30 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.867gr/cm3 y OCH=9.52 %.

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 23.

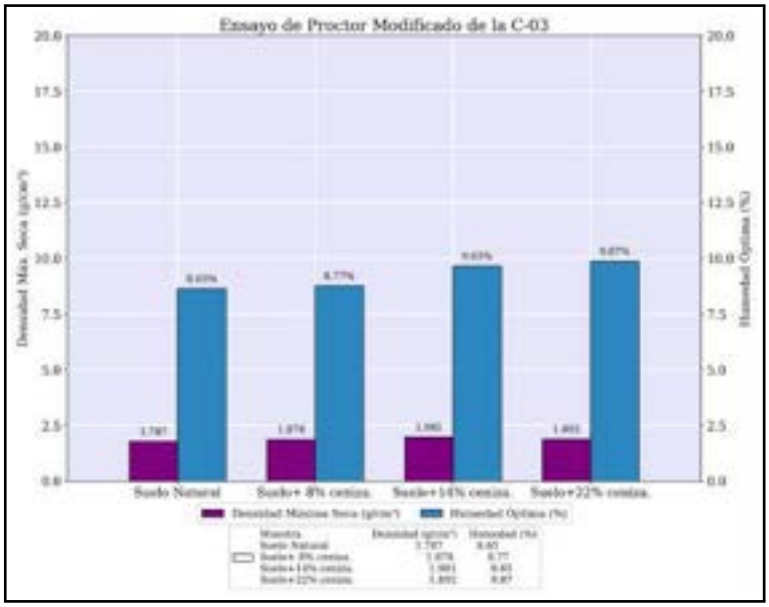
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-03.

PROCTOR MODIFICADO C_3		
Muestra de C-03	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.787	8.65 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.878	8.77 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	1.981	9.65 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.892	9.87 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25.

Resultados - Proctor Modificado de la C-03



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 23 y figura 25, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-03. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.787gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 8.65 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtiene un MDS=1.878gr/cm3 y OCH=8.77 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=1.981gr/cm3 y OCH=9.65 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.892gr/cm3 y OCH=9.87 %.

- **Interpretación Final**

Tabla 24.

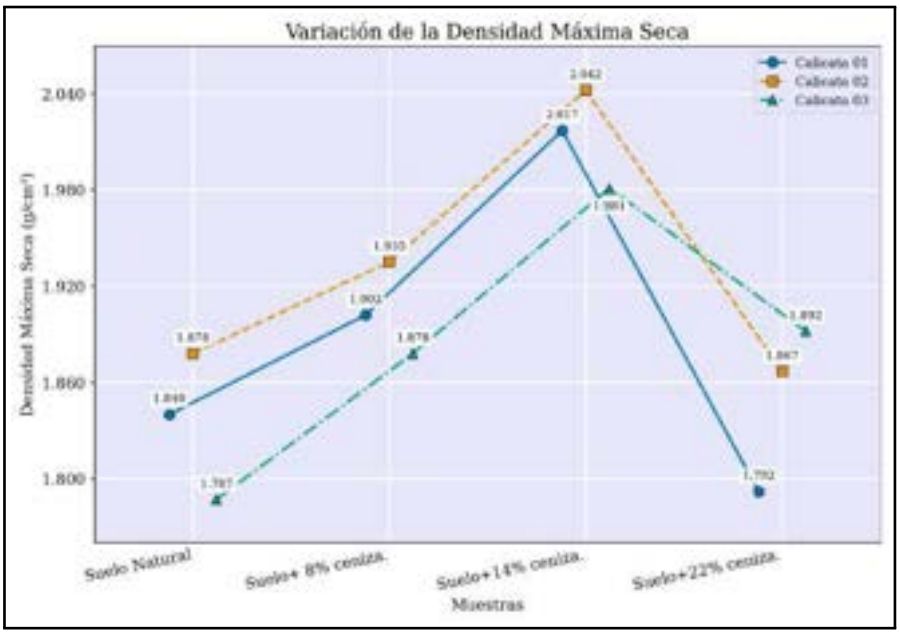
Resumen de ensayo - Proctor Modificado de la C_1, C_2 y C_3

RESUMEN DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.840	1.902	**2.017**	1.792
	Humedad óptima (%)	9.02 %	9.75 %	9.50 %	12.10 %
C-02	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.878	1.935	**2.042**	1.867
	Humedad óptima (%)	8.40 %	9.50 %	10.30 %	9.52 %
C-03	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.787	1.878	**1.981**	1.892
	Humedad óptima (%)	8.65 %	8.77 %	9.65 %	9.87 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26.

Resultados de variación de Densidad Máxima Seca



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo Proctor Modificado evidencian que la incorporación de ceniza de eucalipto modifica la densidad seca máxima del suelo, alcanzándose el valor óptimo con una dosificación del 14 %, la cual presenta el mejor comportamiento entre las proporciones evaluadas.

4.1.8. Ensayo de CBR

4.1.8.1. Objetivo

El objetivo del ensayo C.B.R (California Bearing Ratio) es determinar la capacidad de soporte del suelo utilizado en subrasantes, subbases y bases de pavimentos. Es una prueba fundamental para:

4.1.8.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- AASHTO T193.

4.1.8.3. Equipos y Materiales

- Máquina para penetración CBR con velocidad fija de 1.27 mm/min (0.05 in/min).
- Molde C.B.R (152 mm de diámetro y 178 mm de altura).
- Collarín de extensión y base perforada.
- Pesas/masas para simular la sobre carga (2.27 kg y 4.54 kg).
- Pistón de penetración estándar (50 mm de diámetro).
- Compactador manual o mecánico (según ASTM D1557).
- Pisón metálico de 4.54 kg y altura de caída 457 mm (si se usa compactación Proctor Modificado).
- Horno de secado (110 ± 5 °C).
- Tanque o bandeja para curado por inmersión de 96 horas (opcional según diseño).
- Balanza con precisión de 1 g.
- Regla, espátula y herramientas de compactación.
- Discos espaciadores y papel filtro.
- tamices de 3/4, y N° 4 y agua destilada.

4.1.8.4. Procedimiento del Ensayo

Preparación de la muestra

- Seleccionar el suelo que pasa la tamiz (malla) N.º 3/4" (19 mm).
- Determinar la humedad adecuada para compactación (Humedad Óptima – HO).

- Compactamos cada muestra en cinco capas iguales en los tres (03) moldes CBR, utilizando 12, 25 y 56 golpes por capa en el primer, segundo y tercer moldes cilíndricos, respectivamente.
- Nivelar la superficie y poner un disco de carga y papel filtro.
- Pesar el molde correspondiente con el suelo compactado.

Ensayo con inmersión

- Colocar el molde cilíndrico compactado en un tanque o pozo con agua por un periodo 96 horas (04 días).
- Medir diariamente la expansión si se requiere.
- Luego del curado por inmersión, retirar y drenar el molde.
- Aplicar las masas de sobrecarga.
- Colocar el molde cilíndrico en la máquina CBR.
- Realizar la penetración del pistón a 1.27 mm/min.
- Anotar continuamente la carga aplicada contra la profundidad de penetración.

4.1.8.5. Resultados del ensayo

Los valores de los siguientes ensayo de CBR son las siguiente:

- **Resultado de la Calicata N° 01**

Tabla 25.

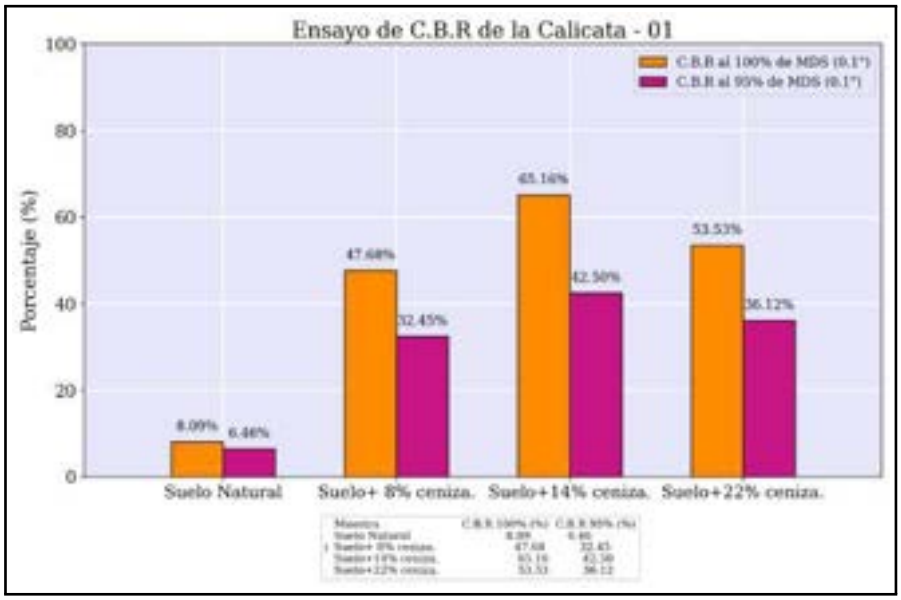
Ensayo de CBR de la C-01.

ENSAYO CBR C-01		
Muestra de C-01	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	8,09 %	6,46 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	47,68 %	32,45 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	65,16 %	42,50 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	53,53 %	36,12 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-01



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 25 y figura 27, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-01. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 6.46 % estando en una clasificación de subrasante Insuficiente y al 100 % el CBR fue de 8.09 % siendo una subrasante Regular. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 32.45 %, y CBR al 100 % de 47.68 %. Con un 14 % de Ceniza

de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 42.50 %, y CBR al 100 % de 65.16 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 36,12 %, y CBR al 100 % de 53.53 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Resultado de la Calicata N° 02**

Tabla 26.

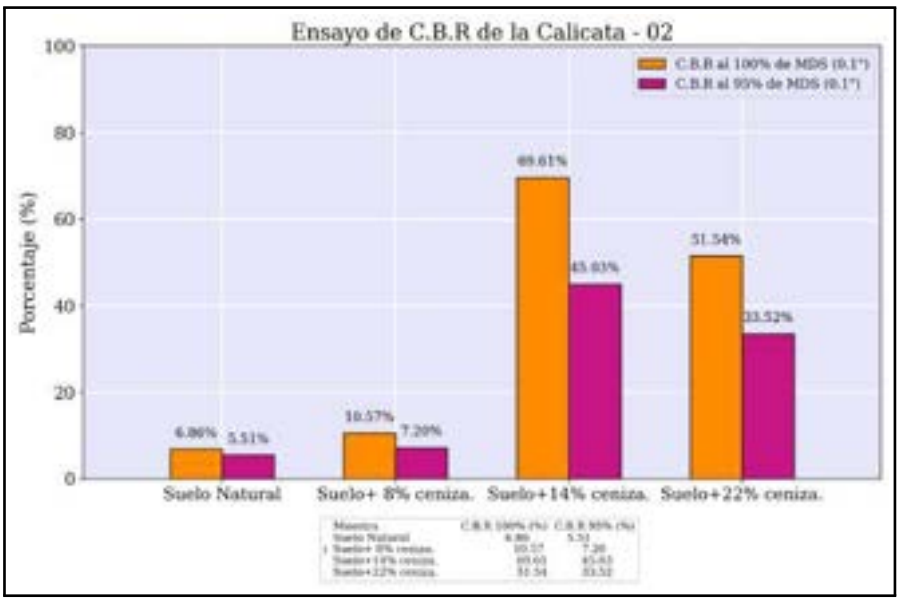
Ensayo de CBR de la C-02.

ENSAYO CBR C-02		
Muestra de C-02	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	6.86 %	5.51 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	10.57 %	7.20 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	69.61 %	45.03 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	51.54 %	33.52 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 26 y figura 28, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-02. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 5.51 % estando en una clasificación de subrasante Insuficiente y al 100 % el CBR fue de 6.86 % siendo una subrasante Regular. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 7.20 %, y CBR al 100 % de 10.57 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 45.03 %, y CBR al 100 % de 69.61 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 33.52 %, y CBR al 100 % de 51.54 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Resultado de la Calicata N° 03**

Tabla 27.

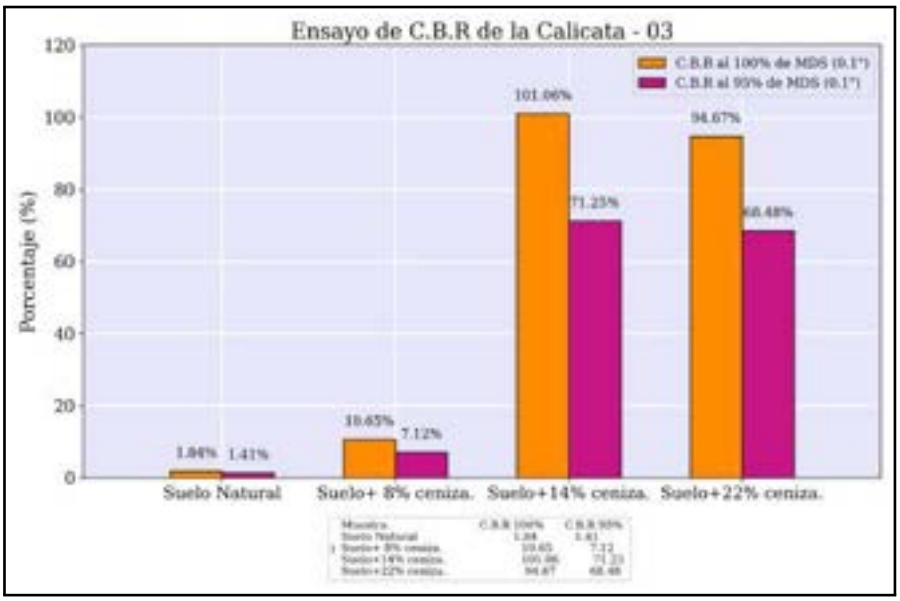
Ensayo de CBR de la C-03.

ENSAYO CBR C-03		
Muestra de C-03	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	1.84 %	1.41 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	10.65 %	7.12 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	101.06 %	71.25 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	94.67 %	68.48 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-03



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 27 y figura 29, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-03. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 1.41 % estando en una clasificación de subrasante Pobre y al 100 % el CBR fue de 1.84 % siendo una subrasante Pobre. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 7.12 %, y CBR al 100 % de 10.65 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 71.25 %, y CBR al 100 % de 101.06 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 68.48 %, y CBR al 100 % de 94.67 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Interpretación Final**

Tabla 28.

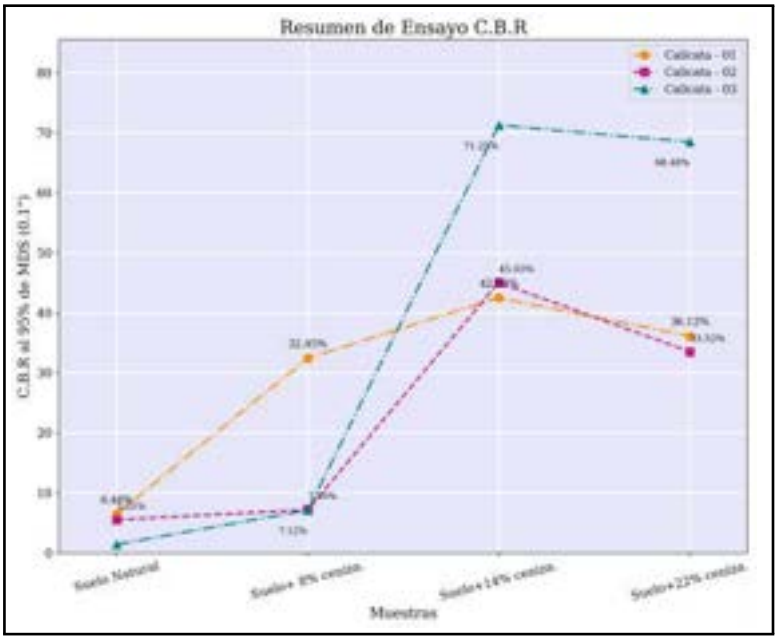
Resumen de Ensayo de CBR de la C-01,C-02 y C-03.

RESUMEN DE ENSAYO DE CBR					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	CBR al 100 %	8,09 %	47,68 %	65,16 %	53,53 %
	CBR al 95 %	6,46 %	32,45 %	42,50 %	36,12 %
C-02	CBR al 100 %	6,86 %	10,57 %	69,61 %	51,54 %
	CBR al 95 %	5,51 %	7,20 %	45,03 %	33,52 %
C-03	CBR al 100 %	1,84 %	10,65 %	101,06 %	94,67 %
	CBR al 95 %	1,41 %	7,12 %	71,25 %	68,48 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30.

Resumen de ensayo de CBR al 95



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del ensayo CBR evidencian que la incorporación de ceniza de eucalipto mejora la capacidad portante del suelo, alcanzándose los mayores valores de CBR con una dosificación del 14 %, la cual representa la condición óptima.

4.2. Prueba de hipótesis

La hipótesis se verificó mediante el análisis descriptivo de los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio. Se compararon los valores promedio del índice de plasticidad, la densidad máxima seca y el CBR del suelo natural y de las mezclas con 8 %, 14 % y 22 % de ceniza de eucalipto. La disminución del índice de plasticidad, el incremento de la densidad máxima seca y el aumento del CBR evidencian que la incorporación de ceniza de eucalipto mejora las propiedades geotécnicas del suelo expansivo.

4.2.1. Hipótesis especifica 01

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no presenta variaciones en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Análisis preliminar de los datos

Tabla 29.

Valores de Índice de plasticidad

Porcentaje de Ceniza	Índice de Plasticidad		
	C1	**C2**	**C3**
SN	10.75 %	21.44 %	21.12 %
SN + 8 % C. de eucalipto	8.28 %	13.29 %	17.01 %
SN + 14 % C. de eucalipto	7.63 %	11.03 %	13.17 %
SN + 22 % C. de eucalipto	5.31 %	6.64 %	5.96 %

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva para cada tratamiento (0 %, 8 %, 14 % y 22 %)

Tabla 30.

Estadística descriptiva de Índice de plasticidad

Tratamiento	n	Media	Mediana	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango
SN	3	17.77	21.12	36.99	6.08	10.75	21.44	10.69
SN+8 %	3	12.86	13.29	19.19	4.38	8.28	17.01	8.73
SN+14 %	3	10.61	11.03	7.81	2.79	7.63	13.17	5.54
SN+22 %	3	5.97	5.96	0.44	0.67	5.31	6.64	1.33

Fuente: Elaboración propia

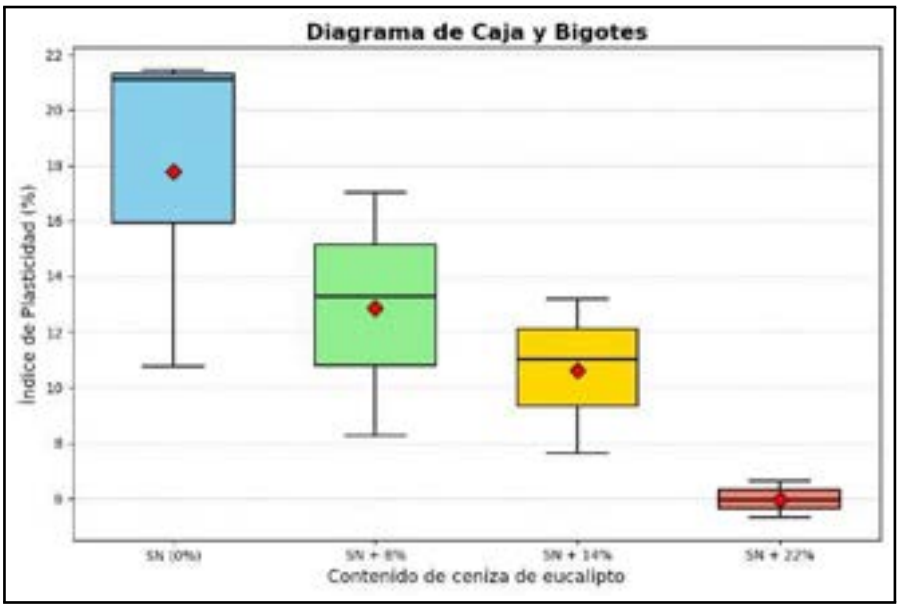
- **Decisión:**

  Según la tabla 30 la estadística descriptiva muestra que el índice de plasticidad disminuye conforme aumenta el porcentaje de ceniza de eucalipto. El suelo natural presentó la mayor media (17.77 %), mientras que la mezcla con 22 % de ceniza registró la menor (5.97 %). Además, la reducción de la desviación estándar (de 6.08 a 0.67) evidencia una mayor homogeneidad de los resultados, indicando que la incorporación de ceniza mejora el comportamiento plástico del suelo.

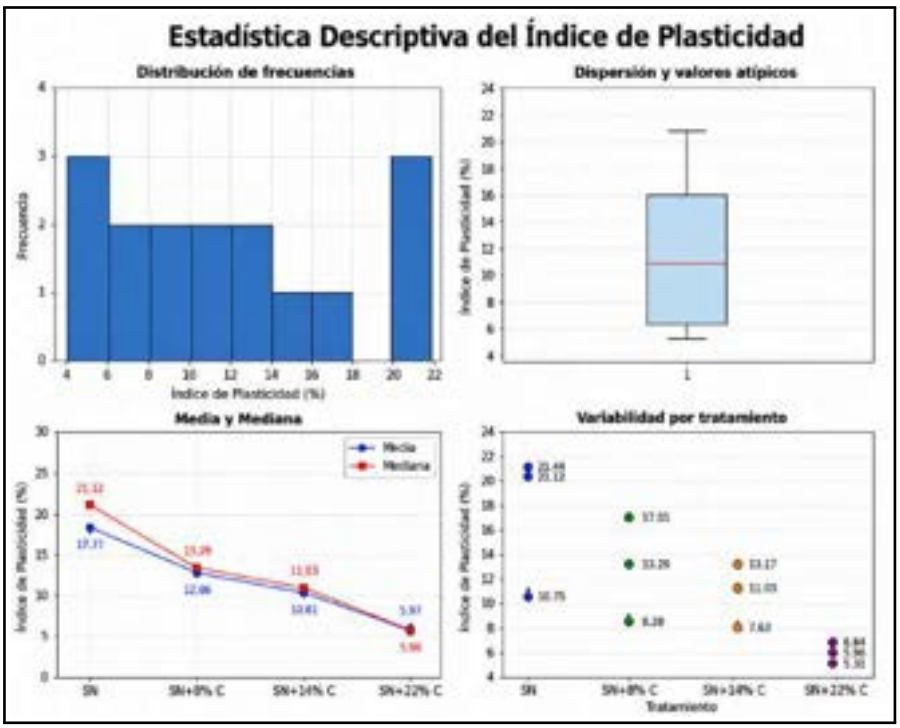
c) Resultados Gráficos

Figura 31.

Resultados gráficos de Índice de plasticidad.



(a) Diagrama de cajas y Bigotes



(b) Gráfico de barras y dispersión con medias y medianas

d) Constrastacion de hipotesis

En función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), concluyéndose que la incorporación de

cenizas de eucalipto produce variaciones en el índice de plasticidad del suelo. Estos resultados respaldan la hipótesis de investigación, al evidenciar que el uso de cenizas de eucalipto influye en el comportamiento plástico del suelo y contribuye a mejorar sus propiedades para su estabilización.

4.2.2. Hipótesis especifica 02

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no presenta variaciones en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Análisis preliminar de los datos

Tabla 31.

Valores de Máxima densidad seca

Porcentaje de Ceniza	Máxima densidad seca (g/cm3)			MDS Promedio
	C1	C2	C3	
SN	1.840	1.878	1.787	**1.835**
SN + 8 % C. de eucalipto	1.902	1.935	1.878	**1.905**
SN + 14 % C. de eucalipto	2.017	2.042	1.981	**2.013**
SN + 22 % C. de eucalipto	1.792	1.867	1.892	**1.850**

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva para cada tratamiento (0 %, 8 %, 14 % y 22 %)

Tabla 32.

Estadística descriptiva de Máxima densidad seca

Tratamiento	n	Media	Mediana	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango
SN	3	1.835	1.840	0.00209	0.04571	1.787	1.878	0.091
SN+8 %	3	1.905	1.902	0.00082	0.02862	1.878	1.935	0.057
SN+14 %	3	2.013	2.017	0.00094	0.03066	1.981	2.042	0.061
SN+22 %	3	1.850	1.867	0.00271	0.05204	1.792	1.892	0.100

Fuente: Elaboración propia

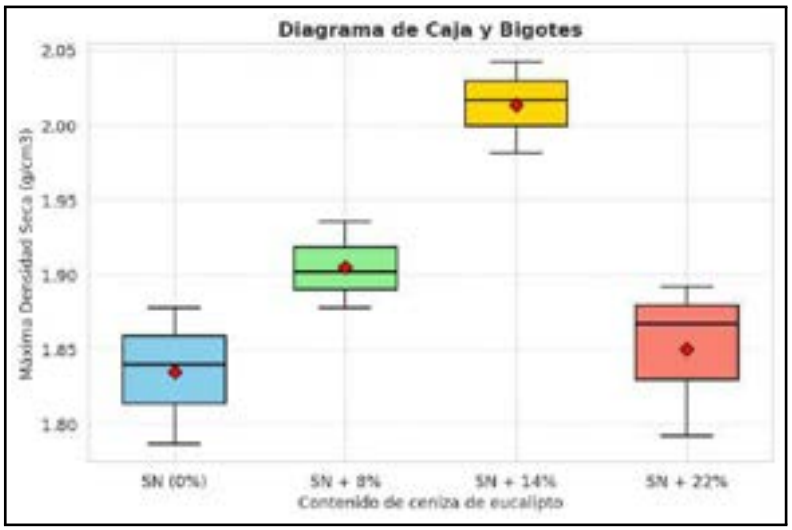
- **Decisión:**

  Según la tabla 32 la estadística descriptiva muestra que la máxima densidad seca (MDS) aumenta con la incorporación de ceniza de eucalipto hasta un contenido del 14 %, alcanzando una media de 2.013 g/cm^3, superior a la del suelo natural (1.835 g/cm^3). Este comportamiento indica una mejor compactación del material debido al efecto de relleno de las partículas finas y a la mejora en el empaquetamiento del suelo.

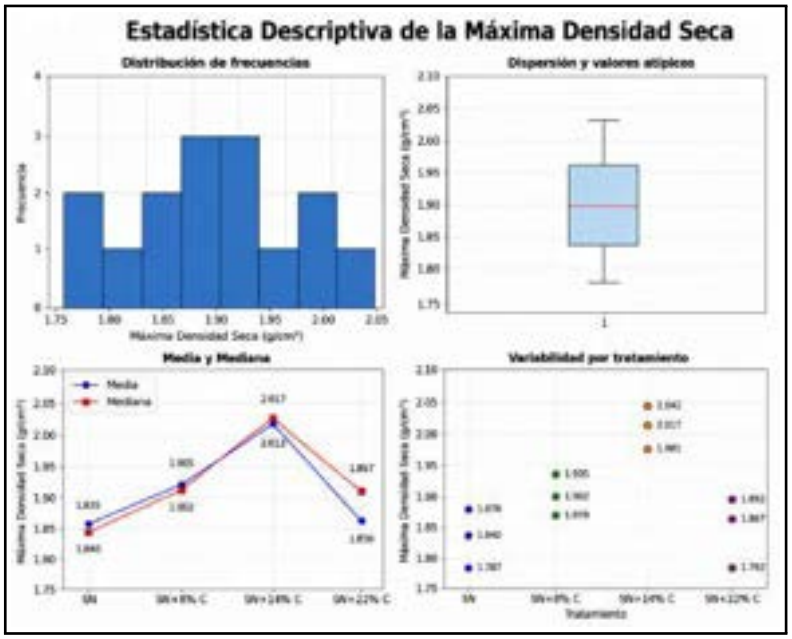
c) Resultados Gráficos

Figura 32.

Resultados gráficos de la máxima densidad seca.



(a) Diagrama de cajas y bigotes.



(b) Gráfico de barras y dispersión con medias y medianas.

d) Constatación de hipótesis

En función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (HO) y se acepta la hipótesis alterna (H1), concluyéndose que la incorporación de cenizas de eucalipto produce variaciones en máxima densidad seca. La dosificación del 14 % presentó el mejor comportamiento, evidenciando una mayor densidad seca máxima y un contenido de humedad óptimo favorable, contribuyendo a la estabilización del suelo.

4.2.3. Hipótesis especifica 03

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no presenta variaciones en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos

a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Análisis preliminar de los datos

Tabla 33.

Valores de CBR al 95 % de las muestras

Porcentaje de Ceniza	C.B.R al 95 % de la MDS			CBR Promedio
	C1	C2	C3	
SN	6.46	5.51	1.41	**4.46**
SN + 8 % C. de eucalipto	32.45	7.20	7.12	**15.59**
SN + 14 % C. de eucalipto	42.50	45.03	71.25	**52.93**
SN + 22 % C. de eucalipto	36.12	33.52	68.48	**46.04**

Fuente: Elaboración propia

La estadística descriptiva para cada tratamiento (0 %, 8 %, 14 % y 22 %)

Tabla 34.

Estadística descriptiva de CBR al 95 %

Tratamiento	n	Media	Mediana	Varianza	Desv. Est.	Mínimo	Máximo	Rango
SN	3	4.46	5.51	7.20	2.68	1.41	6.46	5.05
SN+8 %	3	15.59	7.20	213.20	14.60	7.12	32.45	25.33
SN+14 %	3	52.93	45.03	253.41	15.92	42.5	71.25	28.75
SN+22 %	3	46.04	36.12	379.36	19.48	33.52	68.48	34.96

Fuente: Elaboración propia

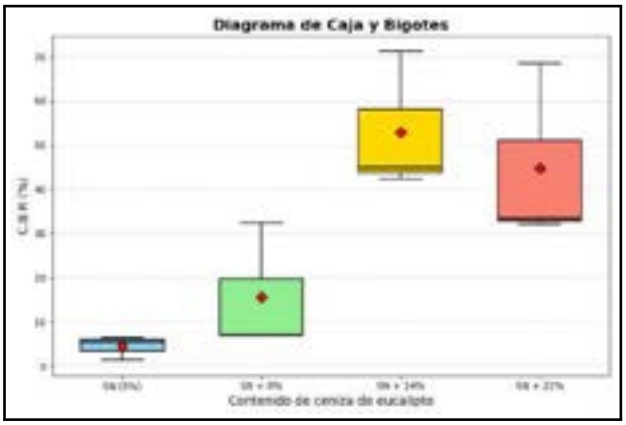
- **Decisión:**

  Según la tabla 34 la estadística descriptiva evidencia que la incorporación de ceniza de eucalipto incrementa la capacidad portante del suelo. El 14 % de ceniza registró el mayor CBR promedio (52.93 %), constituyendo la dosificación óptima, mientras que el suelo natural presentó el menor valor (4.46 %). Confirmando la efectividad de la ceniza de eucalipto para mejorar el desempeño de la subrasante.

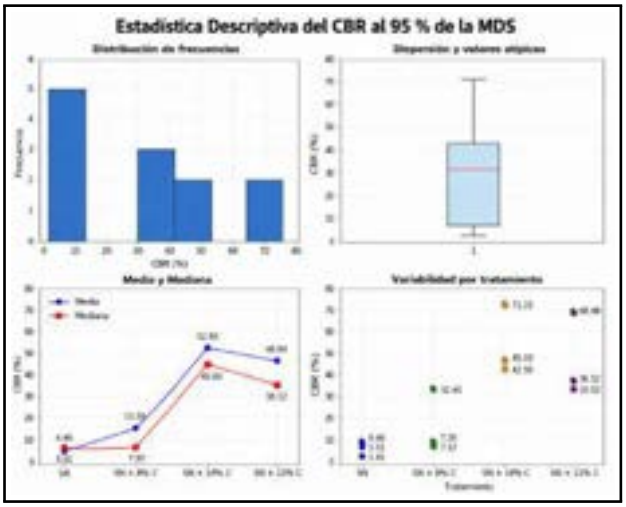
c) Resultados Gráficos

Figura 33.

Resultados gráficos del CBR al 95 % de la MDS.



(a) Diagrama de cajas y Bigotes



(b) Gráfico de barras y dispersión con medias y medianas

d) Constatación de hipótesis

En función de los resultados obtenidos, se rechaza la hipótesis nula (H0) y se acepta la hipótesis alterna (H1), concluyéndose que la incorporación de cenizas de eucalipto produce variaciones en la capacidad portante del suelo, evaluada mediante el ensayo CBR. Los resultados evidencian un incremento en los valores de CBR respecto al suelo natural, siendo la dosificación del 14 % presentó el mejor comportamiento, contribuyendo a la estabilización del suelo a nivel de subrasante.

4.3. Discusión de los resultados

Limites de consistencia

Los resultados de la investigación establecieron que el empleo de ceniza de eucalipto en proporciones del 8 %, 14 % y 22 % presentan variaciones en los limites de consistencia para estabilizar suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui- Corral pampa Huancavelica. En donde los resultados de Indice plástico disminuye favorablemente con la adición de ceniza, obteniendo valores de IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 %. En comparación con lo que concluye M. Quispe (2024), fue inferior en términos de resultados, los cuales emplearon una adición del 4 %, 8 % y 12 % llegando a valores de MDS de IP=18.76 %, IP=14.97 %, IP=11.18 % y IP=6.28 %, obteniendo el valor mas bajo 6.28 % para un 12 % de ceniza de eucalipto.

Máxima densidad seca (MDS)

Los resultados de la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del uso de ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 % sobre la máxima densidad seca (MDS) y el contenido óptimo de humedad, en el proceso de estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica.

Los resultados obtenidos evidencian que la máxima densidad seca incrementa con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para el suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3. Al adicionar 8 % de ceniza de eucalipto, la MDS aumentó a 1.905 g/cm^3, mientras que con una dosificación de 14 %, se registró el valor más alto, MDS = 2.013 g/cm^3. Finalmente, al incorporar 22 % de ceniza de eucalipto, la MDS presentó una ligera disminución, alcanzando un valor de 1.850 g/cm^3. Al comparar estos resultados fue inferior en cuanto a lo que concluye Gonzales (2018), los cuales emplearon una adición del 0 %, 6 %, 16 % y 26 % llegando a valores de MDS de 2.081gr/cm3, 2.106gr/cm3, 2.110gr/cm3 y 2.112gr/cm3, teniendo como máximo valor la adición del 26 %.

Capacidad de soporte (CBR)

Los resultados de la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del uso de ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 % en la capacidad de soporte (CBR), para la estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica.

Los resultados de CBR al 95 % obtenido fue de 4.46 %, 15.59 %, 52.93 % y 46.04 % con la incorporación de cenizas de eucalipto en 0 %, 8 %, 14 % y 22 % respectivamente los cuales fueron inferiores con respecto a lo que concluyo Gonzales (2018), obteniendo. para los contenidos de ceniza 0 %, 6 %, 16 % y 26 %, el CBR fue del 33.10 %, 63.80 %, 52.70 % y 64.20 % ; el mayor valor de la CBR de 64.20 % que alcanzo con un 26 % ceniza.

Conclusiones

- El uso de cenizas de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 %. en suelos expansivos presenta variaciones en los límites de consistencia. El suelo natural evidenció alta plasticidad, con (I_P) de 17.77 %, el cual disminuyó en IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 %. evidenciándose una reducción en el límite líquido (L_L) y el índice de plasticidad (I_P), así como una ligera variación en el límite plástico (L_P). Esto indica una mejor estabilidad del suelo, disminuyendo su potencial expansivo y contracción, lo cual es óptimo para su utilización como subrasante.

- La incorporación de cenizas de eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca (MDS), alcanzando para la muestra de suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3 y al agregar en 8 %, 14 % y 22 % aumento en MDS = 1.905 g/cm^3, MDS = 2.013 g/cm^3 y MDS = 1.850 g/cm^3. Lo cual mejora la trabajabilidad del suelo y contribuye a una mejor compactación en campo.

- La utilización de cenizas de eucalipto optimiza la capacidad de soporte del suelo, reflejado en una variación del valor de C.B.R al 95 % del suelo natural fue de 4.46 %, clasificándose como subrasante pobre; sin embargo, al adicionar ceniza de eucalipto, la resistencia se incrementó notablemente, alcanzando valores de CBR de 15.59 %, 52.93 % y 46.04 %. Esto demuestra que la ceniza funciona como un material estabilizante, optimizando la resistencia mecánica del suelo, lo cual es fundamental para el diseño y desempeño de la subrasante. Con la dosificación de 14 % de ceniza de eucalipto se obtuvo el mayor valor de CBR (52.93 %), lo que manifiesta una mejora óptima en la resistencia del suelo.

Recomendaciones

- En la construcción de carreteras, el suelo a nivel subrasante debe ajustarse con los parámetros mecánicos indicados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (M.T.C), tales como valores mínimos de C.B.R, densidad seca máxima (Proctor Modificado) y rangos adecuados de límites de consistencia (LL, LP e IP). En caso de presentar valores inferiores a los requeridos, se recomienda aplicar mecanismos de estabilización de suelos, como la incorporación de cenizas de eucalipto, con la finalidad de mejorar su capacidad portante y disminuir su plasticidad.

- Para la correcta estabilización, es indispensable trabajar el suelo a su contenido de humedad óptimo, determinado mediante el ensayo Proctor Modificado. Esto permitirá alcanzar la máxima densidad seca y asegurar una apropiada interacción entre la ceniza y el suelo, optimizando así el comportamiento mecánico del material.

- Es importante continuar con estudios experimentales que analicen la influencia de la ceniza proveniente de eucalipto en distintas clasificaciones de suelos (especialmente suelos finos como A-6 y A-7), evaluando su comportamiento en términos del grado de compactación (Proctor Modificado), resistencia (CBR) y variaciones en los límites de consistencia.

Referencias

Aguilar, H. O., y Bravo, J. C. (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 grado). Universidad Andina del Cusco.

Arias, J. L., y Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, *1*(1), 66–78.

Bastidas Martinez, J. G. D., y Quintana Cabeza, C. D. (2018). Título: Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante autor (es): Parra gomez, manuel gerardo.

Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica*. Ciudad: Editorial.

Braja, M. D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ma ed.). Cengage Learning México DF. Descargado de https://aportesingecivil.com/libro-fundamentos-de-ingenieria-de-cimentaciones/

Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4.ª ed.). México D.F.: Cengage Learning.

Cañar, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ecuador.

Chacón, J., Irigaray, C., Hamdouni, R., y Lamas, F. (2004). *Mecánica de suelos y rocas: Prácticas y ensayos*.

Chirinos, E., Rodriguez, E., y Muñoz, S. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el cbr con fines de pavimentación: Una revisión literaria. *Suelos Ecuatoriales*, *51*(1), 72–92.

Dabou, C. A.-g. Z., Blaise Kanali. (2021). Structural performance of laterite soil stabilised with cement and blue gum (eucalyptus globulus) wood ash for use as a road base material. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *69*(257-264). doi: 10.14445/22315381/IJETT-V69I9P231

Delgado, C. A., y Mormontoy, V. D. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de mazorca de maíz y cal* (Tesis de grado). Universidad Andina del Cusco.

FAO. (2014). *Befs rapid appraisal: Introduction to the approach and the manuals*. Rome: FAO. Descargado de https://www.fao.org/energy/resources/tools/bioenergy-and-food-security/befs-rapid-appraisal/en/

Gonzales, F. M. (2018). *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno* (Tesis de grado). Universidad Nacional Néstor Cáceres velásquez, Puno-Perú.

Guillermo Ayala, A. R., y Durán, G. (2019). Study of the effect of the addition of ash from artisan brick kilns in the stabilization of clay soils for pavements. (7). doi: 10.18687/LACCEI2019.1.1.115

Hussein Karim, M. A.-R., y Nsaif, M. (2018). Stabilization of soft clayey soils with sawdust ashes. (1-7). doi: 10.1051/matecconf/201816201006

Jara, A. (2024). Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín). *Su Comportamiento Mecánico–Deformacional Para El Mejoramiento De La Subrasante, De Las Vías De La Urbanización Las Gardenias De La Ciudad De Juliaca. Puno-Perú: Universidad Nacional Del Altiplano*.

Jurado, C. A. (s.f.). Dimensiones de la estabilización de suelos.

Juárez, E., y Rico, A. (2005). *Mecánica de suelos. tomo i: Fundamentos de la mecánica de suelos*. México, D.F.: Limusa.

Labajos, O. G., y Núñez, J. H. S. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*. Descargado de https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/589 doi: 10.25127/ucni.v3i1.589

Laos, C. G. (2022). *Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, huánuco 2022* (Tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Maldonado Pomasoncco, G. (2023). *Cenizas de eucalipto (eucalyptus globullus labill) con tratamiento térmico, modificado en medio alcalino para la remoción de niquel y cadmio en soluciones ideales* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú). Descargado de https://repositorio.unsch.edu.pe/home

Mallqui, J. E. (2021). *Aplicación de las cenizas de madera producto de las ladrilleras artesanales en el compactado de zanjas en el distrito de pillcomarca–huánuco 2021* (Tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Ministerio del Ambiente. (2020). *Informe final de la línea de base de pino y eucalipto.* Descargado de https://bioseguridad.minam.gob.pe/normatividad/implementacion/lineas-de-base/pino-y-eucalipto/

Morales, D. (2015). *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas* (Tesis de grado). Universidad de Medellín, Colombia.

MTC. (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. *Lima.: MTC*.

MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales.
(R.D. N° 18-2016-MTC/14, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima, Perú)

Quinto, O., y Ortiz, F. (2019). *Influencia de las características geotécnicas en el diseño de cimentaciones en el sector San Gerónimo - Huancavelica* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú). Descargado de https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3200

Quispe, M. (2024). *Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida tasa de la ciudad de juliaca provincia de san román región puno* (Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú). Descargado de https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3458

Quispe, V., y Romero, G. (2023). *Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera colcabamba* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica.

Romero Ferrer, V. M., y Solar Zegarra, H. R. (2020). Influencia del porcentaje de ceniza de cáscaras de arroz y residuos de conchas de abanico sobre el índice de cbr en la estabilización de un suelo arcilloso, en el distrito de san pedro de lloc.

Salinas, J. E., y Villao, R. A. (2019). *Estudio comparativo de estabilización de suelos de subrasante suelos expansivos, utilizando cal, sal y geoceldas, para implementación en una nueva vía en la comuna bajadita de colonche de la parroquia colonche.* (Tesis de grado). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Valenzuela, A., Hinostroza, H., Hinostroza, V., Ayuque, N., Aliaga, A., Lazo, C., y Carhuallanqui, B. (2025). Sustainable stabilization of clayey soils: The influence of recycled rubber and eucalyptus ash. *Civil Engineering and Architecture*, *13*(4). doi: 10.13189/cea.2025.130419

Vassilev, S. V., Baxter, D., Andersen, L. K., y Vassileva, C. G. (2013). An overview of the composition and application of biomass ash. part 1: Phase–mineral and chemical composition and classification. *Fuel*, *105*, 40–76. doi: 10.1016/j.fuel.2012.09.041

Villanueva, C. D. (2023). Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación.

Villasís-keever, H. Z.-c. J. N., Miguel Ángel Márquez-gonzález. (2018). El protocolo de investigación vii . validez y confiabilidad de las mediciones. *International Journal of Engineering Trends and Technology*, *65*(414-421). doi: 10.29262/ram.v65i4.560

ANEXOS

A.1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Región Huancavelica - 2024"

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? **Problemas específicos** 1. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en los límites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui -Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? 2. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? 3. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024?	**Objetivo general** Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. **Objetivos específicos** 1. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en las propiedades físicas para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 2. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 3. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024.	**Antecedentes** A. **Internacional** Universidad Técnica de Ambato – Ecuador - (2017): Cañar Tiviano, "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón". B. **Nacional** Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez - (2024): Quispe Melany, "Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de la ciudad de Juliaca provincia de San Román región Puno". C. **Local** Universidad Nacional de Huancavelica - (2023): Quispe y Romero, "Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera Colcabamba". **Marco Teórico Referencial** ▪ Estabilización de suelos ▪ Granulometría ▪ Límite Consistencia ▪ Proctor modificado ▪ CBR	**Hipótesis general** El uso de cenizas de Eucalipto presenta variaciones para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. **Hipótesis específicas:** 1. El uso de cenizas de eucalipto presenta variaciones en las propiedades fisicas para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 2. El uso de cenizas de Eucalipto presenta variaciones en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 3. El de cenizas de Eucalipto presenta variaciones en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024.	**Identificación de Variables:** **a. Variable Independiente:** Cenizas de Eucalipto **Dimensiones:** 1. Dosificación de ceniza de eucalipto. ▪ Incorporación de 8 % de cenizas. ▪ Incorporación de 14 % de cenizas. ▪ Incorporación de 22 % de cenizas. **b. Variable dependiente:** Estabilización de suelos expansivos **Dimensiones:** ▪ Propiedades Físicas. ▪ Máxima densidad seca. ▪ Capacidad portante de suelo (CBR).	**Tipo:** Aplicada. **Nivel:** Explicativo **Diseño:** Cuasiexperimental **Población y Muestra:** **Población** Carretera Quiralquichqui – Corral Pampa – Distrito de Huancavelica, Provincia de Huancavelica. **Muestra** Según MTC 2014 por cada km 1 calicatas. Se tomará el tramo de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa donde se realiza 3 calicatas con una profundidad de 1.50 metros respecto al nivel de la sub rasante. **Técnicas e Instrumentos:** **Técnicas:** ▪ Observación ▪ Análisis documentario ▪ Análisis de laboratorio **Instrumentos:** ▪ Fichas técnicas de laboratorio ▪ Equipos e instrumentos de laboratorio ▪ Software computacional **Técnicas de Procesamiento de datos** Procesamiento de datos se realizará en los ensayos de laboratorio como haciendo uso del programa Excel y software penetration Stage. **Análisis de Datos** Excel y jupyter notebook

A.2. Ensayos de laboratorio

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024

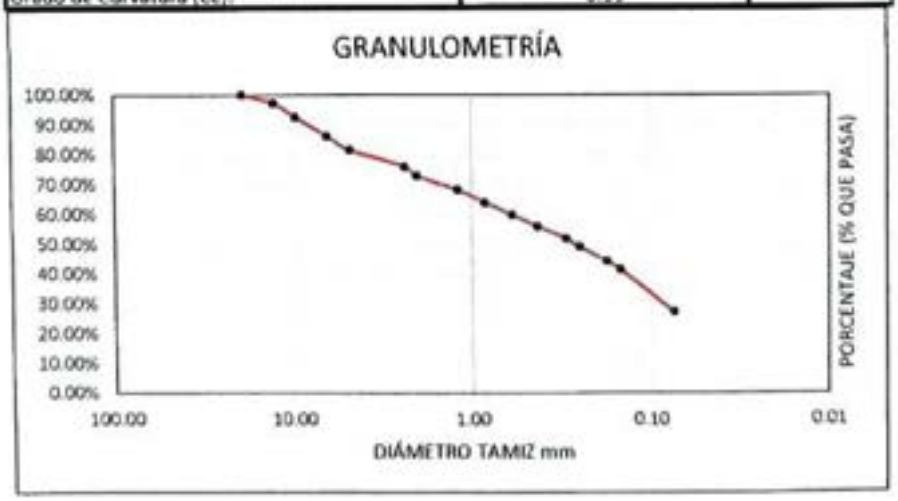
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANALISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.05	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.70	38.74	2.84%	2.84%	97.16%
3/8"	9.53	62.22	4.56%	7.40%	92.60%
1/4"	6.35	87.77	6.43%	13.83%	86.17%
N°4	4.76	63.22	4.63%	18.46%	81.54%
N°8	2.36	75.62	5.54%	24.00%	76.00%
N°10	2.00	41.42	3.03%	27.03%	72.97%
N°16	1.19	62.21	4.56%	31.59%	68.41%
N°20	0.84	58.28	4.27%	35.86%	64.14%
N°30	0.59	56.19	4.12%	39.98%	60.02%
N°40	0.43	53.35	3.91%	43.88%	56.12%
N°50	0.30	54.39	3.98%	47.87%	52.13%
N°60	0.25	37.75	2.77%	50.63%	49.37%
N°80	0.18	65.40	4.79%	55.43%	44.57%
N°100	0.15	37.87	2.77%	58.20%	41.80%
N°200	0.07	194.67	14.26%	72.46%	27.54%
FONDO	0.01	375.90	27.54%	100.00%	0.00%
TOTAL		1365.00			
PESO INICIAL		1365.00			

LIMITE LIQUIDO	LL=	33.31	%
LIMITE PLÁSTICO	LP=	22.56	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	10.75	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		81.54%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		27.54%	%
D60		0.59	mm
D30		0.09	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.03	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		17.72	
Grado de Curvatura (Cc):		0.39	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Flores Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

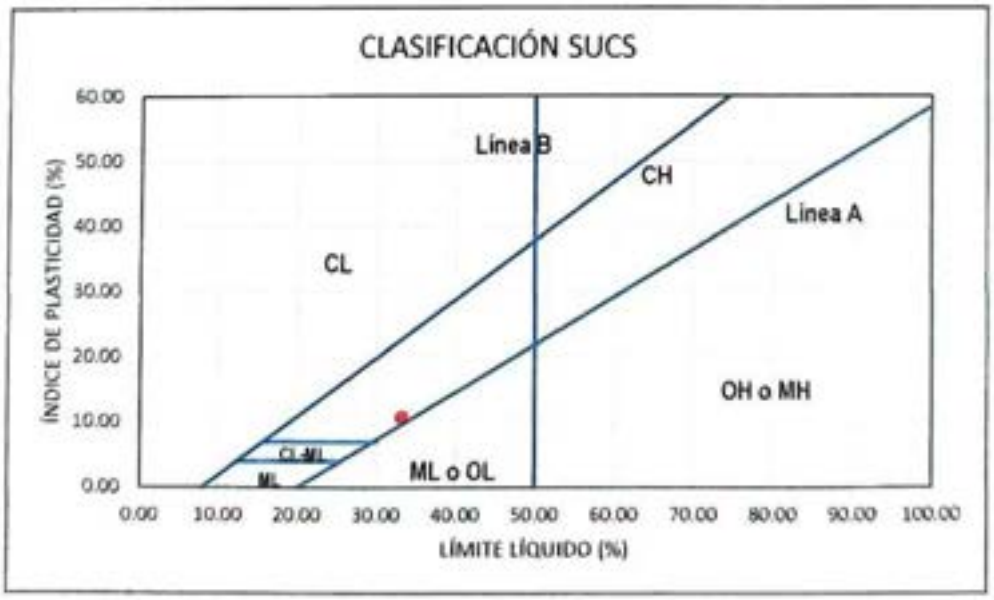
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRAQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Excelente o bueno
A-2-6 Grava y Arena Arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	0



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).
Arena Arcillosa SC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - FINCA
AREA DE INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Arnaldo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

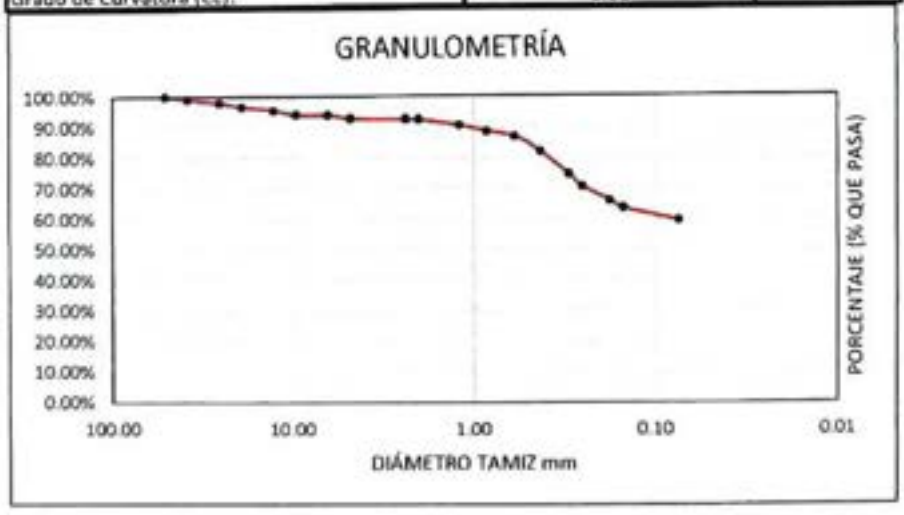
Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C2 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024
N.F (m): No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO
ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	39.53	0.81%	0.81%	99.19%
1"	25.40	63.67	1.30%	2.10%	97.90%
3/4"	19.05	59.68	1.22%	3.32%	96.68%
1/2"	12.70	63.48	1.29%	4.61%	95.39%
3/8"	9.53	66.18	1.35%	5.96%	94.04%
1/4"	6.35	10.83	0.22%	6.18%	93.82%
N°4	4.76	53.35	1.09%	7.27%	92.73%
N°8	2.36	12.31	0.25%	7.52%	92.48%
N°10	2.00	6.17	0.13%	7.64%	92.36%
N°16	1.19	98.06	2.00%	9.64%	90.36%
N°20	0.84	98.06	2.00%	11.64%	88.36%
N°30	0.59	83.10	1.69%	13.33%	86.67%
N°40	0.43	236.54	4.82%	18.15%	81.85%
N°50	0.30	370.71	7.55%	25.71%	74.29%
N°60	0.25	196.03	3.99%	29.70%	70.30%
N°80	0.18	226.46	4.61%	34.31%	65.69%
N°100	0.15	118.55	2.42%	36.73%	63.27%
N°200	0.07	190.33	3.88%	40.61%	59.39%
FONDO	0.01	2915.06	59.39%	100.00%	0.00%
TOTAL		4908.10			
PESO INICIAL		4908.10			

LIMITE LIQUIDO	LL=	42.57	%
LIMITE PLÁSTICO	LP=	21.14	%
INDICE DE PLASTICIDAD	IP=	21.44	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		92.73%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		59.39%	%
D60		0.09	mm
D30		0.04	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.02	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		4.13	
Grado de Curvatura (Cc):		1.01	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN EN LA EAPIC

Ing. Luis Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Regular a pobre
A-7-6 Suelo arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	10



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo con finos (suelo sucio)
Arcilla magra gravosa con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LABORATORIO

Téc. Lab.

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024

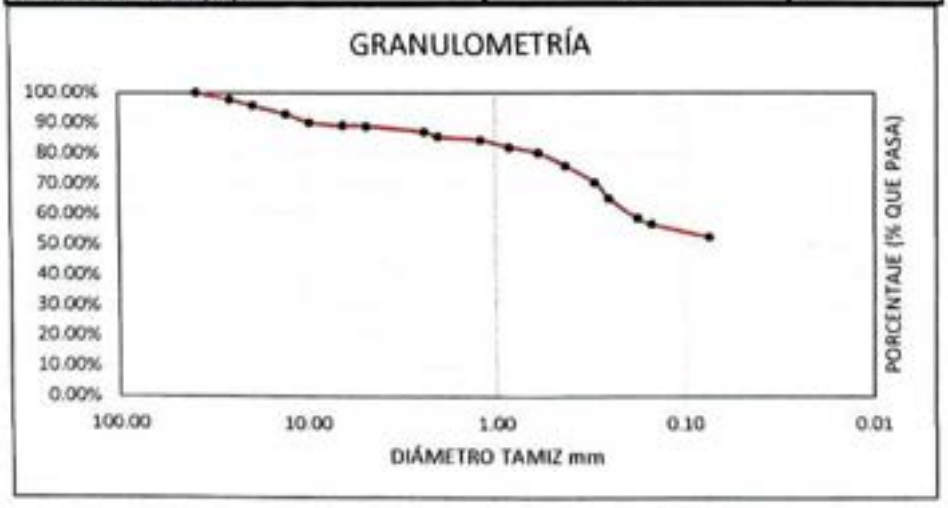
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	74.09	2.25%	2.25%	97.75%
3/4"	19.05	69.54	2.11%	4.36%	95.64%
1/2"	12.70	91.46	2.78%	7.14%	92.86%
3/8"	9.53	87.60	2.66%	9.80%	90.20%
1/4"	6.35	33.61	1.02%	10.82%	89.18%
N°4	4.76	8.19	0.25%	11.06%	88.94%
N°8	2.36	60.64	1.84%	12.91%	87.09%
N°10	2.00	50.39	1.53%	14.44%	85.56%
N°16	1.19	37.12	1.13%	15.56%	84.44%
N°20	0.84	76.49	2.32%	17.88%	82.12%
N°30	0.59	62.06	1.88%	19.77%	80.23%
N°40	0.43	136.43	4.14%	23.91%	76.09%
N°50	0.30	184.53	5.60%	29.51%	70.49%
N°60	0.25	169.77	5.15%	34.66%	65.34%
N°80	0.18	221.78	6.73%	41.40%	58.60%
N°100	0.15	61.78	1.88%	43.27%	56.73%
N°200	0.07	138.36	4.20%	47.47%	52.53%
FONDO	0.01	1730.36	52.53%	100.00%	0.00%
TOTAL		3294.20			
PESO INICIAL		3294.20			

LIMITE LIQUIDO	LL=	42.77	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	21.65	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	21.12	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		88.94%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		52.53%	%
D60		0.19	mm
D30		0.05	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.02	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		8.66	
Grado de Curvatura (Cc):		0.51	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIBALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Regulara pobre
A-7-6 Suelo Arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	8



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo con finos (suelo sucio)
Arcilla magra gravosa con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: CENIZA Muestra: M-1 Fecha: 23/02/2024

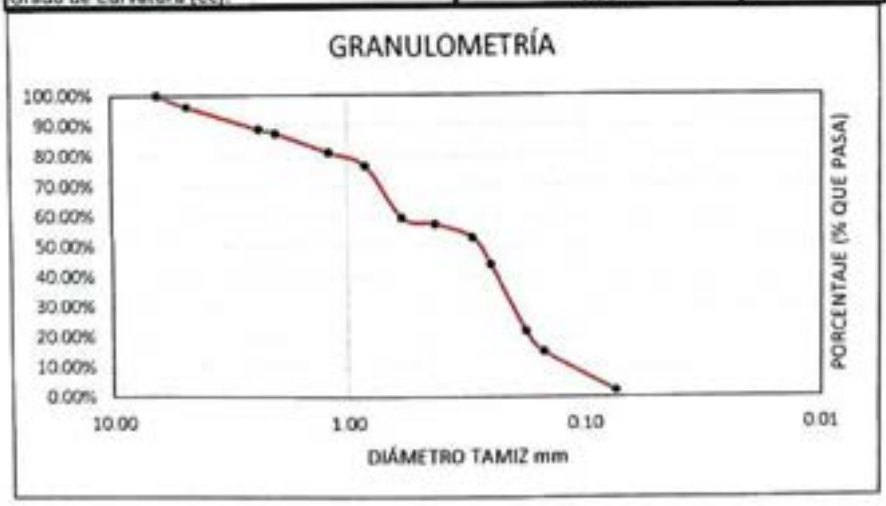
N.F (m): No se encontro Profundidad: 0 Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.05				
1/2"	12.70				
3/8"	9.53				
1/4"	6.35	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.76	15.28	3.84%	3.84%	96.16%
N°8	2.36	29.71	7.46%	11.30%	88.70%
N°10	2.00	5.28	1.33%	12.63%	87.37%
N°16	1.19	25.51	6.41%	19.04%	80.96%
N°20	0.84	17.38	4.37%	23.41%	76.59%
N°30	0.59	68.04	17.10%	40.50%	59.50%
N°40	0.43	8.22	2.07%	42.57%	57.43%
N°50	0.30	17.87	4.49%	47.06%	52.94%
N°60	0.25	34.46	8.66%	55.72%	44.28%
N°80	0.18	88.60	22.26%	77.98%	22.02%
N°100	0.15	26.86	6.75%	84.73%	15.27%
N°200	0.07	51.63	12.97%	97.70%	2.30%
FONDO	0.01	9.16	2.30%	100.00%	0.00%
TOTAL		398.00			
PESO INICIAL		398.00			

LIMITE LIQUIDO	LL=	0.00	%
LIMITE PLASTICO	LP=	0.00	%
INDICE DE PLASTICIDAD	IP=	0.00	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		96.16%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		2.30%	%
D60		0.60	mm
D30		0.20	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.12	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		5.04	
Grado de Curvatura (Cc):		0.58	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA UAPIOH

Tec. Lab. Alfredo [illegible]

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo: [X] A [ ] B

			Prueba 1	Prueba 2
	Recipiente N°		N° 8	N° 2
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.90	36.47
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	185.72	193.56
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	163.24	170.01
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	22.48	23.55
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	126.34	133.54
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	17.79%	17.64%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	17.71%	

Observaciones:

Responsable Técnico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE LA ESCUELA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHIQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C-2 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	...
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo

X	A
	B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 9	N° 7
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.69	35.86
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	215.38	203.45
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	189.90	179.98
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	25.48	23.47
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	153.21	144.12
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	16.63%	16.29%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	16.46%	

Observaciones:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LABORATORIO

Tec. Luis Alfredo [illegible] Solo
Responsable Técnico

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo: [X] A [ ] B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 16	N° 12
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.21	36.45
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	216.98	208.68
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	187.92	181.05
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	29.06	27.63
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	151.71	144.60
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	19.15%	19.11%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	19.13%	

Observaciones:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN - LABORATORIO

Tec. Luis Alfredo E.

Responsable Técnico

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

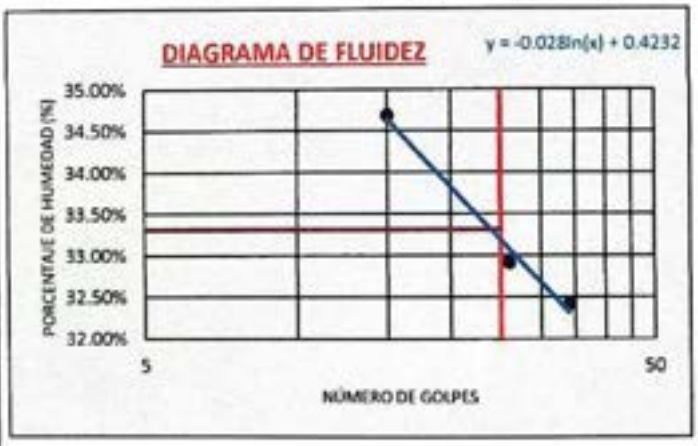
Calicata: C1 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	18	24	15	3	15	26
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	67.90	63.85	63.75	41.29	39.07	49.26
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	60.17	57.07	56.51	40.45	38.39	39.44
3	Masa del Agua	g	7.73	6.78	7.24	0.84	0.68	9.82
4	Masa de Tara	g	36.33	36.47	35.64	36.40	35.60	15.95
5	Masa del Suelo Seco	g	23.84	20.60	20.87	4.05	2.79	23.49
6	Contenido de Humedad	%	32.42%	32.91%	34.69%	20.74%	24.37%	41.81%
	Promedio Contenido Humedad	%	33.34%			22.56%		41.81%
	Número de Golpes	N.°	34	26	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	34.69%
26	32.91%
34	32.42%
25	**33.31%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	33.31%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	22.56%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	10.75%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	41.81%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.79
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPIC

Tec. Luis Alfredo Mer...

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 - Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HK-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	11	6	13	1	4	1
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	56.32	57.10	58.17	40.89	42.42	36.65
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	50.80	51.56	51.94	39.85	41.01	29.97
3	Masa del Agua	g	5.52	5.54	6.23	1.04	1.41	6.68
4	Masa de Tara	g	35.53	36.74	35.64	35.72	36.62	15.89
5	Masa del Suelo Seco	g	15.27	14.82	16.30	4.13	4.39	14.08
6	Contenido de Humedad	%	36.15%	37.38%	38.22%	25.18%	32.12%	47.44%
	Promedio Contenido Humedad	%	37.25%			28.65%		47.44%
	Número de Golpes	N.°	32	23	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	38.22%
23	37.38%
32	36.15%
25	**36.93%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	36.93%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	28.65%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	8.28%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	47.44%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.27
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - FICA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA FACULTAD

Tec. Lab. Marcelo J.

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

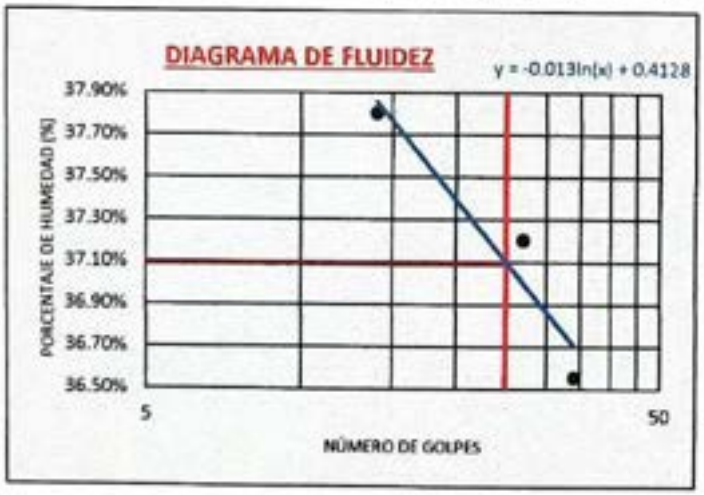
Calicata: C1 - Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LIMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	10	7	33	2	12	6
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	55.61	59.56	55.47	39.92	42.89	42.78
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	50.24	53.25	50.34	38.97	41.18	33.89
3	Masa del Agua	g	5.37	6.31	5.13	0.95	1.71	8.89
4	Masa de Tara	g	35.55	36.29	36.77	35.65	35.54	15.81
5	Masa del Suelo Seco	g	14.69	16.96	13.57	3.32	5.64	18.08
6	Contenido de Humedad	%	36.56%	37.21%	37.80%	28.61%	30.32%	49.17%
	Promedio Contenido Humedad	%	37.19%			29.47%		49.17%
	Número de Golpes	N.°	34	27	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	37.80%
27	37.21%
34	36.56%
25	**37.10%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	37.10%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	29.47%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	7.63%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	49.17%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.58
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Meléndez Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

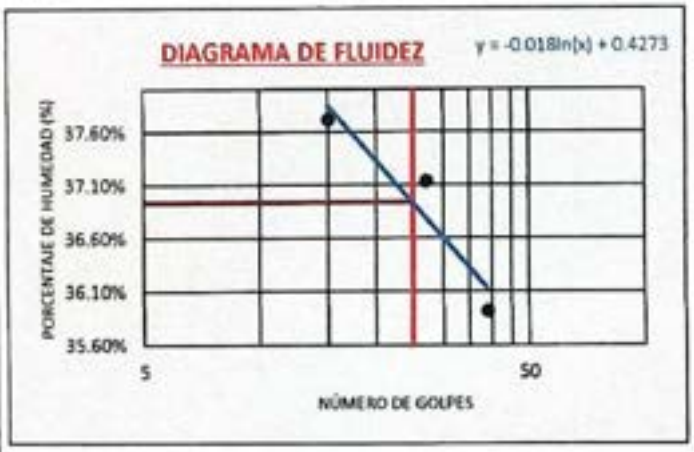
Calicata: C1 - Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	33	20	16	14	16	38
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	66.30	61.90	62.27	41.12	43.78	44.26
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	58.50	55.02	54.98	40.05	41.75	34.72
3	Masa del Agua	g	7.80	6.88	7.29	1.07	2.03	9.54
4	Masa de Tara	g	36.78	36.49	35.65	36.48	35.65	15.83
5	Masa del Suelo Seco	g	21.72	18.53	19.33	3.57	6.10	18.89
6	Contenido de Humedad	%	35.91%	37.13%	37.71%	29.97%	33.28%	50.50%
	Promedio Contenido Humedad	%	**36.92%**			**31.63%**		**50.50%**
	Número de Golpes	N.°	39	27	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	37.71%
27	37.13%
39	35.91%
25	**36.94%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	36.94%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	31.63%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	5.31%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	50.50%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-2.55
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

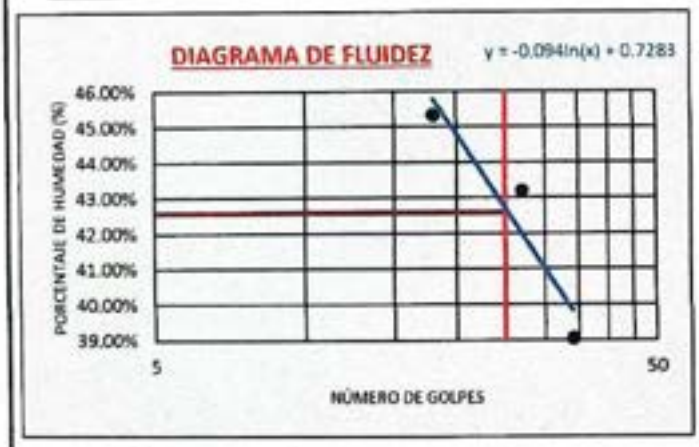
Calicata: C2 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	6	5	4	54	34	3
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	68.80	67.45	69.35	19.95	21.85	46.01
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	59.80	58.06	59.15	19.42	20.54	39.89
3	Masa del Agua	g	9.00	9.39	10.20	0.53	1.31	6.12
4	Masa de Tara	g	36.75	36.32	36.65	15.77	15.82	15.73
5	Masa del Suelo Seco	g	23.05	21.74	22.50	3.65	4.72	24.16
6	Contenido de Humedad	%	39.05%	43.19%	45.33%	14.52%	27.75%	25.33%
	Promedio Contenido Humedad	%	42.52%			21.14%		25.33%
	Número de Golpes	N.°	34	27	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	45.33%
27	43.19%
34	39.05%
25	**42.57%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.57%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	21.14%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	21.44%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	25.33%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.80
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Plástica**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESCUELA

Tec. Lab. Alfredo [illegible] Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

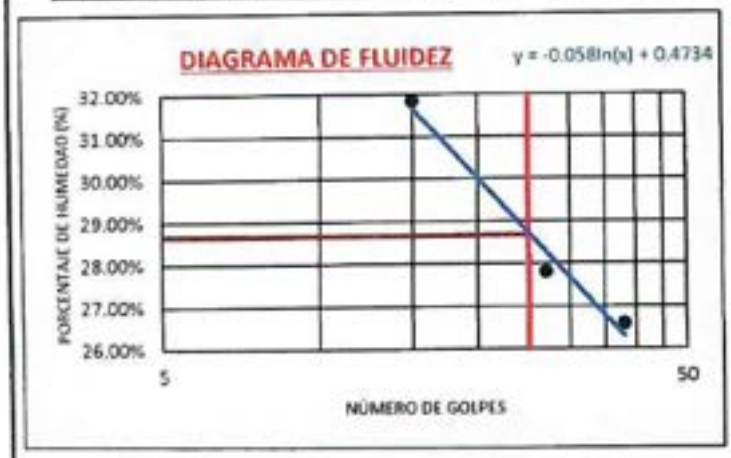
Calicata: C2 - Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	18	17	21	15	16	12
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	62.92	62.97	63.38	38.65	40.25	72.96
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	57.33	57.26	56.96	38.35	39.49	64.16
3	Masa del Agua	g	5.59	5.71	6.42	0.30	0.76	8.8
4	Masa de Tara	g	36.31	36.72	36.80	35.60	35.66	35.68
5	Masa del Suelo Seco	g	21.02	20.54	20.16	2.75	3.83	28.48
6	Contenido de Humedad	%	26.59%	27.80%	31.85%	10.91%	19.84%	30.90%
	Promedio Contenido Humedad	%	28.75%			15.38%		30.90%
	Número de Golpes	N.°	38	27	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	31.85%
27	27.80%
38	26.59%
25	**28.67%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	28.67%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	15.38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	13.29%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	30.90%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.17
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - FCI
AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Marcial Lozano

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

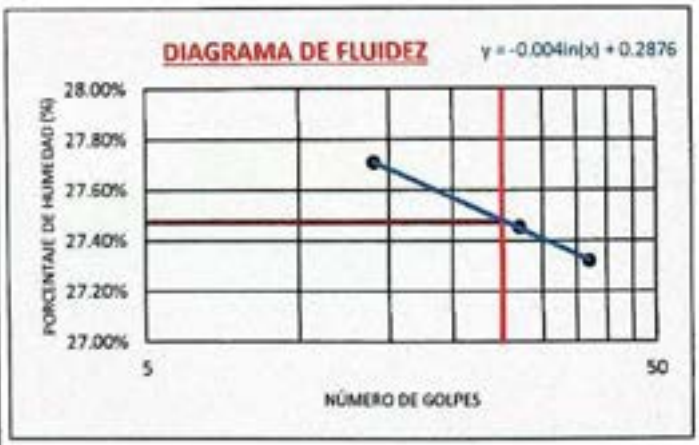
Calicata: C2 - Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	22	24	24	9	21	49
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	60.97	65.59	65.47	43.21	39.97	32.99
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	55.70	59.32	59.18	42.37	39.46	28.41
3	Masa del Agua	g	5.27	6.27	6.29	0.84	0.51	4.58
4	Masa de Tara	g	36.41	36.48	36.48	36.31	36.78	15.79
5	Masa del Suelo Seco	g	19.29	22.84	22.70	6.06	2.68	12.62
6	Contenido de Humedad	%	27.32%	27.45%	27.71%	13.86%	19.03%	36.29%
	Promedio Contenido Humedad	%	27.49%			16.45%		36.29%
	Número de Golpes	N.°	37	27	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	27.71%
27	27.45%
37	27.32%
25	**27.47%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	27.47%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	16.45%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	11.03%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	36.29%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.80
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Liquida**	



UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C2 - Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: **CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	2	3	15	59	57	1
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	68.12	64.53	27.30	19.65	18.56	82.37
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	60.87	57.78	24.50	18.91	18.01	68.93
3	Masa del Agua	g	7.25	6.75	2.80	0.74	0.55	13.44
4	Masa de Tara	g	36.64	36.41	15.77	15.96	15.64	36.21
5	Masa del Suelo Seco	g	24.23	21.37	8.73	2.95	2.37	32.72
6	Contenido de Humedad	%	29.92%	31.59%	32.07%	25.08%	23.21%	41.08%
	Promedio Contenido Humedad	%	31.19%			24.15%		41.08%
	Número de Golpes	N.°	33	22	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	32.07%
22	31.59%
33	29.92%
25	**30.78%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	30.78%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	24.15%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	6.64%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	41.08%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.55
GRADO DE CONSISTENCIA:	Consistencia Líquida	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ARENTE EVALUACIÓN DE LA TESIS

Tec. Lab. Alfredo Ju... Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA		LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba	N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°	N.°	33	11	18	17	26	25
1 Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	61.33	58.92	58.37	19.80	20.55	32.72
2 Masa del Suelo Seco + Tara	g	55.68	52.21	50.28	19.05	19.75	29.2
3 Masa del Agua	g	5.65	6.71	8.09	0.75	0.80	3.52
4 Masa de Tara	g	36.79	35.56	36.31	15.68	15.95	15.78
5 Masa del Suelo Seco	g	18.89	16.65	13.97	3.37	3.80	13.42
6 Contenido de Humedad	%	29.91%	40.30%	57.91%	22.26%	21.05%	26.23%
Promedio Contenido Humedad	%	42.71%			21.65%		26.23%
Número de Golpes	N.°	33	28	17			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
17	57.91%
28	40.30%
33	29.91%
25	**42.77%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.77%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	21.65%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	21.12%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	26.23%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.78
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Plástica**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LEAMPOH

Tec. Lab. Alfredo

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3-Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	24	47	17	1	29	10
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	29.99	30.61	55.91	24.47	24.01	38.02
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	26.52	26.21	49.66	22.68	22.38	32.57
3	Masa del Agua	g	3.47	4.40	6.25	1.79	1.63	5.45
4	Masa de Tara	g	16.09	15.79	36.73	15.89	15.70	15.8
5	Masa del Suelo Seco	g	10.43	10.42	12.93	6.79	6.68	16.77
6	Contenido de Humedad	%	33.27%	42.23%	48.34%	26.36%	24.40%	32.50%
	Promedio Contenido Humedad	%	41.28%			25.38%		32.50%
	Número de Golpes	N.°	39	26	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	48.34%
26	42.23%
39	33.27%
25	**42.39%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.39%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	25.38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	17.01%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	32.50%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.58
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Suave**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA E.A.P.I.C.H

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3-Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	3	14	8	54	17	5
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	34.97	33.22	35.48	24.32	23.64	39.94
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	30.56	28.95	30.32	23.18	22.21	35.53
3	Masa del Agua	g	4.41	4.27	5.16	1.14	1.43	4.41
4	Masa de Tara	g	15.71	16.17	15.77	15.77	15.70	15.66
5	Masa del Suelo Seco	g	14.85	12.78	14.55	7.41	6.51	19.87
6	Contenido de Humedad	%	29.70%	33.41%	35.46%	15.38%	21.97%	22.19%
	Promedio Contenido Humedad	%	32.86%			18.68%		22.19%
	Número de Golpes	N.°	33	22	12			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
12	35.46%
22	33.41%
33	29.70%
25	**31.85%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	31.85%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	18.68%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	13.17%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	22.19%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.73
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Suave**	

Tec. Lab. [illegible] Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

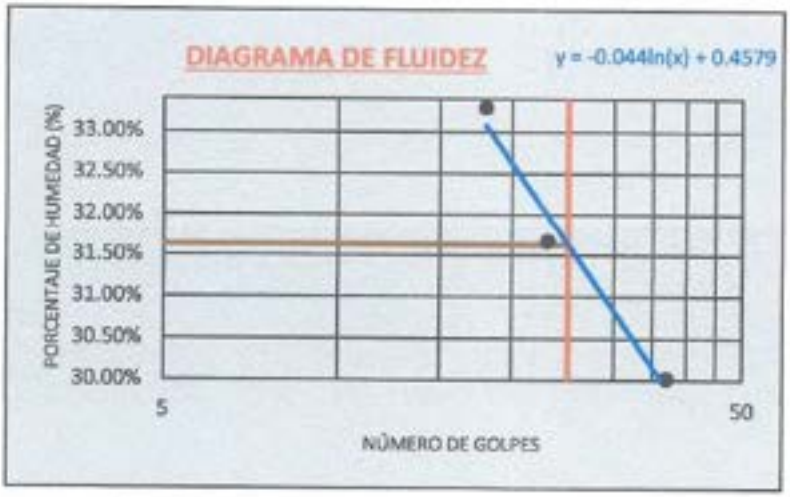
Calicata: C3-Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: **CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	59	24	57	10	5	4
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	27.12	27.73	28.69	24.10	23.66	43.76
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	24.55	24.94	25.44	22.58	21.88	33.24
3	Masa del Agua	g	2.57	2.79	3.25	1.52	1.78	10.52
4	Masa de Tara	g	15.99	16.13	15.68	15.86	15.68	15.82
5	Masa del Suelo Seco	g	8.56	8.81	9.76	6.72	6.20	17.42
6	Contenido de Humedad	%	30.02%	31.67%	33.30%	22.62%	28.71%	60.39%
	Promedio Contenido Humedad	%	31.66%			25.66%		60.39%
	Número de Golpes	N.°	37	23	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	33.30%
23	31.67%
37	30.02%
25	**31.63%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	31.63%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	25.66%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	5.96%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	60.39%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-4.82
GRADO DE CONSISTENCIA:	Consistencia Líquida	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - FICA
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPIC

Tec. Lab. Abraham M. Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	NATURAL
FECHA:	12/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

TIPO DE METODOS	Metodo "A"		
N° CAPAS	5	N° GOLPES:	56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10390	10510	10640	10600
Peso del Suelo Humedo (grs)	3910	4030	4160	4120
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.895	1.953	2.016	1.997
Densidad Seca (grs/cm3)	1.780	1.817	1.835	1.782

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	20	22	5	21
Peso del Tara (grs)	36.49	36.38	36.29	36.77
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	209.42	217.31	180.05	215.24
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	198.90	204.74	167.15	196.10
Peso del Agua (grs)	10.52	12.57	12.90	19.14
Peso del Material Seco (grs)	162.4	168.4	130.9	159.3
Contenido de Humedad (grs)	6.48	7.47	9.86	12.01
% Promedio	8.95			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.840
Humedad Optima (%)	9.020



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.020 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.840 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO
Tec. Lab. Alvaro Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	C1-8%
FECHA:	12/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

TIPO DE METODOS	Metodo "A"		
N° CAPAS	5	N° GOLPES:	56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10540	10750	10800	10790
Peso del Suelo Humedo (grs)	4060	4270	4320	4310
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.968	2.069	2.093	2.089
Densidad Seca (grs/cm3)	1.828	1.896	1.886	1.846

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	22	15	20	21
Peso del Tara (grs)	36.40	35.60	36.48	36.77
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	177.78	182.07	194.23	175.30
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.72	169.82	178.60	159.18
Peso del Agua (grs)	10.06	12.25	15.63	16.12
Peso del Material Seco (grs)	131.3	134.2	142.1	122.4
Contenido de Humedad (grs)	7.66	9.13	11.00	13.17
% Promedio	10.24			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.902
Humedad Optima (%)	9.750



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.750 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.902 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE GEOTECNIA
Tec. Lab. Alfredo Barrenechea Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 01 — MUESTRA: C1-14%

FECHA: 12/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS: Metodo "A"

N° CAPAS: 5 — N° GOLPES: 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10845	11020	11075	11090
Peso del Suelo Humedo (grs)	4365	4540	4595	4610
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.115	2.200	2.227	2.234
Densidad Seca (grs/cm3)	1.977	2.016	2.003	1.976

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	5	18	13	3
Peso del Tara (grs)	36.31	36.32	35.68	36.42
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	196.47	189.16	174.66	190.82
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	185.97	176.39	160.67	172.98
Peso del Agua (grs)	10.50	12.77	13.99	17.84
Peso del Material Seco (grs)	149.7	140.1	125.0	136.6
Contenido de Humedad (grs)	7.02	9.12	11.19	13.06
% Promedio	10.10			

Densidad Máxima (grs/cm3)	2.017
Humedad Optima (%)	9.500



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.500 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	2.017 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PROFESIONALIZACIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	C1-22%
FECHA:	12/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

TIPO DE METODOS	Metodo "A"		
N° CAPAS	5	N° GOLPES:	56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10510	10590	10660	10691
Peso del Suelo Humedo (grs)	4030	4110	4180	4211
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.953	1.992	2.026	2.041
Densidad Seca (grs/cm3)	1.776	1.790	1.788	1.767

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	15	21	18
Peso del Tara (grs)	36.21	35.61	36.77	36.78
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	186.67	224.70	196.76	231.17
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	173.02	205.52	178.00	205.12
Peso del Agua (grs)	13.65	19.18	18.76	26.05
Peso del Material Seco (grs)	136.8	169.9	141.2	168.3
Contenido de Humedad (grs)	9.98	11.29	13.28	15.47
% Promedio	12.51			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.792
Humedad Optima (%)	12.100



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	12.100 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.792 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE PRÁCTICAS Y PROYECCIÓN SOCIAL
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — MUESTRA: NATURAL

FECHA: 12/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS: Metodo "A"

N° CAPAS: 5 — N° GOLPES: 56

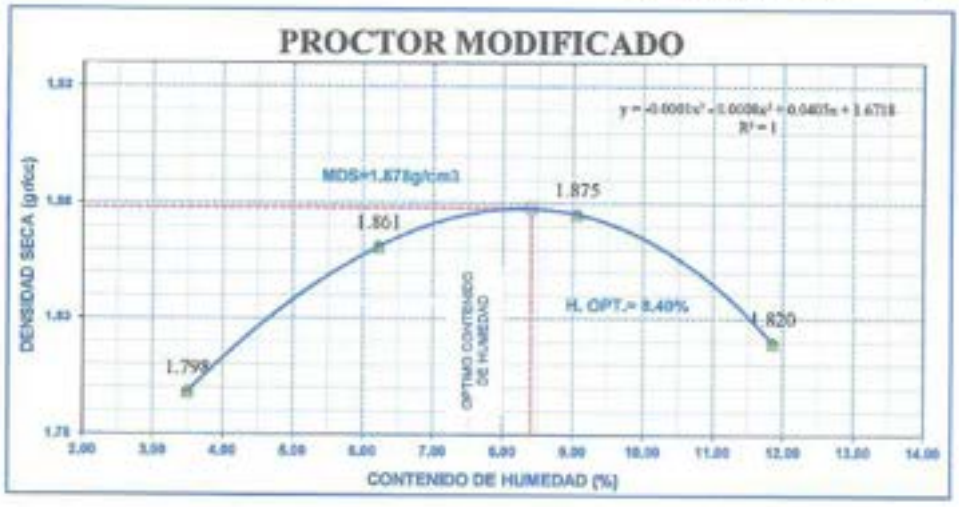
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10320	10560	10700	10680
Peso del Suelo Humedo (grs)	3840	4080	4220	4200
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.861	1.977	2.045	2.035
Densidad Seca (grs/cm3)	1.798	1.861	1.875	1.820

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	15	13	20
Peso del Tara (grs)	36.77	35.60	35.66	36.49
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	218.68	204.96	200.97	201.57
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	212.54	195.04	187.25	184.08
Peso del Agua (grs)	6.14	9.92	13.72	17.49
Peso del Material Seco (grs)	175.8	159.4	151.6	147.6
Contenido de Humedad (grs)	3.49	6.22	9.05	11.85
% Promedio	7.65			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.400



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.400 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.878 gr/cm3

Tec. Lab. [illegible] Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — MUESTRA: C2-8%

FECHA: 12/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS: Metodo "A"

Nº CAPAS: 5 — Nº GOLPES: 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10660	10780	10870	10810
Peso del Suelo Humedo (grs)	4180	4300	4390	4330
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.026	2.084	2.127	2.098
Densidad Seca (grs/cm3)	1.894	1.925	1.930	1.868

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	22	20	15
Peso del Tara (grs)	36.77	36.39	36.48	36.42
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	176.39	197.74	196.03	191.83
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.32	185.47	181.21	174.74
Peso del Agua (grs)	9.07	12.27	14.82	17.09
Peso del Material Seco (grs)	130.6	149.1	144.7	138.3
Contenido de Humedad (grs)	6.95	8.23	10.24	12.36
% Promedio	9.44			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.935
Humedad Optima (%)	9.500



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.500 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.935 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PAVIMENTOS Y CAPACIDAD

Tec. Lobo Alfaro Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — MUESTRA: C2-14%

FECHA: 12/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS: Metodo "A"

N° CAPAS: 5 — N° GOLPES: 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10850	11120	11100	11000
Peso del Suelo Humedo (grs)	4370	4640	4620	4520
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.118	2.249	2.239	2.190
Densidad Seca (grs/cm3)	1.959	2.042	1.998	1.933

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	15	5	18	13
Peso del Tara (grs)	35.61	36.29	36.31	35.70
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	200.83	200.06	203.43	204.55
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.45	184.99	185.45	184.68
Peso del Agua (grs)	12.38	15.07	17.98	19.87
Peso del Material Seco (grs)	152.8	148.7	149.1	149.0
Contenido de Humedad (grs)	8.10	10.13	12.06	13.34
% Promedio	10.91			

Densidad Máxima (grs/cm3)	2.042
Humedad Optima (%)	10.300



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	10.300 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	2.042 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE LA E.A.P.I.C.
Tec. Juan Carlos Mendoza Sota

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 02	MUESTRA:	C2-22%
FECHA:	12/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

TIPO DE METODOS	Metodo "A"		
N° CAPAS	5	N° GOLPES:	56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10413	10686	10730	10674
Peso del Suelo Humedo (grs)	3933	4206	4250	4194
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.906	2.038	2.060	2.032
Densidad Seca (grs/cm3)	1.796	1.866	1.837	1.766

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	5	3	4
Peso del Tara (grs)	36.80	36.32	36.40	36.67
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	187.87	192.72	194.89	241.84
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	179.12	179.51	177.78	214.98
Peso del Agua (grs)	8.75	13.21	17.11	26.86
Peso del Material Seco (grs)	142.3	143.2	141.4	178.3
Contenido de Humedad (grs)	6.15	9.23	12.10	15.06
% Promedio	10.63			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.867
Humedad Optima (%)	9.520



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.520 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.867 gr/cm3

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	NATURAL
FECHA:	12/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

TIPO DE METODOS	Metodo "A"		
N° CAPAS	5	N° GOLPES:	56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10330	10475	10495	10370
Peso del Suelo Humedo (grs)	3850	3995	4015	3890
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.866	1.936	1.946	1.885
Densidad Seca (grs/cm3)	1.750	1.786	1.773	1.689

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	2	4	5
Peso del Tara (grs)	36.22	35.65	36.64	36.30
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	198.83	197.19	177.49	197.11
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.76	184.69	164.97	180.35
Peso del Agua (grs)	10.07	12.50	12.52	16.76
Peso del Material Seco (grs)	152.5	149.0	128.3	144.1
Contenido de Humedad (grs)	6.60	8.39	9.76	11.63
% Promedio	9.09			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.787
Humedad Optima (%)	8.650



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.650 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.787 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - INGA
AREA DE PRODUCCIÓN - E.A.P.I.C.H
Tec. Lab. Alberto M. Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — **MUESTRA:** C3-8%

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10450	10670	10710	10660
Peso del Suelo Humedo (grs)	3970	4190	4230	4180
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.924	2.031	2.050	2.026
Densidad Seca (grs/cm3)	1.811	1.876	1.873	1.803

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	13	18	5	22
Peso del Tara (grs)	35.64	36.31	36.01	36.39
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	205.50	196.81	200.95	221.30
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	195.56	184.56	186.68	200.99
Peso del Agua (grs)	9.94	12.25	14.27	20.31
Peso del Material Seco (grs)	159.9	148.3	150.7	164.6
Contenido de Humedad (grs)	6.22	8.26	9.47	12.34
% Promedio	9.07			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.770



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.770 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.878 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE PRODUCCION Y CONSTRUCCION
Tec. Lab. Alfredo Asencios Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — MUESTRA: C3-14%

FECHA: 12/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS: Metodo "A"

N° CAPAS: 5 — N° GOLPES: 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10710	10930	10970	10840
Peso del Suelo Humedo (grs)	4230	4450	4490	4360
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.050	2.156	2.176	2.113
Densidad Seca (grs/cm3)	1.914	1.977	1.957	1.868

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	2	1	3	4
Peso del Tara (grs)	35.64	36.22	36.36	35.70
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	195.15	212.48	179.77	203.10
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	184.56	197.78	165.36	183.68
Peso del Agua (grs)	10.59	14.70	14.41	19.42
Peso del Material Seco (grs)	148.9	161.6	129.0	148.0
Contenido de Humedad (grs)	7.11	9.10	11.17	13.12
% Promedio	10.13			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.581
Humedad Optima (%)	9.650



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.650 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.581 gr/cm3

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — **MUESTRA:** C3-22%

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10510	10732	10812	10735
Peso del Suelo Humedo (grs)	4030	4252	4332	4255
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.953	2.061	2.099	2.062
Densidad Seca (grs/cm3)	1.837	1.889	1.872	1.791

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	20	15	2
Peso del Tara (grs)	36.80	36.32	36.40	36.67
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	187.87	192.72	194.89	241.84
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	178.87	179.68	177.76	214.83
Peso del Agua (grs)	9.00	13.04	17.13	27.01
Peso del Material Seco (grs)	142.1	143.4	141.4	178.2
Contenido de Humedad (grs)	6.33	9.10	12.12	15.16
% Promedio	10.68			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.892
Humedad Optima (%)	9.870



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.870 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.892 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE GEOTECNIA Y MECÁNICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUBCIBQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 22/03/2024
MUESTRA: NATURAL
PROFUNDEDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.84
Humedad Optima (%)	:	9.02

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensaya	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11265	11475	11390	11575	11595	11680
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4105	4315	4250	4435	4435	4520
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.958	2.058	2.028	2.116	2.114	2.154
Densidad Seca (grs/cm3)	1.73	1.74	1.77	1.78	1.84	1.84
Tara N°	22		21		3	
Peso del Tara (grs)	36.41		36.78		36.42	
Peso de la Tara+Muestra Hùmeda (grs)	212.53		216.92		219.61	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	191.67		193.75		195.52	
Peso del Agua (grs)	20.86		23.17		24.09	
Peso del Material Seco (grs)	155.3		157.0		159.1	
Humeda (%)	13.44		14.76		15.14	
(%) Humedad	13.44	18.55	14.76	19.11	15.14	17.06
Densidad Seca (grs/cm3)	1.73	1.74	1.77	1.78	1.84	1.84

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	180	1.8	1.56	240	2.4	2.09	110	1.1	0.96
19/03/2024	15:00	24	184	1.84	1.60	248	2.48	2.16	111	1.11	0.96
20/03/2024	15:00	48	192	1.92	1.67	264	2.64	2.29	158	1.58	1.37
21/03/2024	15:00	72	196	1.96	1.70	280	2.8	2.43	171	1.71	1.49
22/03/2024	15:00	96	201	2.01	1.75	292	2.92	2.54	178	1.78	1.55

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		3.76	0.09		0.63	0.01	
0.64	0.030		31.97	0.75		10.03	0.24		36.35	0.85	
1.28	0.050		83.99	1.97		28.83	0.68		96.52	2.27	
1.92	0.080		134.76	3.17		65.81	1.55		159.20	3.74	
2.56	0.100	70.5	188.66	4.43	6.29	100.91	2.37	3.36	220.00	5.17	7.33
3.20	0.130		221.88	5.21		145.33	3.37		272.65	6.40	
3.84	0.150		267.00	6.27		175.50	4.12		312.13	7.33	
4.48	0.180		298.34	7.01		211.85	4.98		345.35	8.11	
5.12	0.200	105.7	320.28	7.52	7.12	236.92	5.57	5.27	379.82	8.92	8.44
7.66	0.300		396.75	9.32		312.76	7.35		498.28	11.71	
10.19	0.400		464.44	10.91		374.81	8.80		608.59	14.30	
12.72	0.500		525.86	12.35		448.14	10.53		719.53	16.90	

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.84
Humedad Optima (%)	9.02

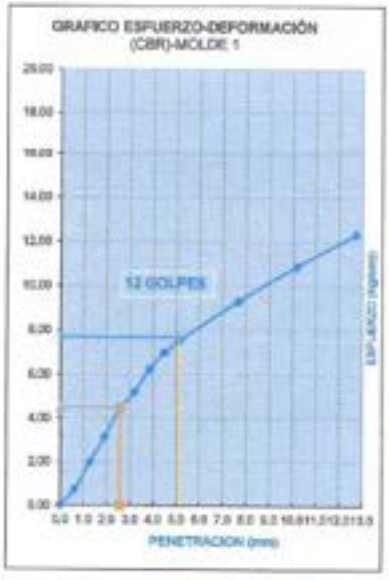
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansió n %	Penetracio n (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	8.09	1.84	1.55	0.1	1.84	8.09
2	25	6.90	1.78	2.54	0.1	1.75	6.46
1	12	6.29	1.74	1.75			

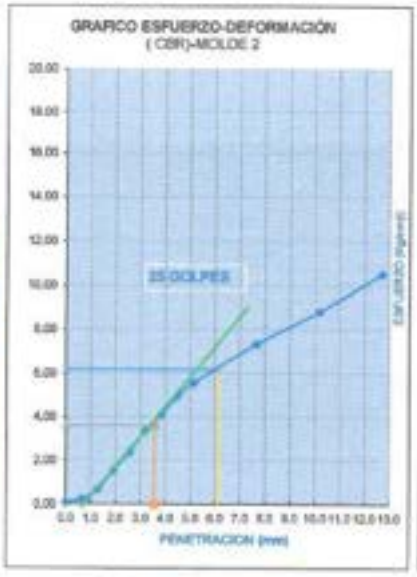


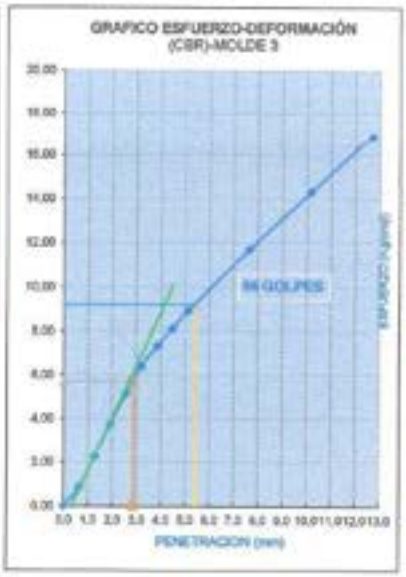
N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.74	6.29	7.12
25	1.78	6.90	5.87
56	1.84	8.09	8.70

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S I°:	8.09
CBR AL 95% DE LA M.D.S I°:	6.46

6.38







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA I Y II

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.74 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.74 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	18.37 %	**Average after soak**	18.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4670.00 g
Soaking Travel	2.010 mm
Swell	1.75 %

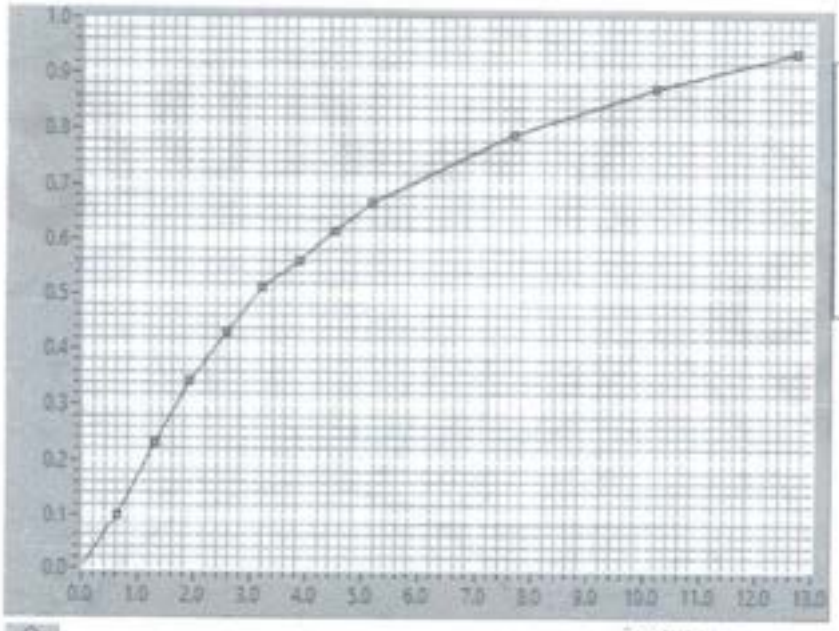


California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	6.2	%	6.4	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alex Quispe Huaccha Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 Ggolpes
Diameter	152.300 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.78 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.78 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	18.97 %	**Average after soak**	18.97 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4585.00 g
Soaking Travel	2.920 mm
Swell	2.54 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL - FICA
AREA DE MECÁNICA DE SUELOS

Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

P

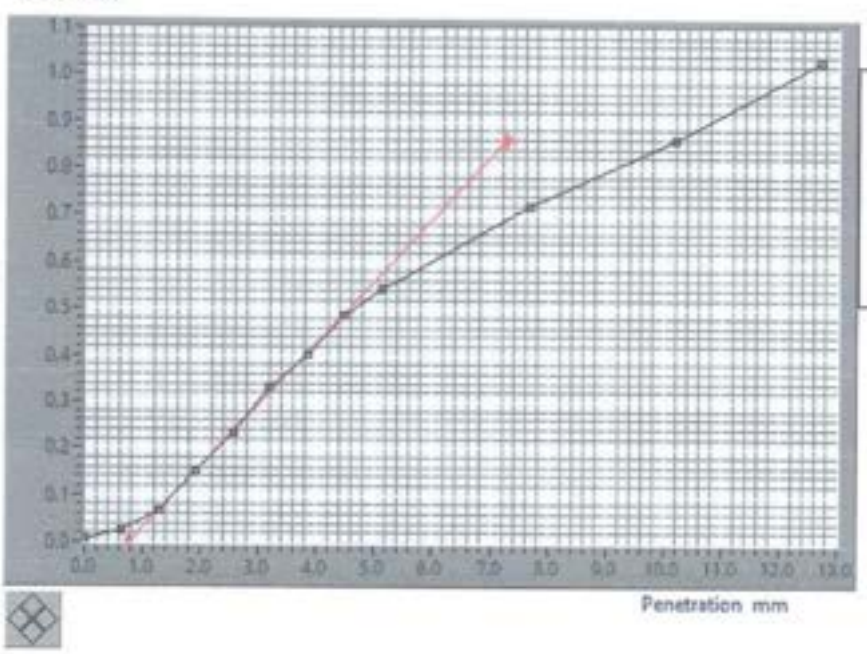
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.0	%	5.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	1.84 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.84 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	16.76 %	**Average after soak**	16.76 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4670.00 g
Soaking Travel	1.780 mm
Swell	1.55 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - INCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN - LABINCH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

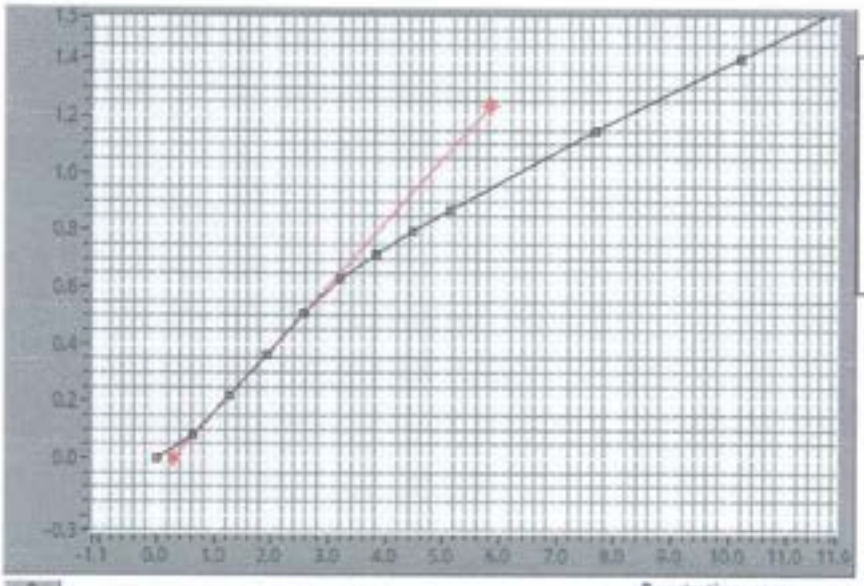
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	0.9	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	8.1	%	8.7	%

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	C1-8%
FECHA:	22/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.902
Humedad Optima (%)	:	9.75

DATOS DE CBR

Molde N°	X		XI		XII	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	12380	12675	12695	12930	11150	11240
Peso del Molde (grs)	8385	8385	8555	8555	6680	6680
Peso del Suelo Humedo (grs)	3995	4290	4140	4375	4450	4560
Volumen del Molde (cm3)	2095	2095	2101	2101	2099	2099
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.907	2.048	1.970	2.082	2.120	2.172
Densidad Seca (grs/cm3)	1.70	1.71	1.76	1.77	1.90	1.90
Tara N°	4		5		2	
Peso del Tara (grs)	36.66		36.32		35.67	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	218.85		224.01		231.62	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	198.86		203.70		210.99	
Peso del Agua (grs)	19.99		20.31		20.63	
Peso del Material Seco (grs)	162.2		167.4		175.3	
Humeda (%)	12.32		12.13		11.77	
(%) Humedad	12.32	19.71	12.13	17.81	11.77	14.24
Densidad Seca (grs/cm3)	1.70	1.71	1.76	1.77	1.90	1.90

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
		Hr.		mm	%		mm	%		mm	%
18/03/2024	15:00	0	145	1.45	1.26	118	1.18	1.03	50	0.5	0.43
19/03/2024	15:00	24	148	1.48	1.29	122	1.22	1.06	50	0.5	0.43
20/03/2024	15:00	48	150	1.5	1.30	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48
21/03/2024	15:00	72	153	1.53	1.33	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48
22/03/2024	15:00	96	154	1.54	1.34	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND.	MOLDE N° VII			MOLDE N° VIII			MOLDE N° IX		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg	kg/cm2	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		0.627	0.01		0.63	0.01	
0.64	0.030		127.86	3.00		169.228	3.98		212.48	4.99	
1.28	0.050		281.42	6.61		415.549	9.76		708.88	16.65	
1.92	0.080		411.16	9.66		629.277	14.78		1121.92	26.35	
2.56	0.100	70.5	503.92	11.84	16.79	783.463	18.40	26.11	1430.92	33.61	47.68
3.20	0.130		557.83	13.10		888.760	20.88		1688.52	39.66	
3.84	0.150		601.07	14.12		976.508	22.94		1905.38	44.76	
4.48	0.180		636.50	14.96		1049.214	24.65		2114.72	49.68	
5.12	0.200	105.7	673.78	15.83	14.92	1105.623	25.97	24.57	2305.89	54.17	51.25
7.66	0.300		789.73	18.55		1250.407	29.37		2948.95	69.27	
10.19	0.400		893.15	20.98		1365.106	32.07		3453.50	81.13	
12.72	0.500		992.18	23.31		1491.087	35.03		3769.40	88.55	

Tec. Lali Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

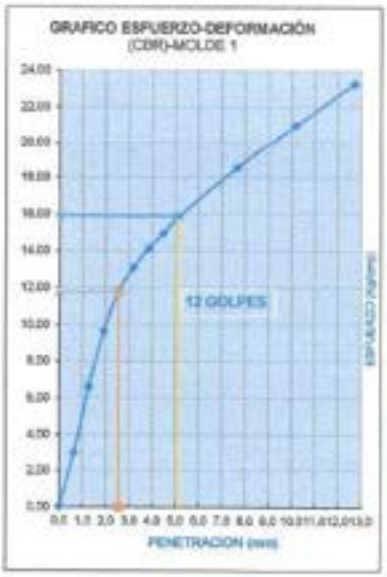
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.902
Humedad Optima (%)	9.75

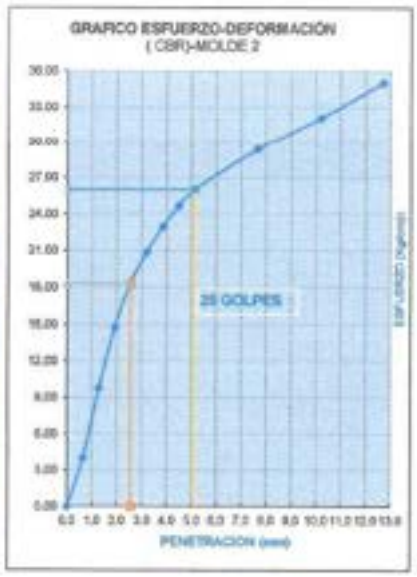
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Secs (gr/cm3	Expansió n %	Penetració n (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	47.68	1.90	0.48	0.1	1.90	47.68
2	25	26.11	1.77	1.13	0.1	1.81	32.45
1	12	16.79	1.71	1.34			

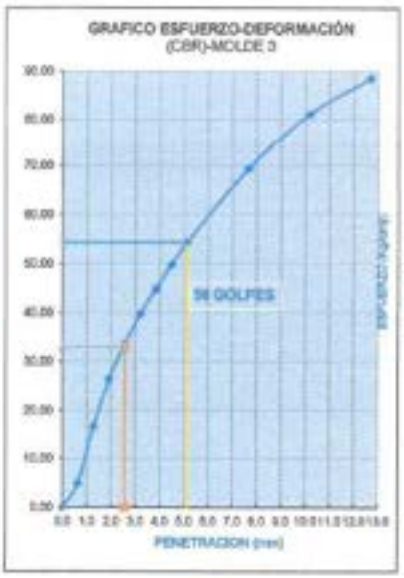


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.71	16.79	14.97
25	1.77	26.11	24.57
56	1.90	47.68	51.25

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	47.68
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	32.45







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE INVESTIGACIONES DE SUELOS
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.71 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.71 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	19.71 %	**Average after soak**	19.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4290.00 g
Soaking Travel	1.540 mm
Swell	1.34 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - INGA.
AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alfredo Iscaluza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

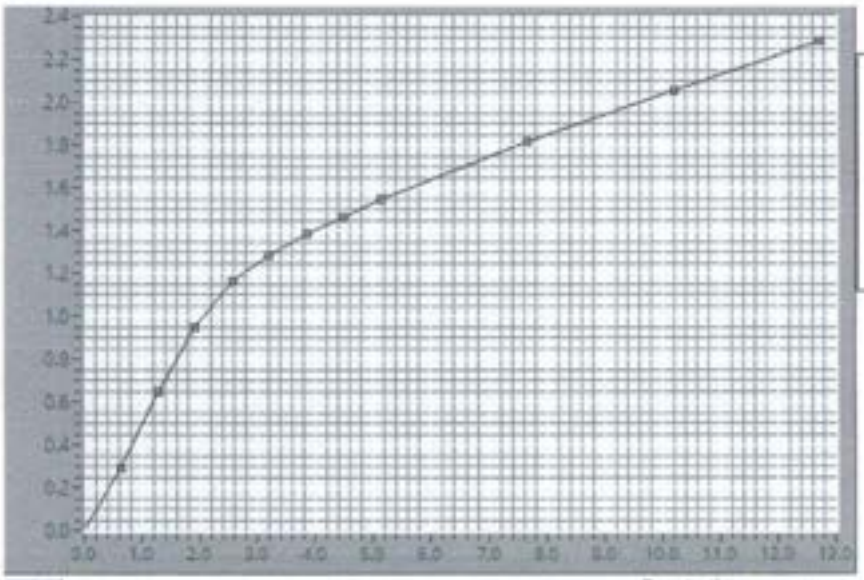
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.2	MPa	1.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	16.7	%	15.0	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE INVESTIGACION Y APLICACION

Tec. Lab. Alvaro Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.520 mm		
Height	114.980 mm		
Dry Density before Soak	1.77 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.77 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	17.81 %	**Average after soak**	17.81 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4375.00 g
Soaking Travel	1.300 mm
Swell	1.13 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

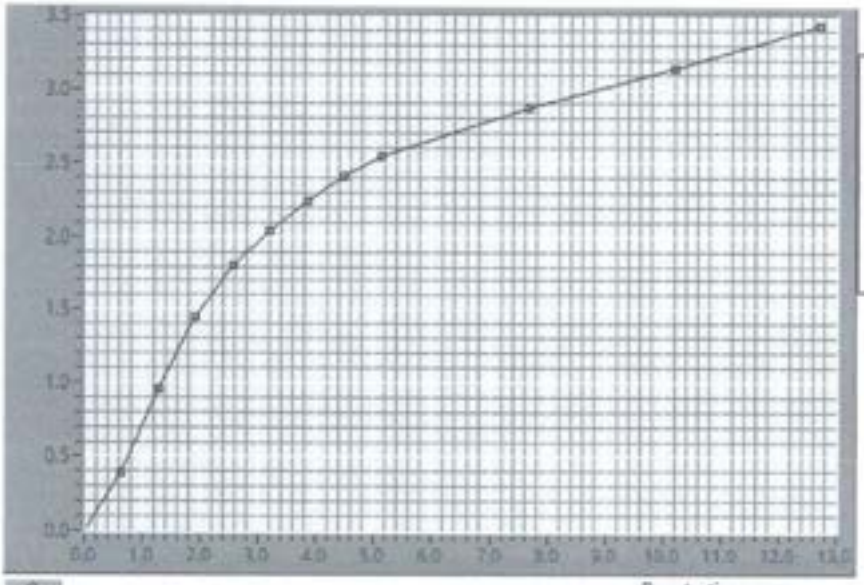
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.8	MPa	2.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	25.9	%	24.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE PROYECCIÓN SOCIAL Y EXTENSIÓN

Tec. Ind. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.350 mm		
Height	115.170 mm		
Dry Density before Soak	1.90 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.90 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	14.24 %	**Average after soak**	14.24 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4560.00 g
Soaking Travel	0.550 mm
Swell	0.48 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - INGA
ÁREA DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

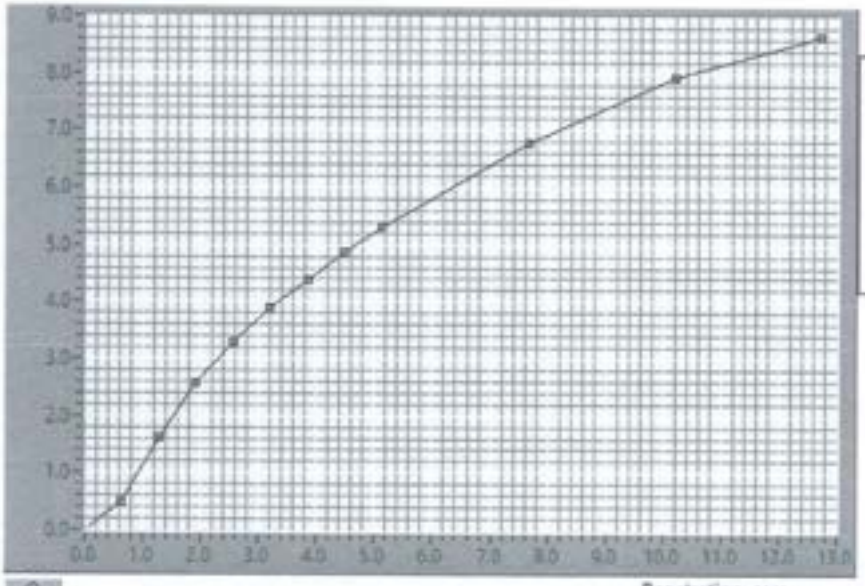
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.3	MPa	5.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	47.3	%	51.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INGCA
AREA DE LABORATORIO TOPOGRAFICO

Tec. Lab. Alfredo [illegible] Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	C1-14%
FECHA:	29/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	2.017
Humedad Optima (%)	:	9.5

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	12005	11815	12245	12640	12570	12785
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	4075	3885	4340	4735	4635	4850
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.929	1.839	2.066	2.254	2.209	2.312
Densidad Seca (grs/cm3)	1.77	1.76	1.77	1.80	2.01	2.02
Tara N°	2		18		22	
Peso del Tara (grs)	35.66		36.48		36.41	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	226.56		177.82		228.96	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	210.56		157.87		211.48	
Peso del Agua (grs)	16.00		19.95		17.48	
Peso del Material Seco (grs)	174.9		121.4		175.1	
Humeda (%)	9.15		16.43		9.98	
(%) Humedad	9.15	4.49	16.43	25.54	9.98	14.62
Densidad Seca (grs/cm3)	1.77	1.76	1.77	1.80	2.01	2.02

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	174	1.74	1.51	115	1.15	1.00	45	0.45	0.39
26/03/2024	15:00	24	175	1.75	1.52	116	1.16	1.01	47	0.47	0.41
27/03/2024	15:00	48	180	1.8	1.56	118	1.18	1.03	50	0.5	0.43
28/03/2024	15:00	72	182	1.82	1.58	120	1.2	1.04	52	0.52	0.45
29/03/2024	15:00	96	184	1.84	1.60	123	1.23	1.07	54	0.54	0.47

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII			MOLDE N° VIII			MOLDE N° IX		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kg/cm²)	Corregido	(lb)	(kg/cm²)	Corregido	(lb)	(kg/cm²)	Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		0.63	0.01		0.00	0.00	
0.64	0.050		47.63	1.12		21.94	0.52		594.18	13.96	
1.28	0.050		84.61	1.99		55.16	1.30		1197.76	28.14	
1.92	0.080		117.83	2.77		119.09	2.80		1647.15	38.69	
2.56	0.100	70.5	149.17	3.50	4.97	212.48	4.99	7.08	1955.52	45.94	65.16
3.20	0.130		172.36	4.05		323.41	7.60		2188.06	51.40	
3.84	0.150		191.79	4.51		414.30	9.73		2354.15	55.30	
4.48	0.180		210.59	4.95		471.96	11.09		2497.05	58.66	
5.12	0.200	105.7	228.14	5.36	5.07	513.95	12.07	11.42	2619.27	61.53	58.21
7.66	0.300		291.45	6.85		619.25	14.55		2854.94	67.06	
10.19	0.400		359.14	8.44		725.80	17.05		3074.94	72.23	
12.72	0.500		420.56	9.88		844.89	19.85		3287.41	77.22	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE GEOTECNIA - LABORATORIO
Tec. Luis Alfredo Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

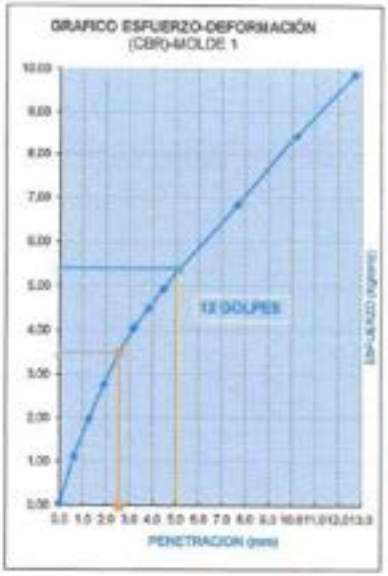
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	2.017
Humedad Optima (%)	9.5

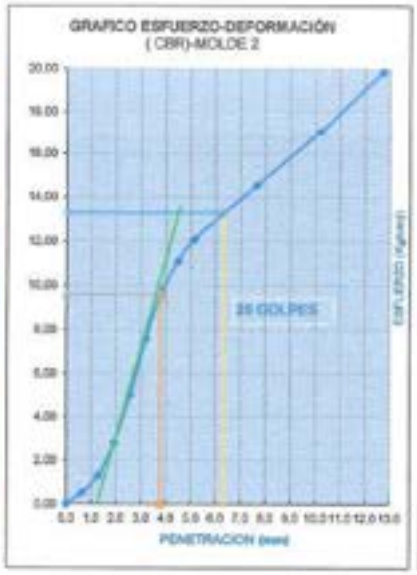
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	65.16	2.02	0.47	0.1	2.02	65.16
2	25	13.62	1.80	1.07	0.1	1.92	42.50
1	12	4.97	1.76	1.60			

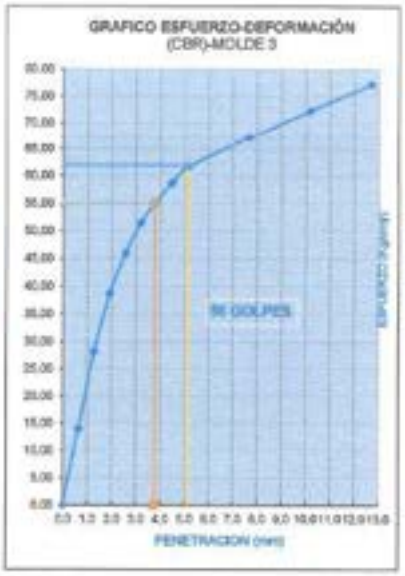


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	4.97	5.07
25	1.80	13.62	12.58
56	2.02	65.16	58.21

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	65.16
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	42.50







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PAVIMENTOS Y LABORATORIO DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.770 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.76 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.76 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	23.61 %	**Average after soak**	23.61 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4205.00 g
Soaking Travel	1.840 mm
Swell	1.60 %



California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

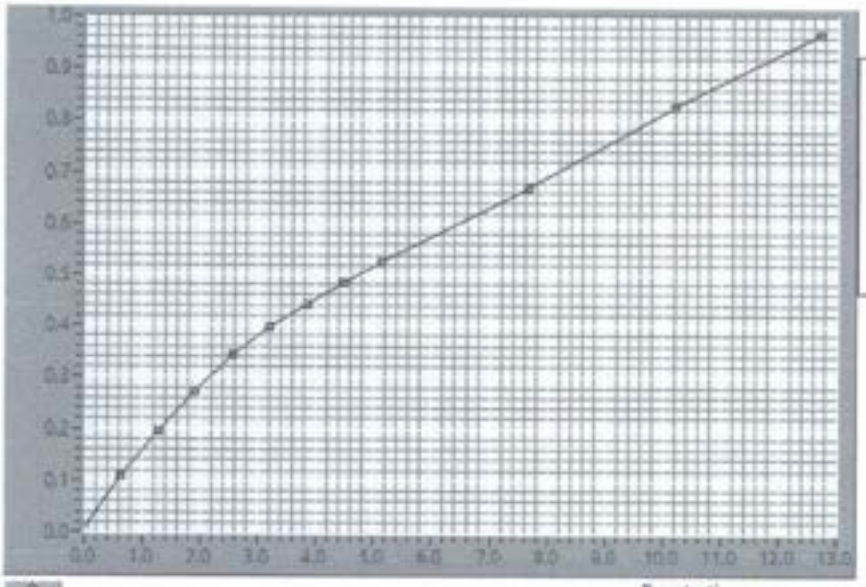
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	4.9	%	5.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
ÁREA DE LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.80 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.80 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	20.38 %	**Average after soak**	20.38 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4370.00 g
Soaking Travel	1.230 mm
Swell	1.07 %

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

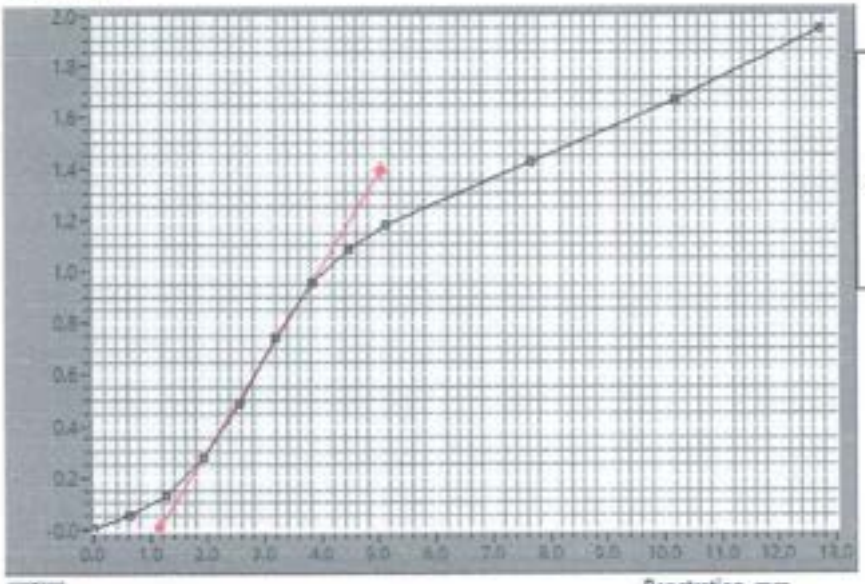
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.9	MPa	1.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	13.1	%	12.5	%

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	2.02 kg/m3	**Dry Density after Soak**	2.02 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	15.03 %	**Average after soak**	15.03 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Solo

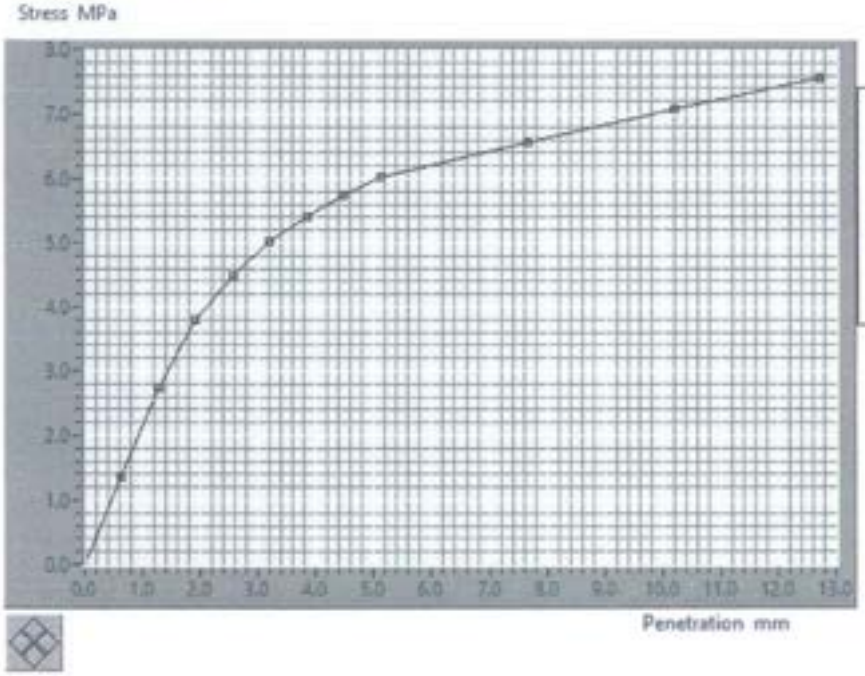
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	4.5	MPa	6.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	64.8	%	58.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01 — **MUESTRA:** C1-22%
FECHA: 29/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.792
Humedad Optima (%)	:	12.1

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11735	12060	12020	12200	12190	12310
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	3805	4130	4115	4295	4255	4375
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.802	1.955	1.959	2.044	2.028	2.085
Densidad Seca (grs/cm3)	1.58	1.59	1.70	1.71	1.79	1.79
Tara N°	4		5		15	
Peso del Tara (grs)	36.65		36.30		35.64	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	186.19		193.56		187.44	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.45		172.95		169.30	
Peso del Agua (grs)	18.74		20.61		18.14	
Peso del Material Seco (grs)	130.8		136.7		133.7	
Humedad (%)	14.33		15.08		13.57	
(%) Humedad	14.33	22.87	15.08	19.46	13.57	16.39
Densidad Seca (grs/cm3)	1.58	1.59	1.70	1.71	1.79	1.79

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	85	0.85	0.74	43	0.43	0.37	24	0.24	0.21
26/03/2024	15:00	24	87	0.87	0.76	47	0.47	0.41	26	0.26	0.23
27/03/2024	15:00	48	90	0.9	0.78	52	0.52	0.45	28	0.28	0.24
28/03/2024	15:00	72	93	0.93	0.81	53	0.53	0.46	31	0.31	0.27
29/03/2024	15:00	96	95	0.95	0.83	54	0.54	0.47	35	0.35	0.30

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		1.88	0.04		1.88	0.04	
0.64	0.030		5.64	0.13		362.90	8.52		512.70	12.04	
1.28	0.050		53.28	1.25		715.15	16.80		970.87	22.81	
1.92	0.080		198.06	4.65		955.20	22.44		1331.26	31.27	
2.56	0.100	70.5	329.68	7.74	10.99	1131.32	26.58	37.70	1606.41	37.74	53.53
3.20	0.130		418.68	9.84		1262.94	29.67		1836.44	43.14	
3.84	0.150		482.61	11.34		1353.20	31.79		2030.74	47.70	
4.48	0.180		531.50	12.49		1441.57	33.86		2198.71	51.65	
5.12	0.200	105.7	567.23	13.32	12.61	1518.66	35.67	33.75	2346.00	55.11	52.14
7.66	0.300		680.05	15.97		1726.75	40.56		2747.76	64.55	
10.19	0.400		786.60	18.48		1804.47	42.39		2988.44	70.20	
12.72	0.500		890.01	20.91		1936.09	45.48		3152.03	74.04	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ASESOR DE LA ESCUELA

Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

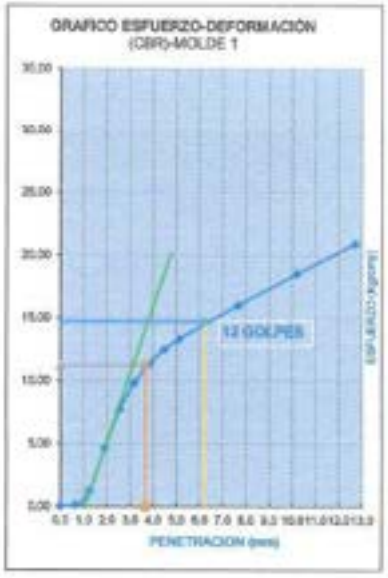
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cmJ)	1.792
Humedad Optima (%)	12.1

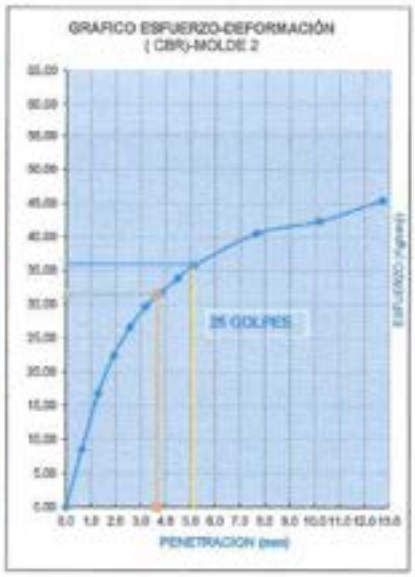
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	53.53	1.79	0.30	0.1	1.79	53.53
2	25	37.70	1.71	0.47	0.1	1.70	36.12
1	12	15.89	1.59	0.83			

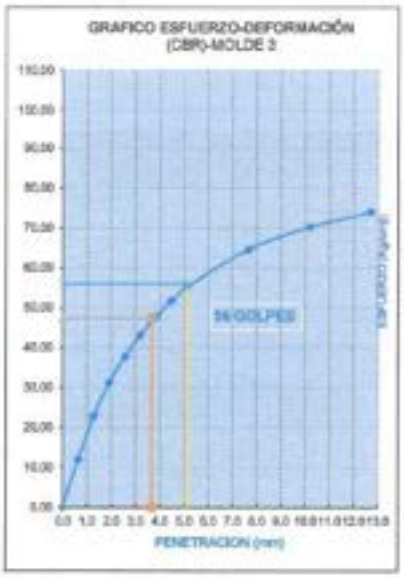


N° GOLPES	Densidad (g/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.59	15.89	15.91
25	1.71	37.70	33.75
56	1.79	53.53	52.14

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	53.53
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	36.12







California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.770 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.59 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.59 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	22.87 %	**Average after soak**	22.87 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4130.00 g
Soaking Travel	0.950 mm
Swell	0.82 %

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

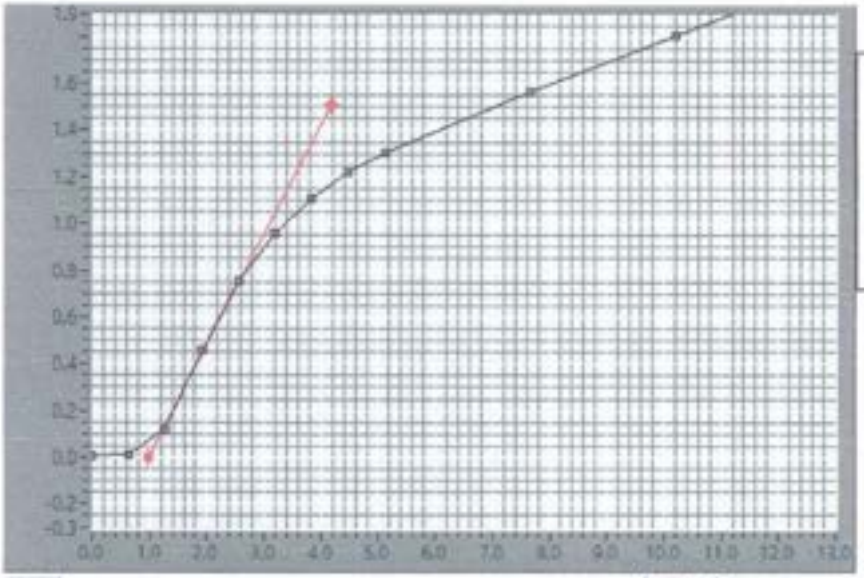
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-96

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.0	MPa	1.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	15.0	%	13.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - INCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.71 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.71 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	18.15 %	**Average after soak**	18.15 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4295.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
AREA DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

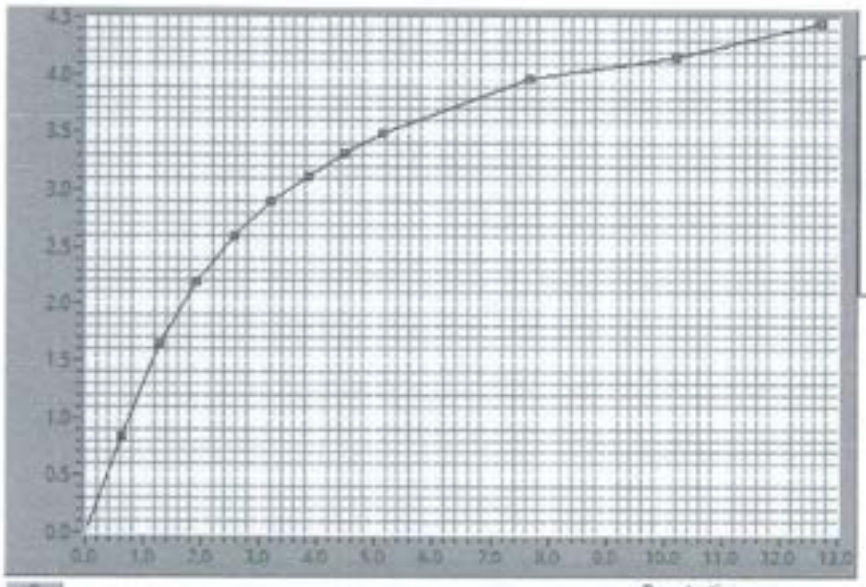
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.6	MPa	3.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	37.5	%	33.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL - INGA
AREA DE INVESTIGACION

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 56 GOLPES
Diameter	152.200 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	16.39 %	**Average after soak**	16.39 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4375.00 g
Soaking Travel	0.350 mm
Swell	0.30 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - FIGA
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

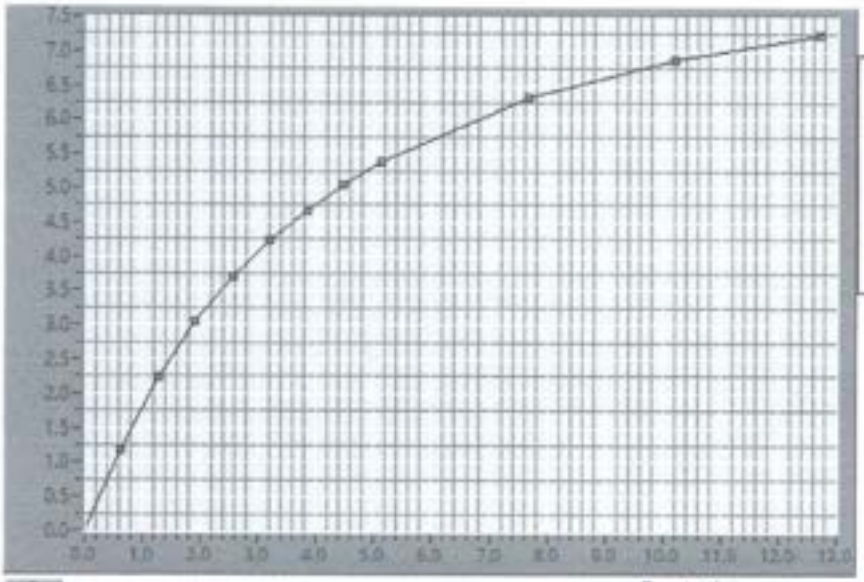
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.7	MPa	5.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	53.2	%	52.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - HVCA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — MUESTRA: NATURAL

FECHA: 22/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.878
Humedad Optima (%)	:	8.4

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11520	11625	11030	11195	11245	11295
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	4320	4425	4300	4465	4495	4545
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.063	2.113	2.046	2.124	2.145	2.168
Densidad Seca (grs/cm3)	1.77	1.77	1.79	1.79	1.88	1.88
Tara N°	15		13		18	
Peso del Tara (grs)	35.62		35.67		36.31	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	235.01		211.10		209.40	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	206.52		188.76		187.70	
Peso del Agua (grs)	28.49		22.34		21.70	
Peso del Material Seco (grs)	170.9		153.1		151.4	
Humedad (%)	16.67		14.59		14.33	
(%) Humedad	16.67	19.10	14.59	18.43	14.33	15.45
Densidad Seca (grs/cm3)	1.77	1.77	1.79	1.79	1.88	1.88

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	29	0.29	0.25	80	0.8	0.70	35	0.35	0.30
19/03/2024	15:00	24	31	0.31	0.27	85	0.85	0.74	39	0.39	0.34
20/03/2024	15:00	48	38	0.38	0.33	117	1.17	1.02	48	0.48	0.42
21/03/2024	15:00	72	43	0.43	0.37	131	1.31	1.14	53	0.53	0.45
22/03/2024	15:00	96	45	0.45	0.39	136	1.36	1.18	54	0.54	0.47

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV CARGA (lb)	MOLDE N° IV ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° IV CBR (%) Corregido	MOLDE N° V CARGA (lb)	MOLDE N° V ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° V CBR (%) Corregido	MOLDE N° VI CARGA (lb)	MOLDE N° VI ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° VI CBR (%) Corregido
0.00	0.000		0.00	0.00		3.134	0.07		5.64	0.13	
0.64	0.030		60.17	1.41		43.874	1.03		38.23	0.90	
1.28	0.050		105.92	2.49		91.508	2.15		99.66	2.34	
1.92	0.080		125.98	2.96		116.579	2.74		153.56	3.61	
2.56	0.100	70.5	160.45	3.77	5.35	156.693	3.68	5.22	205.77	4.83	6.86
3.20	0.130		171.11	4.02		178.630	4.20		224.38	5.27	
3.84	0.150		181.76	4.27		200.567	4.71		240.05	5.64	
4.48	0.180		204.33	4.80		228.771	5.37		265.75	6.24	
5.12	0.200	105.7	215.63	5.06	4.79	235.666	5.54	5.24	293.51	6.89	6.54
7.66	0.300		266.38	6.26		295.209	6.93		348.48	8.19	
10.19	0.400		299.60	7.04		335.322	7.88		415.55	9.76	
12.72	0.500		347.86	8.17		367.287	8.63		470.08	11.04	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - HVCA
ÁREA DE PROYECCIÓN E EXTENSIÓN
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Silva

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

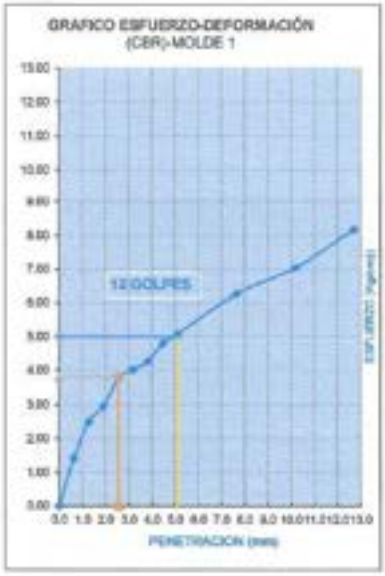
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.4

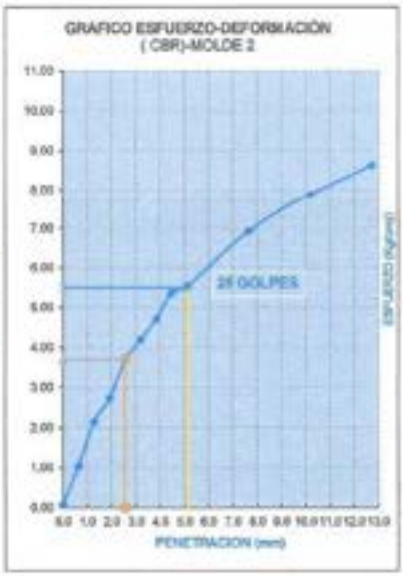
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansió n %	ón (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	6.86	1.88	0.47	0.1	1.88	6.86
2	25	5.64	1.79	1.18	0.1	1.78	5.51
1	12	5.35	1.77	0.39			

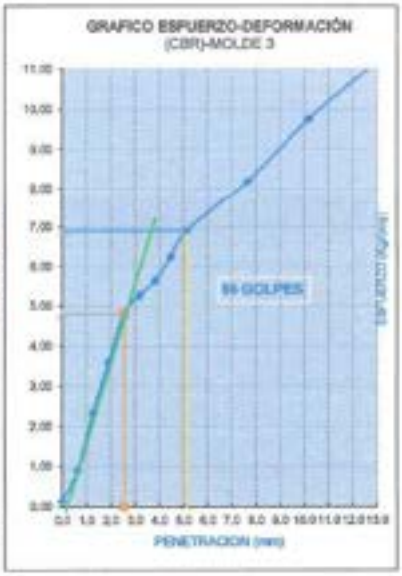


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.77	5.35	4.79
25	1.79	5.64	5.24
56	1.88	6.86	6.52

Resultados	0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	6.86
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	5.51







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE LA E.A.P.I.C.H.

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.40 %	**After Compaction**	8.40 %
Top 1" Layer after penetration	11.08 %	**Average after soak**	11.08 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4525.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

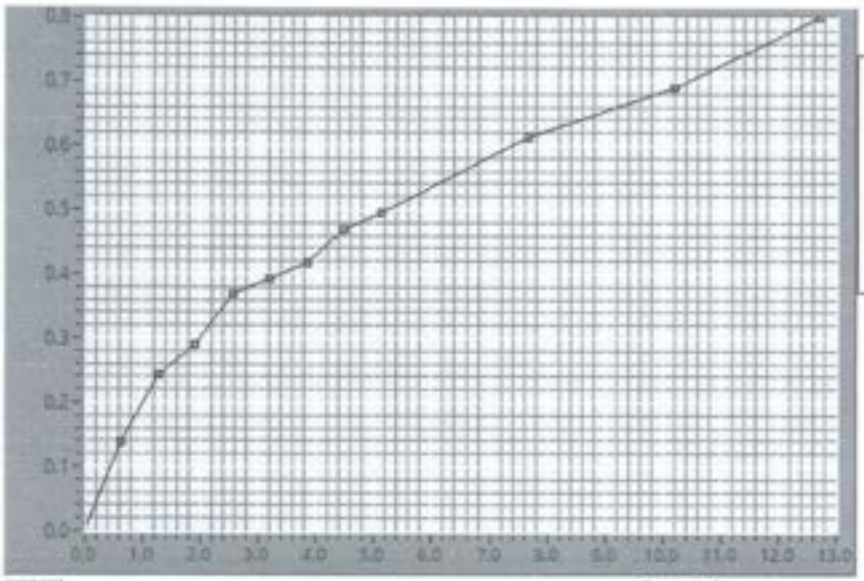
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.3	%	4.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.40 %	**After Compaction**	8.40 %
Top 1" Layer after penetration	11.08 %	**Average after soak**	12.58 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4555.00 g
Soaking Travel	1.360 mm
Swell	1.18 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

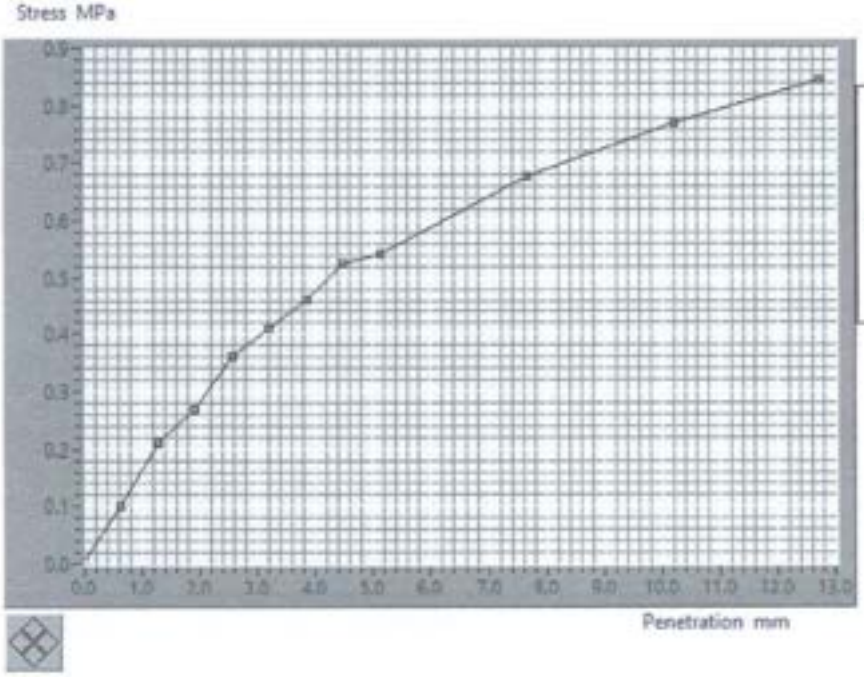
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.2	%	5.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE MINERÍA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.98 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.98 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.50 %	**After Compaction**	8.50 %
Top 1" Layer after penetration	9.71 %	**Average after soak**	9.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4545.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - FIC - UNH
Ing. Dra. Alfredo Mendoza Soto

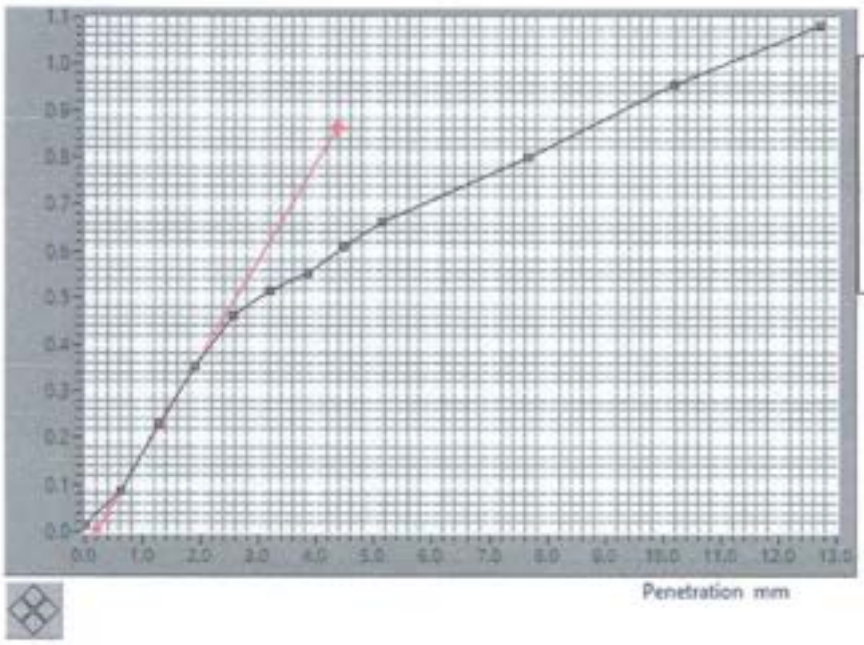
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.5	MPa	0.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	6.9	%	6.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE I.C. (E) - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 01	MUESTRA:	C2-0%
FECHA:	22/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.935
Humedad Optima (%)	:	9.50

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11385	11555	11535	11615	11625	11675
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4225	4395	4395	4475	4465	4515
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Humeda (grs/cm3)	2.015	2.096	2.097	2.135	2.128	2.152
Densidad Seca (grs/cm3)	1.82	1.83	1.88	1.88	1.93	1.93
Tara N°	13		4		4	
Peso del Tara (grs)	35.67		36.41		36.64	
Peso de la Tara+ Muestra Húmeda (grs)	204.76		225.30		233.79	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.81		205.83		215.67	
Peso del Agua (grs)	15.95		19.47		18.12	
Peso del Material Seco (grs)	153.1		169.4		179.0	
Humeda (%)	10.42		11.49		10.12	
(%) Humedad	10.42	14.44	11.49	13.31	10.12	11.24
Densidad Seca (grs/cm3)	1.82	1.83	1.88	1.88	1.93	1.93

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	128	1.28	1.11	40	0.4	0.35	36	0.36	0.31
19/03/2024	15:00	24	150	1.5	1.13	42	0.42	0.37	38	0.38	0.33
20/03/2024	15:00	48	134	1.34	1.16	43	0.43	0.37	40	0.4	0.35
21/03/2024	15:00	72	137	1.37	1.19	45	0.45	0.39	42	0.42	0.37
22/03/2024	15:00	96	139	1.39	1.21	45	0.45	0.39	45	0.45	0.39

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION cm/g	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		0.00	0.00		0.627	0.01		0.63	0.01	
0.64	0.030		57.04	1.34		3.134	0.07		56.41	1.33	
1.28	0.050		152.93	3.59		0.627	0.01		140.40	3.30	
1.92	0.080		268.88	6.32		3.761	0.09		235.67	5.54	
2.56	0.100	70.5	362.90	8.52	12.09	25.698	0.60	0.86	317.15	7.45	10.57
3.20	0.130		429.96	10.10		77.093	1.81		379.82	8.92	
3.84	0.150		481.36	11.31		149.171	3.50		436.23	10.25	
4.48	0.180		522.73	12.28		233.102	5.01		481.99	11.32	
5.12	0.200	105.7	565.97	13.30	12.58	267.004	6.27	5.93	525.86	12.35	11.69
7.66	0.300		683.18	16.05		401.760	9.44		658.11	15.46	
10.19	0.400		779.08	18.30		497.656	11.69		783.46	18.40	
12.72	0.500		868.08	20.39		585.404	13.75		895.65	21.04	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPIC
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

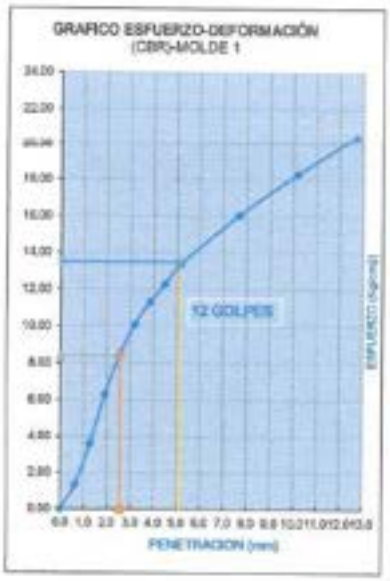
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.935
Humedad Optima (%)	9.5

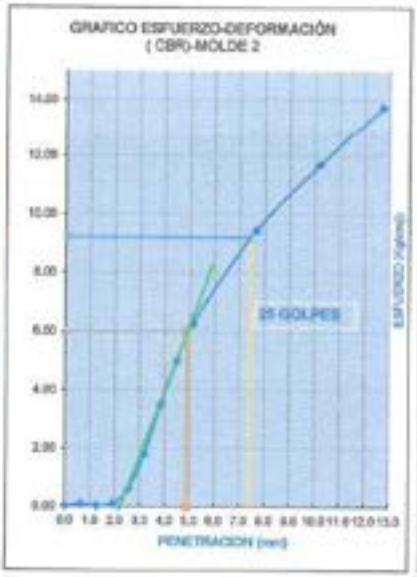
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3)	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	10.57	1.93	0.39	0.1	1.93	10.57
2	25	8.51	1.88	0.39	0.1	1.84	7.20
1	12	7.00	1.83	1.21			

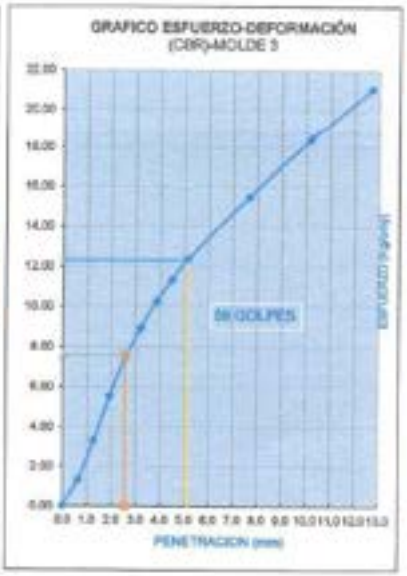


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.83	7.00	12.58
25	1.88	8.51	8.70
56	1.93	10.57	11.69

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	10.57
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	7.20







Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.83 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.83 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.5 %	**After Compaction**	9.5 %
Top 1" Layer after penetration	14.44 %	**Average after soak**	14.44 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4395.00 g
Soaking Travel	1.390 mm
Swell	1.21 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
FACULTAD ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tec. Ing. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

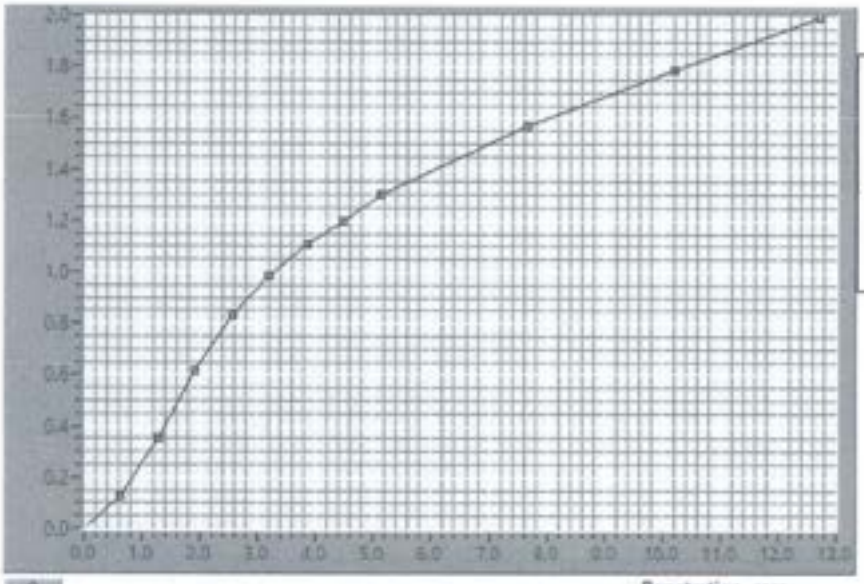
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.8	MPa	1.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	12.0	%	12.6	%

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO A 25 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.5 %	**After Compaction**	9.5 %
Top 1" Layer after penetration	12.01 %	**Average after soak**	12.01 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

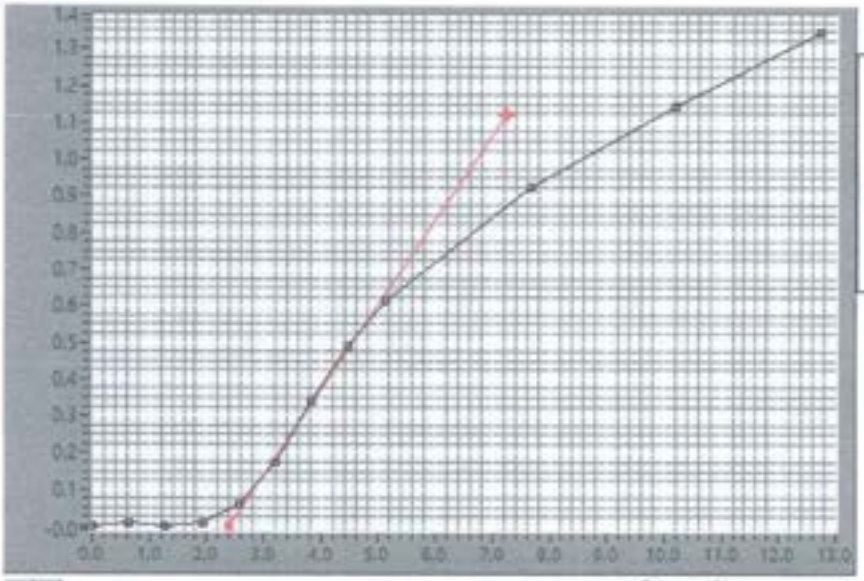
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	0.9	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	8.4	%	8.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACIÓN Y LABORATORIO

Tec. Yuly Ayrton Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	1.93 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.93 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	11.24 %	**Average after soak**	11.24 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4515.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO DE LA E.A.P.I.C.H

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

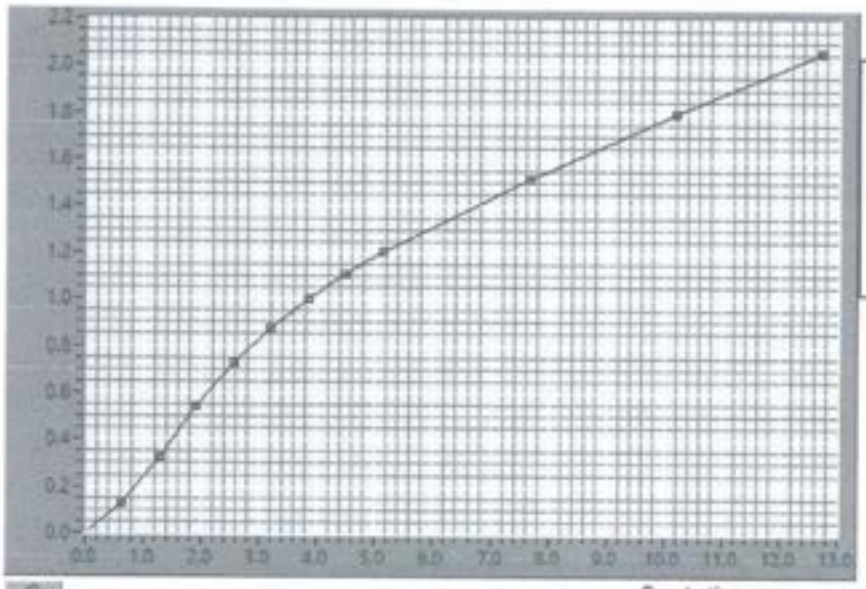
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.7	MPa	1.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	10.5	%	11.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - UNH
ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y RESPONSABILIDAD SOCIAL

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUICHQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 02	**MUESTRA:**	C2-14%
FECHA:	29/03/2024	**PROFUNDIDA:**	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	2.042
Humedad Optima (%)	:	10.30

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11445	11665	11595	11765	11865	11930
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4285	4505	4455	4625	4705	4770
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.043	2.148	2.125	2.207	2.243	2.274
Densidad Seca (grs/cm3)	1.85	1.86	1.87	1.88	2.04	2.04
Tara N°	1		2		13	
Peso del Tara (grs)	36.22		35.67		35.68	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	202.45		188.76		175.09	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	186.89		170.65		162.49	
Peso del Agua (grs)	15.56		18.11		12.60	
Peso del Material Seco (grs)	150.7		135.0		126.8	
Humeda (%)	10.33		13.42		9.94	
(%) Humedad	10.33	15.46	13.42	17.23	9.94	11.32
Densidad Seca (grs/cm3)	1.85	1.86	1.87	1.88	2.04	2.04

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	30	0.3	0.26	68	0.68	0.59	15	0.15	0.13
26/03/2024	15:00	24	34	0.34	0.30	71	0.71	0.62	15	0.15	0.13
27/03/2024	15:00	48	36	0.36	0.31	74	0.74	0.64	17	0.17	0.15
28/03/2024	15:00	72	38	0.38	0.33	76	0.76	0.66	18	0.18	0.16
29/03/2024	15:00	96	40	0.4	0.35	80	0.8	0.70	19	0.19	0.17

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		62.68	1.47		125.35	2.94		309.62	7.27	
1.28	0.050		362.27	8.51		456.29	10.72		1014.11	23.82	
1.92	0.080		594.81	13.97		723.92	17.01		1633.36	38.37	
2.56	0.100	70.5	735.20	17.27	24.50	910.70	21.39	30.34	2089.03	49.07	69.61
3.20	0.130		836.47	19.51		1036.05	24.34		2440.02	57.32	
3.84	0.150		905.68	21.28		1117.53	26.25		2720.81	63.91	
4.48	0.180		972.12	22.84		1171.43	27.52		2945.19	69.18	
5.12	0.200	105.7	1027.28	24.13	22.83	1224.71	28.77	27.22	3130.09	73.53	69.56
7.66	0.300		1175.19	27.61		1410.86	33.14		3114.42	73.16	
10.19	0.400		1274.85	29.95		1556.27	36.56		3342.83	78.52	
12.72	0.500		1356.96	31.88		1686.64	39.62		3342.57	78.52	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

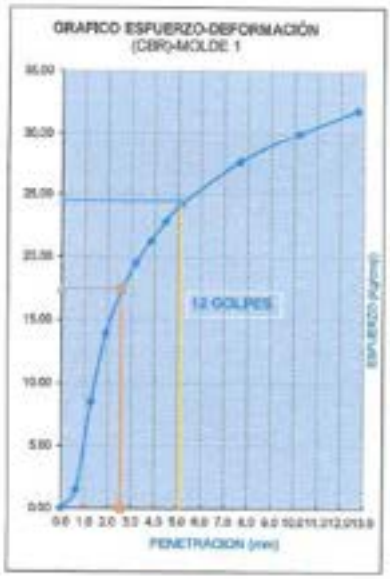
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	2.042
Humedad Optima (%)	10.3

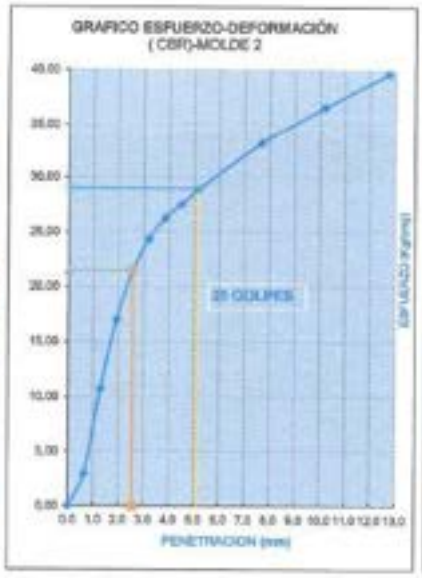
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3)	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	69.61	2.04	0.17	0.1	2.04	69.61
2	25	30.34	1.88	0.70	0.1	1.94	45.03
1	12	24.50	1.86	0.35			

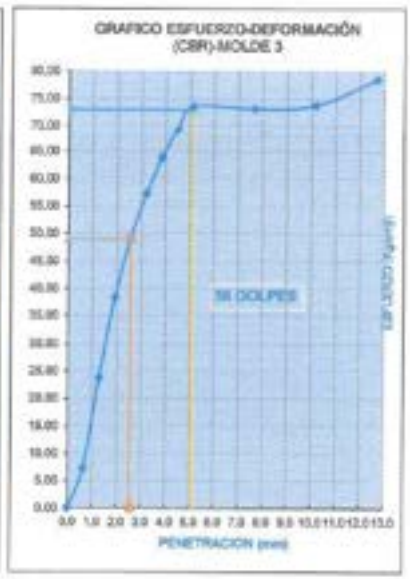


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"
		(%)	(%)
12	1.86	24.50	22.83
25	1.88	30.34	27.22
56	2.04	69.61	69.56

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	69.61
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	45.03







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
METODO DE DOSIFICACION DE LA SAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.86 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.86 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	15.71 %	**Average after soak**	15.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4305.00 g
Soaking Travel	0.400 mm
Swell	0.35 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

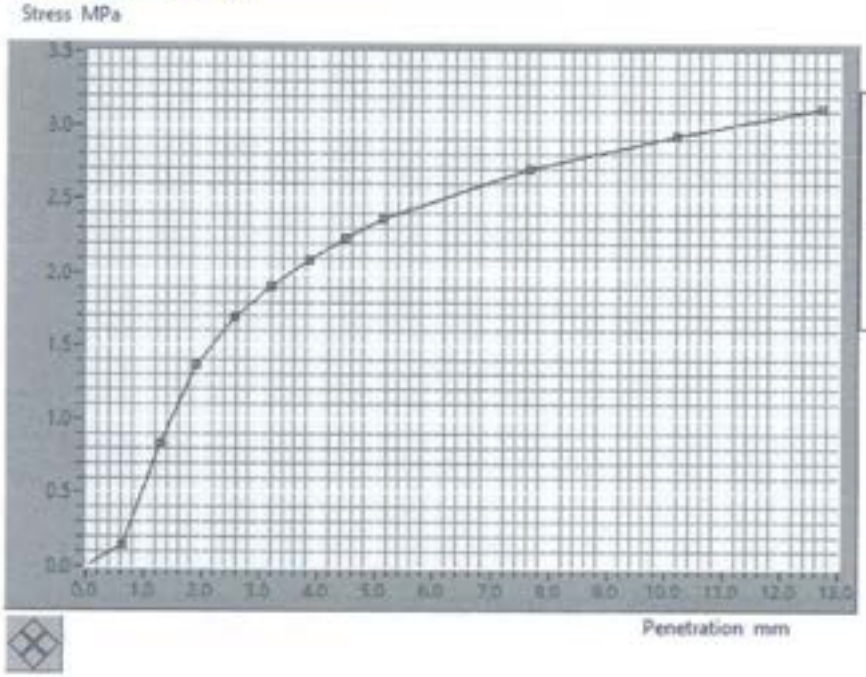
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.7	MPa	2.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	24.3	%	22.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	
Diameter	152.310 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	14.19 %	**Average after soak**	14.19 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4425.00 g
Soaking Travel	0.800 mm
Swell	0.70 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTACION

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

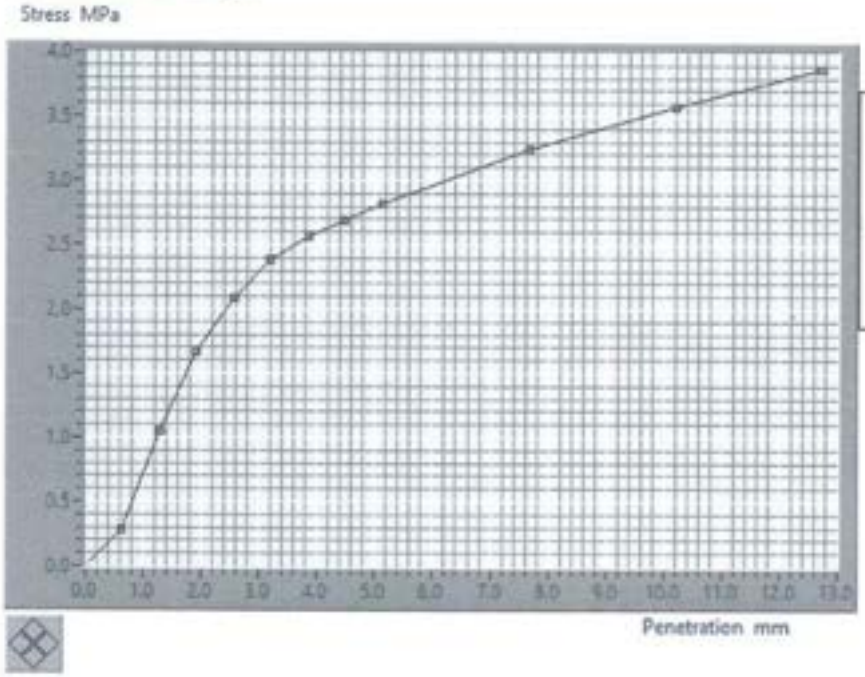
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.1	MPa	2.8	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	30.1	%	27.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA ESCUELA

Tec. Juan Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	2.04 kg/m3	**Dry Density after Soak**	2.04 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Molsture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	11.38 %	**Average after soak**	11.30 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4570.00 g
Soaking Travel	0.190 mm
Swell	0.17 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA

Tec. Adm. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

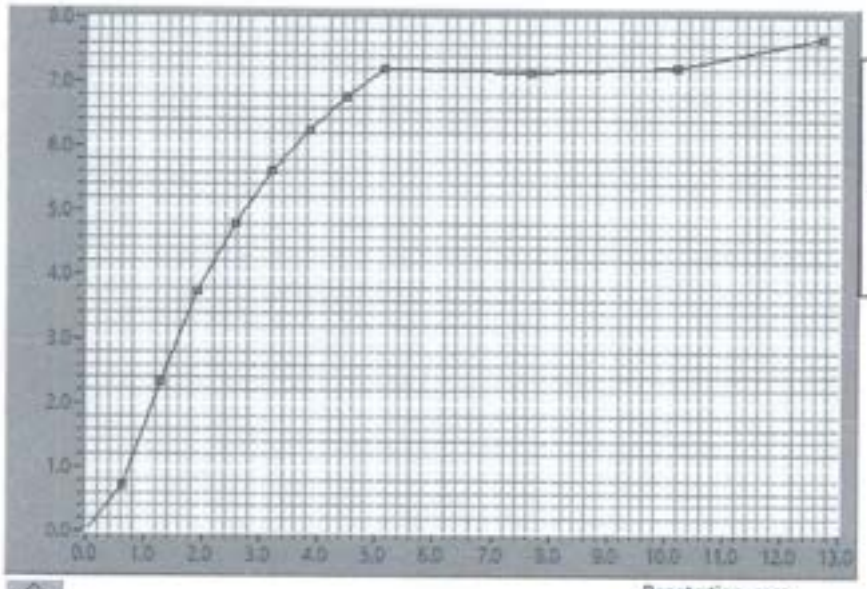
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	4.8	MPa	7.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	69.1	%	69.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - FIICA
AREA DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Dolk Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUERALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** C3-21%

FECHA: 29/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	867
Humedad Optima (%)	:	9.52

DATOS DE CBR

Molde N°	XII		XI		X	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	10605	10950	12670	12925	12685	12855
Peso del Molde (grs)	6680	6680	8555	8555	8385	8385
Peso del Suelo Humedo (grs)	3925	4270	4115	4370	4300	4470
Volumen del Molde (cm3)	2099	2099	2101	2101	2095	2095
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.870	2.034	1.959	2.080	2.053	2.134
Densidad Seca (grs/cm3)	1.69	1.70	1.76	1.77	1.86	1.87
Tara N°	12		18		13	
Peso del Tara (grs)	35.55		36.35		35.67	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	213.74		182.48		209.08	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	196.38		167.76		192.86	
Peso del Agua (grs)	17.36		14.72		16.22	
Peso del Material Seco (grs)	160.8		131.4		157.2	
Humeda (%)	10.79		11.20		10.32	
(%) Humedad	10.79	19.58	11.20	17.40	10.32	14.27
Densidad Seca (grs/cm3)	1.69	1.70	1.76	1.77	1.86	1.87

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	100	1	0.87	314	3.14	2.73	195	1.95	1.69
26/03/2024	15:00	24	106	1.06	0.92	316	3.16	2.75	198	1.98	1.72
27/03/2024	15:00	48	109	1.09	0.95	318	3.18	2.76	200	2	1.74
28/03/2024	15:00	72	111	1.11	0.96	320	3.2	2.78	203	2.03	1.76
29/03/2024	15:00	96	115	1.15	1.00	322	3.22	2.80	205	2.05	1.78

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° XII CARGA (lb)	MOLDE N° XII ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° XII CBR (%) Corregido	MOLDE N° XI CARGA (lb)	MOLDE N° XI ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° XI CBR (%) Corregido	MOLDE N° X CARGA (lb)	MOLDE N° X ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° X CBR (%) Corregido
0.00	0.000		-21.97	-0.75		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		68.94	1.62		265.12	6.23		298.34	7.01	
1.28	0.050		287.69	6.76		559.71	13.15		805.40	18.92	
1.92	0.080		473.21	11.12		789.10	18.54		1233.48	28.98	
2.56	0.100	70.5	601.70	14.13	20.05	990.92	23.28	33.02	1546.87	36.34	51.54
3.20	0.130		689.45	16.20		1153.88	27.11		1808.23	42.48	
3.84	0.150		755.89	17.76		1274.85	29.95		2024.47	47.56	
4.48	0.180		817.31	19.20		1372.00	32.23		2204.98	51.80	
5.12	0.200	105.7	869.96	20.44	19.33	1460.37	34.31	32.46	2351.05	55.23	52.25
7.66	0.300		1014.11	23.82		1729.26	40.62		2767.19	65.00	
10.19	0.400		1118.79	26.28		1915.41	44.99		3018.53	70.91	
12.72	0.500		1220.95	28.68		2053.30	48.23		3242.28	76.16	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA C. IL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPIH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

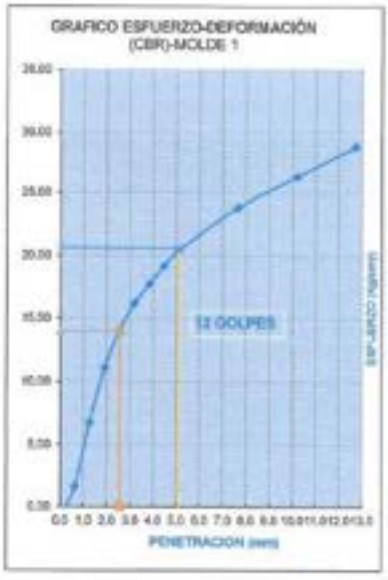
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	867
Humedad Optima (%)	9.52

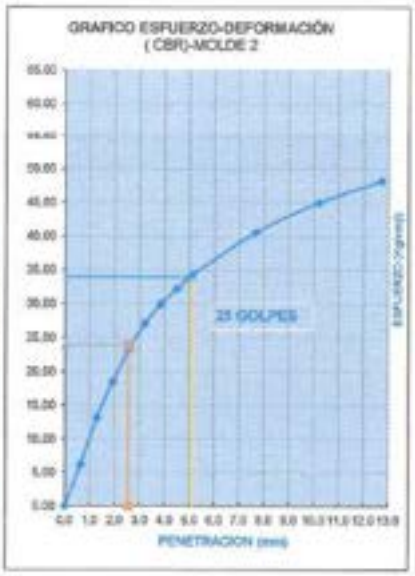
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3)	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
2	56	51.54	1.87	1.78	0.1	1.87	51.54
2	25	33.02	1.77	2.80	0.1	1.77	33.52
1	12	20.05	1.70	1.00			

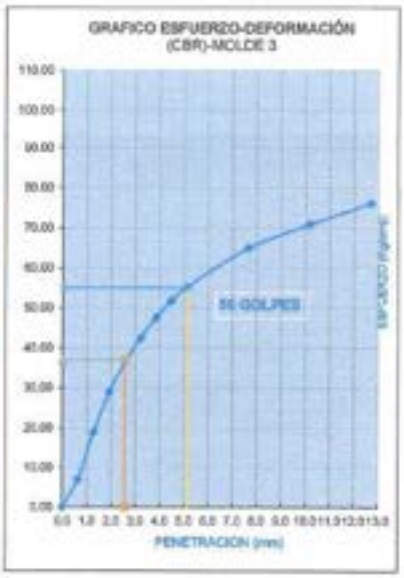


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.70	20.05	19.33
25	1.77	33.02	32.46
56	1.87	51.54	52.25

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	51.54
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	33.52







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
Ing. Alfredo Mendoza Sosa

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.350 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.70 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.70 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	19.58 %	**Average after soak**	19.58 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4270.00 g
Soaking Travel	1.150 mm
Swell	1.00 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE LA E.A.P.I.C.H

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

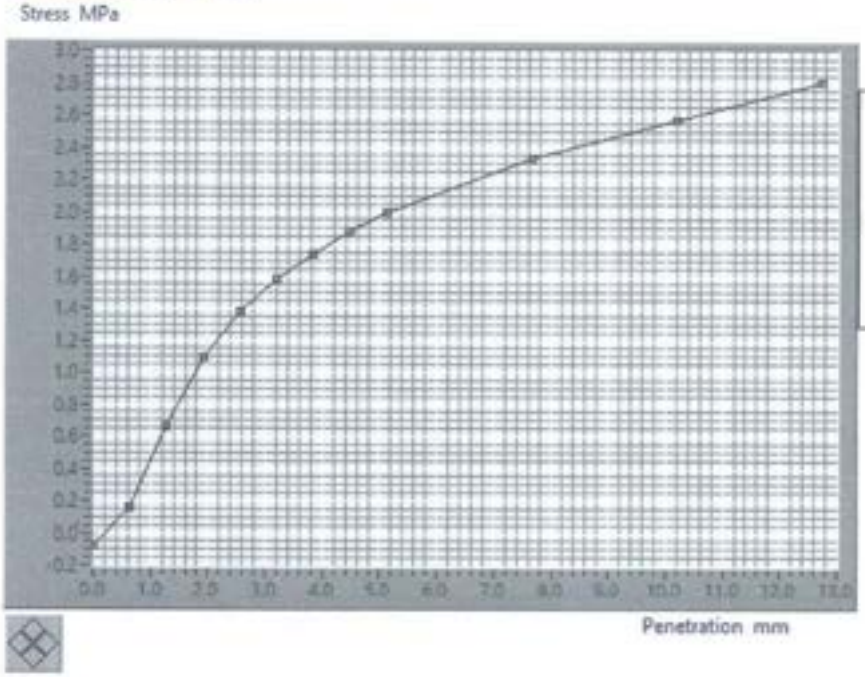
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 - 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.4	MPa	2.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	19.9	%	19.3	%

Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.520 mm		
Height	114.980 mm		
Dry Density before Soak	1.77 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.77 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	16.73 %	**Average after soak**	16.73 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4370.00 g
Soaking Travel	3.220 mm
Swell	2.80 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EDIFICACIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

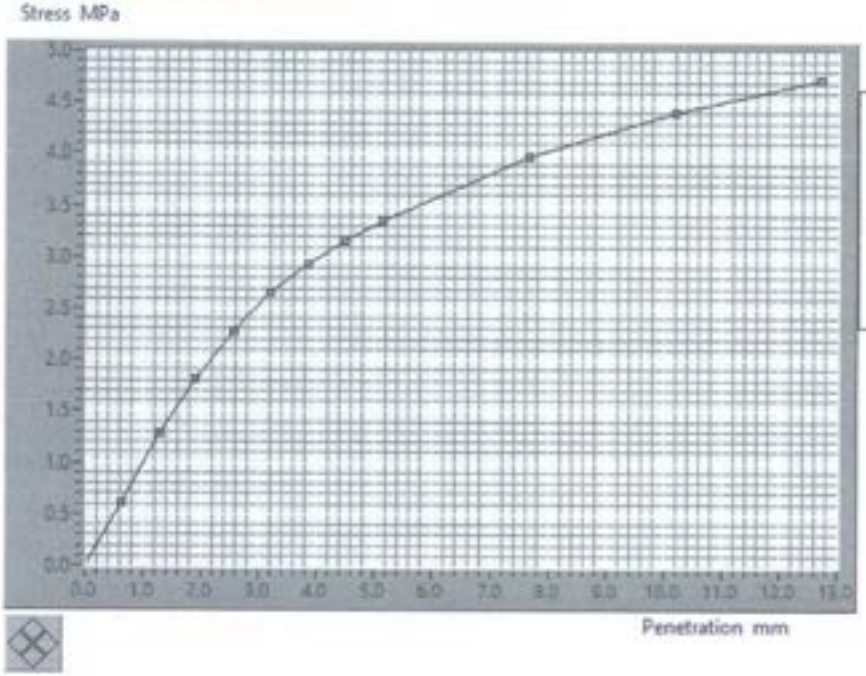
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 - 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.3	MPa	3.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	32.8	%	32.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.87 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.87 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	14.27 %	**Average after soak**	14.27 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4470.00 g
Soaking Travel	2.050 mm
Swell	1.78 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Solis

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

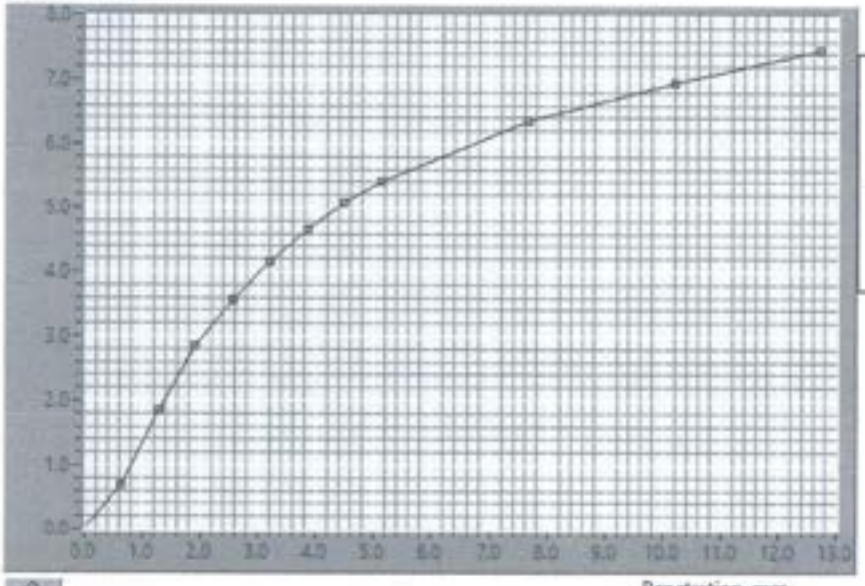
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.5	MPa	5.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	51.2	%	52.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PAVIMENTACION DE CARRETERAS

Tec. Lab. Alfredo Ventocilla Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICBQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — MUESTRA: NATURAL

FECHA: 22/03/2024 — PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.787
Humedad Optima (%)	:	8.65

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11445	12205	11650	12355	12025	12690
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	3515	4275	3745	4450	4090	4755
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.664	2.024	1.782	2.118	1.949	2.266
Densidad Seca (grs/cm3)	1.50	1.53	1.67	1.69	1.77	1.79
Tara N°	15		13		18	
Peso del Tara (grs)	36.49		36.40		36.41	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	208.97		207.04		208.99	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	191.95		196.20		192.74	
Peso del Agua (grs)	17.02		10.84		16.25	
Peso del Material Seco (grs)	155.5		159.8		156.3	
Humedad (%)	10.95		6.78		10.39	
(%) Humedad	10.95	32.57	6.78	25.61	10.39	26.65
Densidad Seca (grs/cm3)	1.50	1.53	1.67	1.69	1.77	1.79

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	186	1.86	1.62	290	2.9	2.52	258	2.58	2.24
19/03/2024	15:00	24	195	1.95	1.69	303	3.03	2.63	261	2.61	2.27
20/03/2024	15:00	48	206	2.06	1.79	315	3.15	2.74	345	3.45	3.00
21/03/2024	15:00	72	210	2.1	1.82	320	3.2	2.78	269	2.69	2.34
22/03/2024	15:00	96	212	2.12	1.84	321	3.21	2.79	375	3.75	3.26

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido
0.00	0.000		-10.03	-0.24		2.507	0.06		1.88	0.04	
0.64	0.030		-9.40	-0.22		20.683	0.49		24.44	0.57	
1.28	0.050		1.88	0.04		31.339	0.74		40.74	0.96	
1.92	0.080		3.76	0.09		45.754	1.07		47.63	1.12	
2.56	0.100	70.5	22.56	0.53	0.75	53.902	1.27	1.80	55.16	1.30	1.84
3.20	0.130		36.35	0.85		58.916	1.38		62.08	1.47	
3.84	0.150		34.47	0.81		61.423	1.44		72.08	1.69	
4.48	0.180		40.11	0.94		68.318	1.60		77.09	1.81	
5.12	0.200	105.7	55.16	1.30	1.23	66.438	1.56	1.48	85.24	2.00	1.89
7.66	0.300		53.90	1.27		83.360	1.96		119.71	2.81	
10.19	0.400		68.32	1.60		100.910	2.37		160.45	3.77	
12.72	0.500		77.72	1.83		116.579	2.74		206.83	4.86	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ASESOR DE LABORATORIO DE GEOTECNIA

Tec. Lady Alfredo Mendoza Solis

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

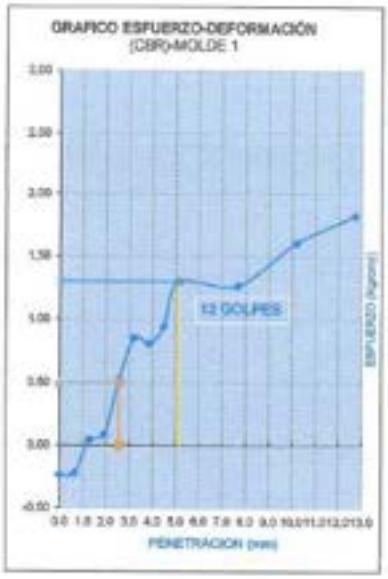
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (gra/cm3)	1.787
Humedad Optima (%)	8.65

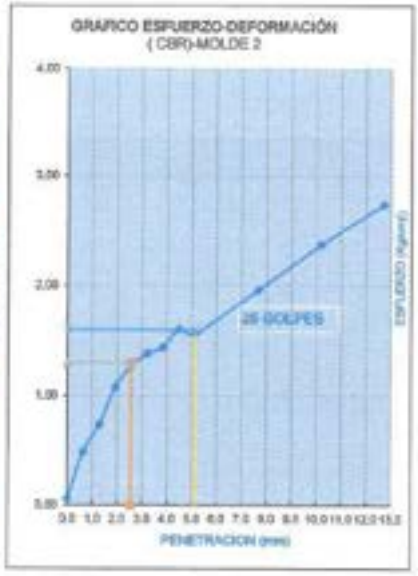
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansió n %	Penetració n (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	1.84	1.79	3.26	0.1	1.79	1.84
2	25	1.35	1.69	2.79	0.1	1.70	1.41
1	12	0.75	1.53	1.84			

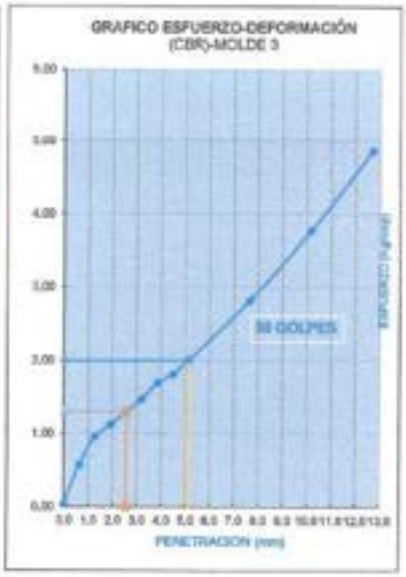


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1"	CBR 0.2"
		(%)	(%)
12	1.53	0.75	1.23
25	1.69	1.35	1.48
56	1.79	1.84	1.89

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	1.84
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	1.41







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.270 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.53 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.53 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	32.29 %	**Average after soak**	32.29 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4275.00 g
Soaking Travel	2.120 mm
Swell	1.84 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

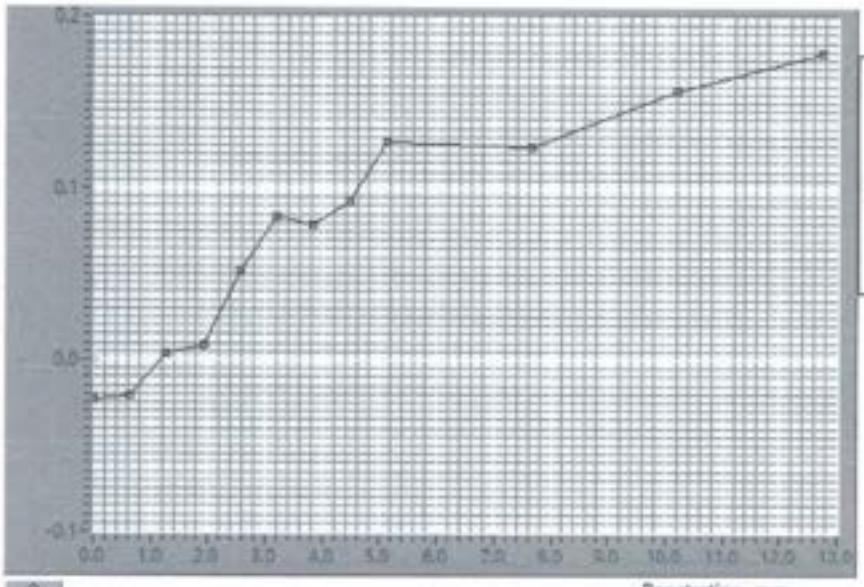
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.1	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	0.7	%	1.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION SOCIAL Y EXTENSION

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.69 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.69 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer *after penetration*	29.25 %	**Average after soak**	29.25 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4450.00 g
Soaking Travel	3.210 mm
Swell	2.79 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

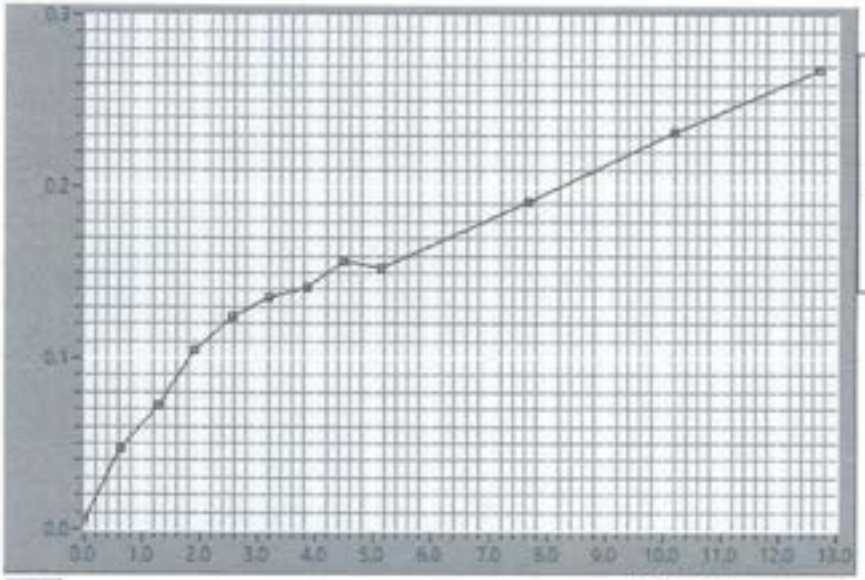
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	1.8	%	1.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PROYECCIÓN SOCIAL Y EXTENSIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	27.06 %	**Average after soak**	27.06 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4661.00 g
Soaking Travel	3.740 mm
Swell	3.25 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - UNCA
ÁREA DE [illegible]

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

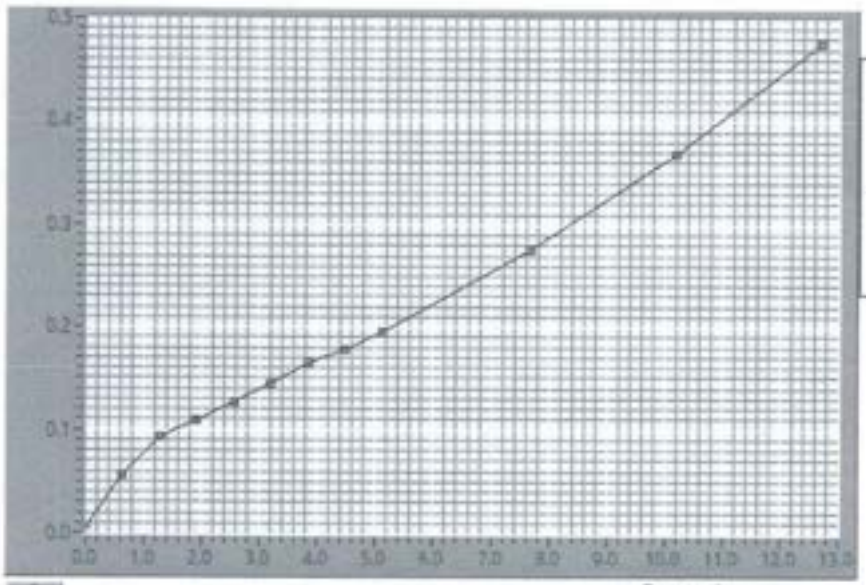
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	1.8	%	1.9	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PAVIMENTACION DE CARRETERA

Tec. Lab. Alejandro Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

NTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	C3-8%
FECHA:	22/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.878
Humedad Optima (%)	:	9.77

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11095	11465	10885	11205	11045	11330
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	3895	4265	4155	4475	4295	4580
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.860	2.037	1.977	2.129	2.049	2.185
Densidad Seca (grs/cm3)	1.69	1.70	1.83	1.84	1.87	1.88
Tara N°	1		5		21	
Peso del Tara (grs)	36.25		36.32		36.84	
Peso de la Tara+Muestra Húmedo (grs)	213.10		198.18		186.04	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	197.02		186.20		172.80	
Peso del Agua (grs)	16.08		11.98		13.24	
Peso del Material Seco (grs)	160.8		149.9		136.0	
Humeda (%)	10.00		7.99		9.74	
(%) Humedad	10.00	19.50	7.99	15.69	9.74	16.37
Densidad Seca (grs/cm3)	1.69	1.70	1.83	1.84	1.87	1.88

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	70	0.7	0.61	236	2.36	2.05	143	1.43	1.24
19/03/2024	15:00	24	73	0.73	0.63	238	2.38	2.07	145	1.45	1.26
20/03/2024	15:00	48	75	0.75	0.65	240	2.4	2.09	148	1.48	1.29
21/03/2024	15:00	72	78	0.78	0.68	243	2.43	2.11	150	1.5	1.30
22/03/2024	15:00	96	80	0.8	0.69	245	2.45	2.13	155	1.55	1.35

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV			MOLDE N° V			MOLDE N° VI		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kg/cm²)	Corregido	(lb)	(kg/cm²)	Corregido	(lb)	(kg/cm²)	Corregido
0.00	0.000		0.63	0.01		3.134	0.07		3.76	0.09	
0.64	0.030		23.07	0.59		55.156	1.30		60.17	1.41	
1.28	0.050		55.16	1.30		122.220	2.87		141.65	3.33	
1.92	0.080		94.02	2.21		203.074	4.77		229.40	5.39	
2.56	0.100	70.5	131.00	3.08	4.36	272.645	6.40	9.08	319.65	7.51	10.65
3.20	0.130		165.47	3.89		328.428	7.72		413.08	9.70	
3.84	0.150		194.93	4.58		374.809	8.80		492.64	11.57	
4.48	0.180		221.88	5.21		413.042	9.70		560.96	13.18	
5.12	0.200	105.7	241.31	5.67	5.36	445.634	10.47	9.90	616.12	14.47	13.69
7.66	0.300		300.85	7.07		553.438	13.00		783.46	18.40	
10.19	0.400		347.23	8.16		641.186	15.06		918.22	21.57	
12.72	0.500		387.97	9.11		727.680	17.09		1062.38	24.96	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION SOCIAL Y EXTENSION
Tec. Edy. Alfredo Mendoza Solo

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

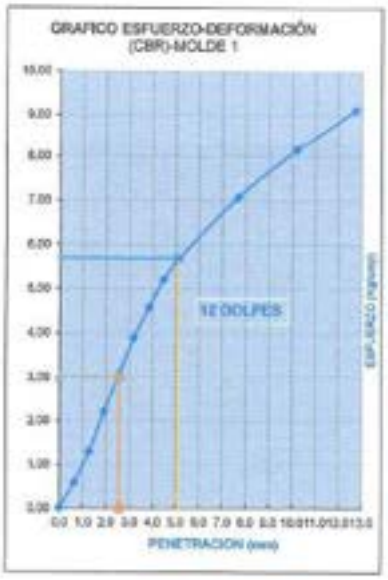
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.77

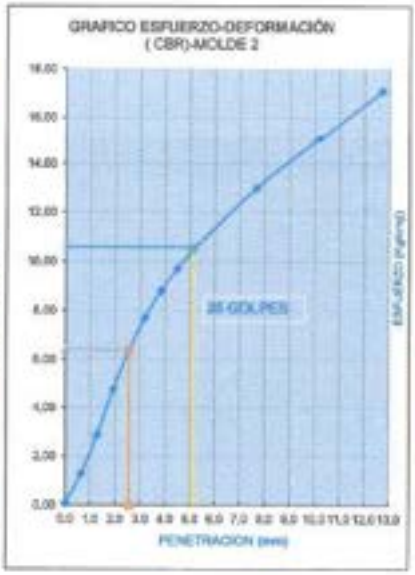
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansió n %	Penetració n (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	10.65	1.88	1.35	0.1	1.88	10,65
2	25	9.08	1.84	2.13	0.1	1.78	7.12
1	12	4.36	1.70	0.69			

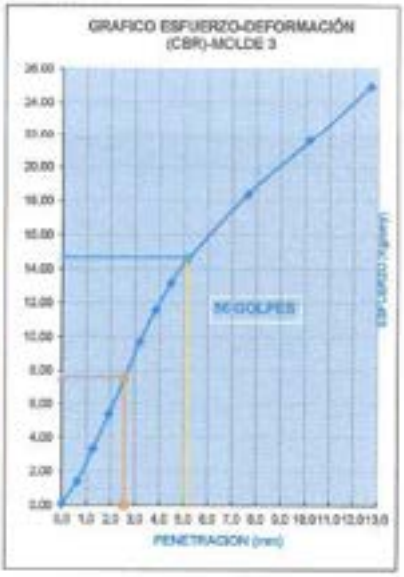


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.70	4.36	5.36
25	1.84	9.08	9.90
56	1.88	10.65	13.69

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	10.65
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	7.12







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.70 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.70 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	19.50 %	**Average after soak**	19.50 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4265.00 g
Soaking Travel	0.800 mm
Swell	0.70 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

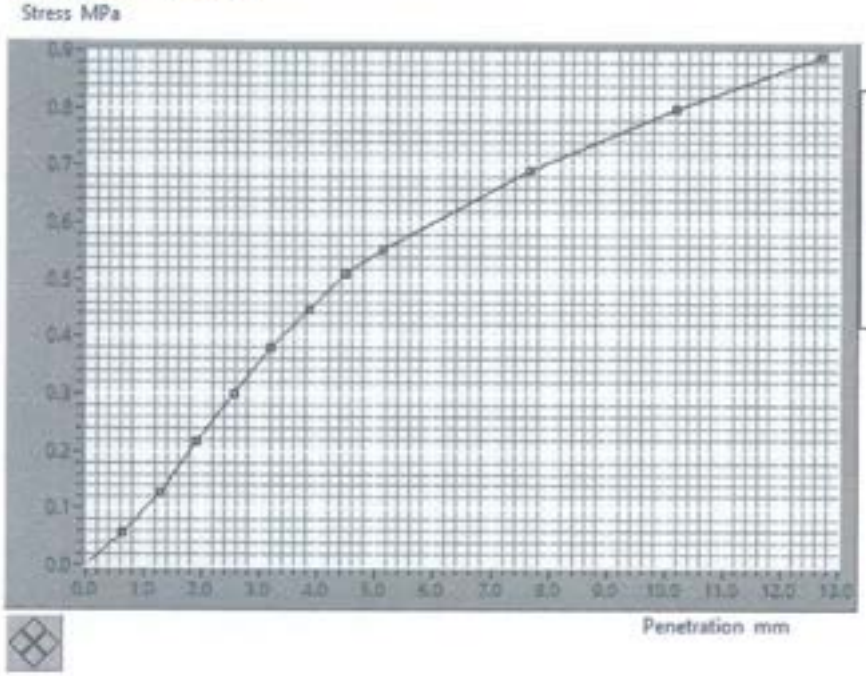
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	4.3	%	5.4	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL - HVCA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.84 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.84 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	17.53 %	**Average after soak**	17.53 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	2.450 mm
Swell	2.13 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE LABORATORIO DE LA UNIDAD

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

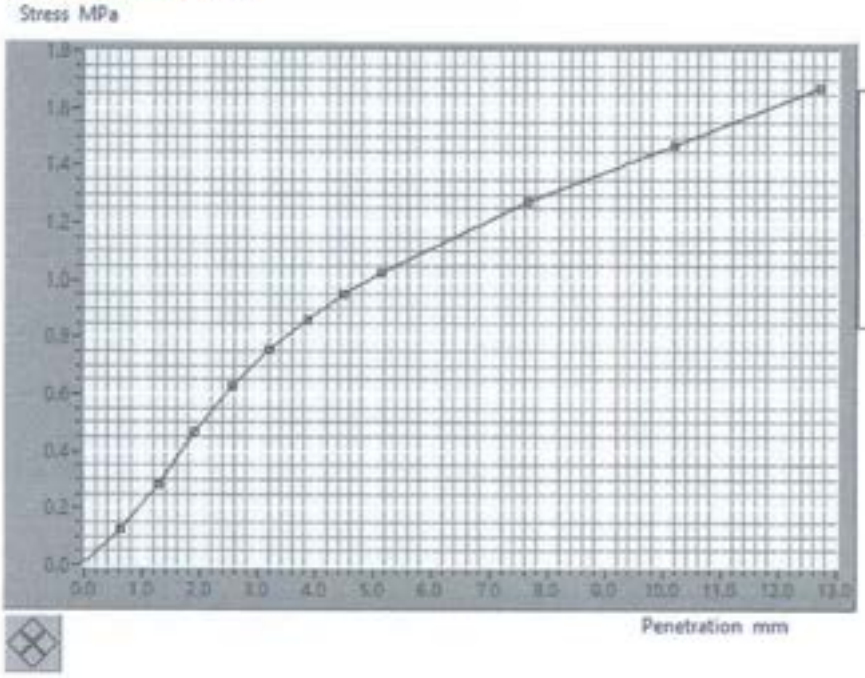
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	1.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	9.0	%	9.9	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PAVIMENTOS Y CONSTRUCCION DE CARRETERAS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	16.37 %	**Average after soak**	16.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4580.00 g
Soaking Travel	1.550 mm
Swell	1.35 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL CIVIL - HVCA
AREA DE [illegible]

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

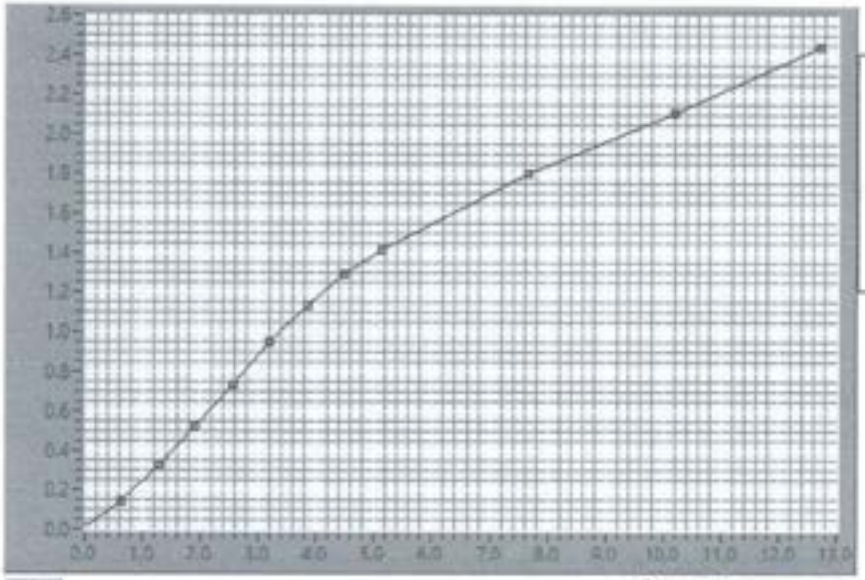
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.7	MPa	1.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	10.6	%	13.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICIBQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIBQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	C3-14%
FECHA:	29/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (gra/cm3)	:	1.981
Humedad Optima (%)	:	9.65

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11250	11545	11150	11525	11410	11695
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	4050	4345	4420	4595	4660	4745
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.934	2.075	2.103	2.186	2.223	2.264
Densidad Seca (grs/cm3)	1.72	1.73	1.79	1.80	1.98	1.98
Tara N°	18		20		3	
Peso del Tara (grs)	36.36		36.50		36.42	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	183.67		184.61		187.86	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.33		162.74		171.09	
Peso del Agua (grs)	16.34		21.87		16.77	
Peso del Material Seco (grs)	131.0		126.2		134.7	
Humedad (%)	12.48		17.32		12.45	
(%) Humedad	12.48	19.76	17.32	21.18	12.45	14.28
Densidad Seca (grs/cm3)	1.72	1.73	1.79	1.80	1.98	1.98

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	32	0.32	0.28	14	0.14	0.12	13	0.13	0.11
26/03/2024	15:00	24	37	0.37	0.32	16	0.16	0.14	14	0.14	0.12
27/03/2024	15:00	48	40	0.4	0.35	17	0.17	0.15	16	0.16	0.14
28/03/2024	15:00	72	41	0.41	0.36	20	0.2	0.17	18	0.18	0.16
29/03/2024	15:00	96	41	0.41	0.36	21	0.21	0.18	18	0.18	0.16

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV CARGA (lb)	MOLDE N° IV ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° IV CBR (%) Corregido	MOLDE N° V CARGA (lb)	MOLDE N° V ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° V CBR (%) Corregido	MOLDE N° VI CARGA (lb)	MOLDE N° VI ESFUERZO (kg/cm²)	MOLDE N° VI CBR (%) Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		315.27	7.41		504.55	11.85		670.02	15.74	
1.28	0.050		498.28	11.71		975.25	22.91		1607.67	37.77	
1.92	0.080		605.46	14.22		1239.35	29.12		2415.57	56.74	
2.56	0.100	70.5	685.06	16.09	22.83	1403.34	32.97	46.76	3032.94	71.25	101.06
3.20	0.130		745.23	17.51		1544.99	36.29		3478.58	81.71	
3.84	0.150		796.00	18.70		1676.61	39.38		3765.64	88.46	
4.48	0.180		826.08	19.41		1801.34	42.31		3969.34	93.24	
5.12	0.200	105.7	859.30	20.19	19.10	1914.16	44.96	42.54	4110.36	96.56	91.35
7.66	0.300		952.60	22.38		2291.47	53.83		4484.54	105.35	
10.19	0.400		1061.75	24.94		2579.16	60.59		4917.64	115.52	
12.72	0.500		1163.29	27.33		2720.18	63.90		5364.53	126.02	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
Tec. Lab. Alfredo Ibarra Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

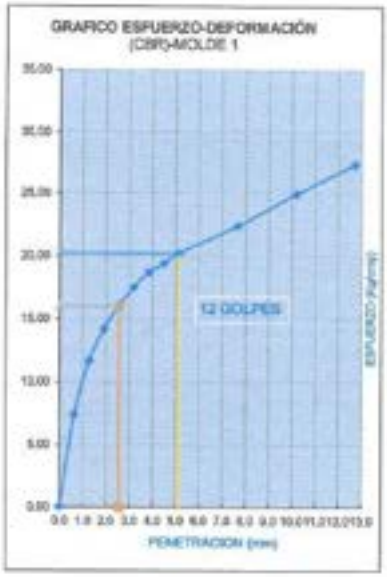
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.981
Humedad Optima (%)	9.65

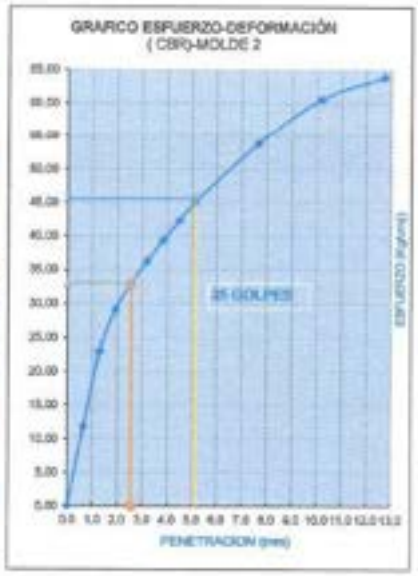
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	101.06	1.98	0.16	0.1	1.98	101.06
2	25	46.76	1.80	0.18	0.1	1.88	71.25
1	12	22.83	1.73	0.36			

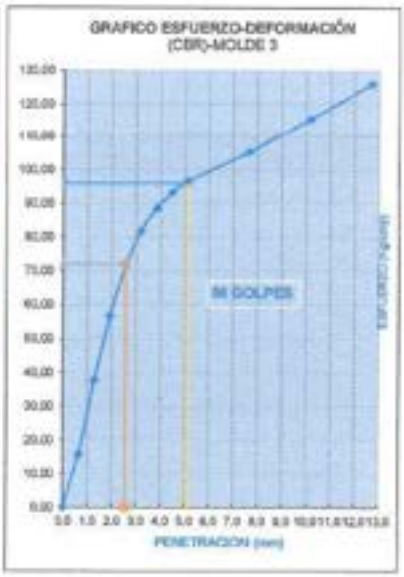


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.73	22.83	19.10
25	1.80	46.76	42.54
56	1.98	101.06	91.35

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	101.06
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	71.25







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 12 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.73 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.73 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	20.04 %	**Average after soak**	20.04 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4195.00 g
Soaking Travel	0.410 mm
Swell	0.36 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - UNCA
AREA DE INVESTIGACION Y SOCIOLOGIA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

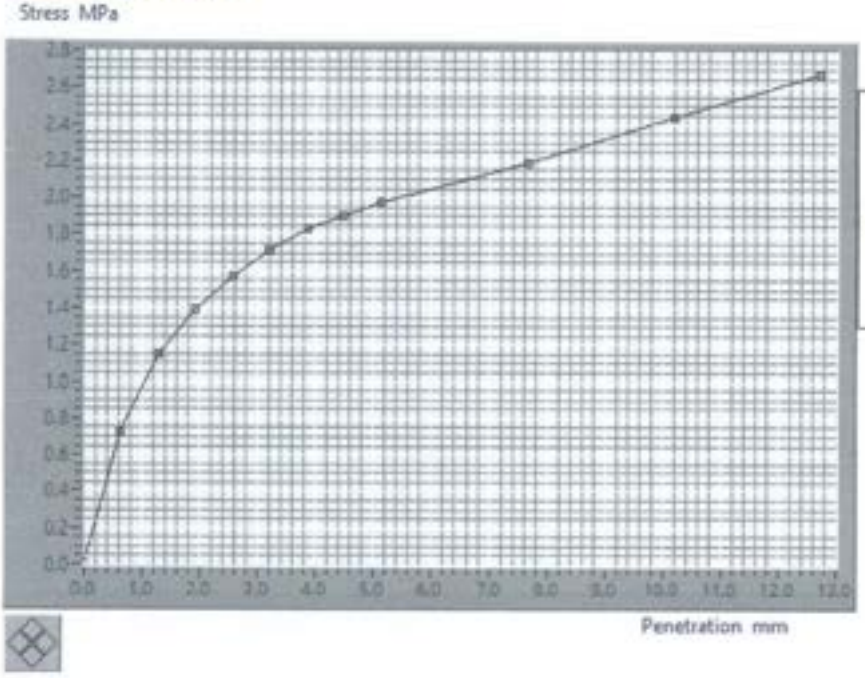
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.6	MPa	2.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	22.7	%	19.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.80 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.80 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	16.17 %	**Average after soak**	16.17 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4445.00 g
Soaking Travel	0.210 mm
Swell	0.18 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

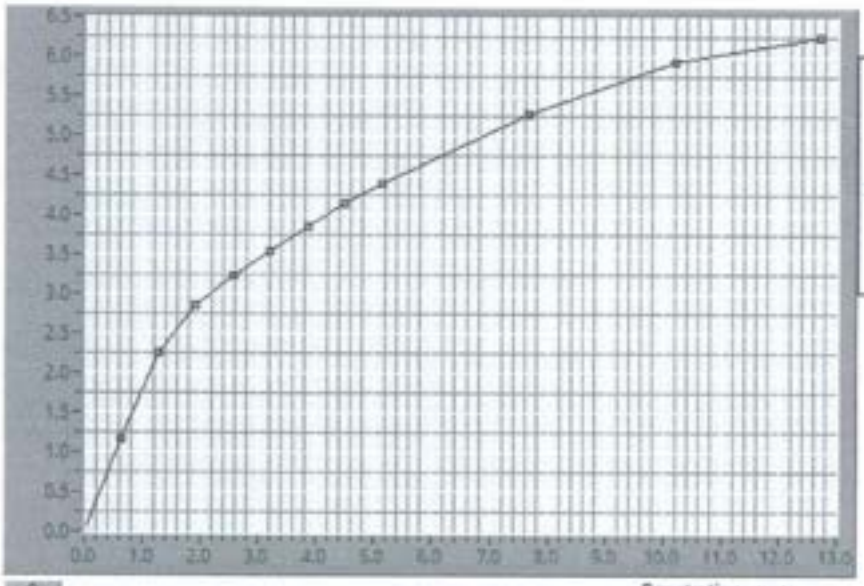
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.2	MPa	4.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	46.6	%	42.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACION Y LABORATORIO

Tec. Laboratorio Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.98 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.98 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	14.34 %	**Average after soak**	14.34 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4585.00 g
Soaking Travel	0.180 mm
Swell	0.16 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCIÓN SOCIAL Y EXTENSIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

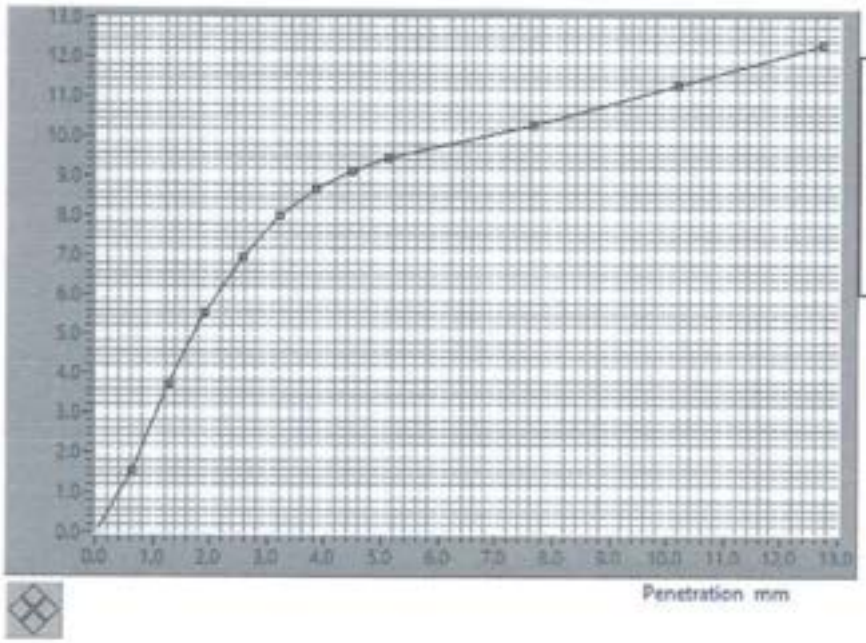
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	6.9	MPa	9.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	100.4	%	91.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y CONSULTORÍA GAFICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS:	"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"		
UBICACIÓN:	QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA		
CALICATA:	N° 03	MUESTRA:	C3-22%
FECHA:	29/03/2024	PROFUNDIDA:	1.50 m

DATOS DE PROCTOR		
Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.892
Humedad Optima (%)	:	9.87

DATOS DE CBR						
Molde N°	IX		VIII		VII	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11615	12065	12025	12295	12325	12505
Peso del Molde (grs)	7935	7935	7905	7905	7930	7930
Peso del Suelo Humedo (grs)	3680	4130	4120	4390	4395	4575
Volumen del Molde (cm3)	2098	2098	2101	2101	2114	2114
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.754	1.969	1.961	2.089	2.079	2.164
Densidad Seca (grs/cm3)	1.58	1.60	1.65	1.67	1.89	1.89
Tara N°	16		22		23	
Peso del Tara (grs)	35.62		36.43		36.49	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	197.76		182.64		177.32	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	181.58		159.54		164.20	
Peso del Agua (grs)	16.18		23.10		13.12	
Peso del Material Seco (grs)	146.0		123.1		127.7	
Humeda (%)	11.09		18.76		10.27	
(%) Humedad	11.09	23.31	18.76	25.32	10.27	14.37
Densidad Seca (grs/cm3)	1.58	1.60	1.65	1.67	1.89	1.89

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	218	2.18	1.89	95	0.95	0.83	310	3.1	2.69
26/03/2024	15:00	24	220	2.2	1.91	98	0.98	0.85	312	3.12	2.71
27/03/2024	15:00	48	223	2.23	1.94	100	1	0.87	315	3.15	2.74
28/03/2024	15:00	72	226	2.26	1.96	102	1.02	0.89	318	3.18	2.76
29/03/2024	15:00	96	227	2.27	1.97	106	1.06	0.92	320	3.2	2.78

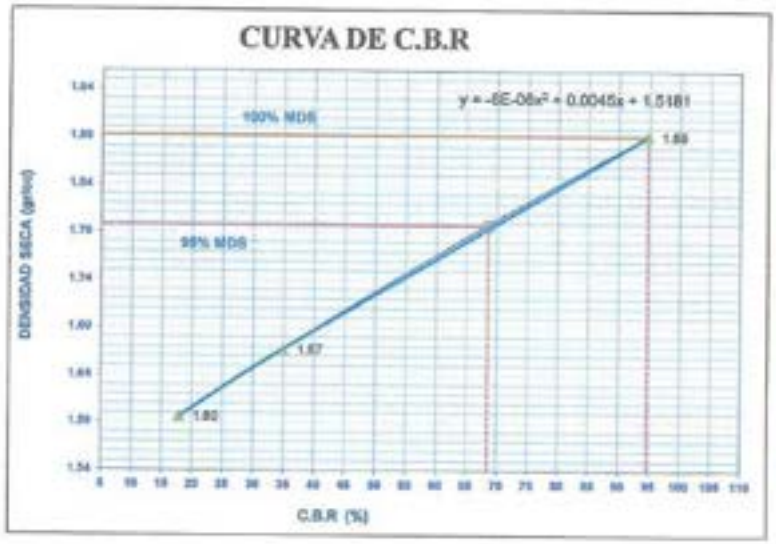
PENETRACIÓN											
PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IX			MOLDE N° VIII			MOLDE N° VII		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		2.51	0.06		0.00	0.00	
0.64	0.030		203.07	4.77		298.34	7.01		403.40	9.57	
1.28	0.050		354.75	8.33		614.86	14.44		1440.95	33.85	
1.92	0.080		461.30	10.84		870.58	20.45		2242.58	52.68	
2.56	0.100	70.5	536.52	12.60	17.88	1045.45	24.56	34.83	2841.15	66.74	94.67
3.20	0.130		587.91	13.81		1160.15	27.25		3306.84	77.68	
3.84	0.150		627.40	14.74		1240.38	29.14		3679.77	86.44	
4.48	0.180		663.75	15.59		1293.65	30.39		3991.27	93.76	
5.12	0.200	105.7	699.48	16.43	15.55	1351.89	31.29	29.60	4234.46	99.47	94.11
7.66	0.300		814.80	19.14		1434.68	33.70		4337.25	101.89	
10.19	0.400		911.95	21.42		1548.75	36.38		4341.01	101.97	
12.72	0.500		1004.71	23.60		1704.82	40.05		4615.54	108.42	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN Y LA EMPRESA
Tec. Lab. Alfredo Medrano Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

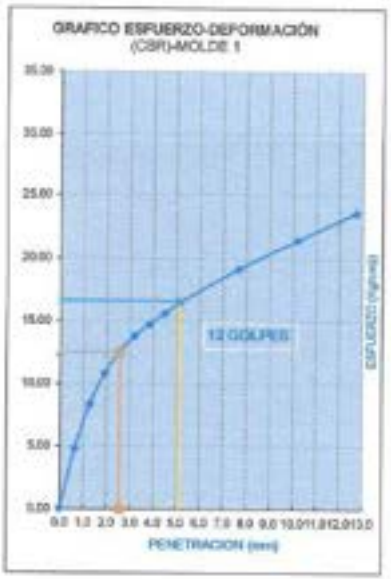
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.892
Humedad Optima (%)	9.87

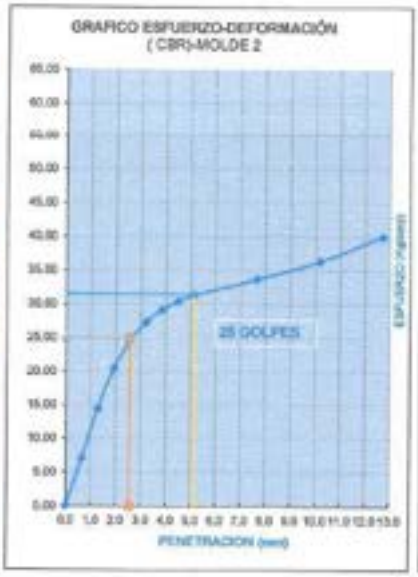
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	94.67	1.89	2.78	0.1	1.89	94.67
2	25	34.83	1.67	0.92	0.1	1.80	68.48
1	12	17.88	1.60	1.97			

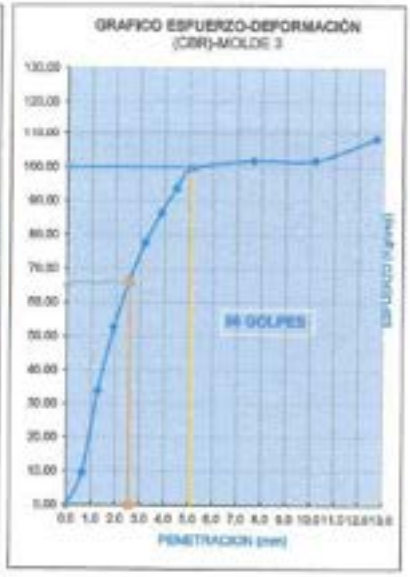


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.60	17.88	15.55
25	1.67	34.83	29.60
56	1.89	94.67	94.11

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	94.67
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	68.48







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDADA A 12 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.60 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.60 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	23.31 %	**Average after soak**	23.31 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4130.00 g
Soaking Travel	2.270 mm
Swell	1.97 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y LABORATORIO DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

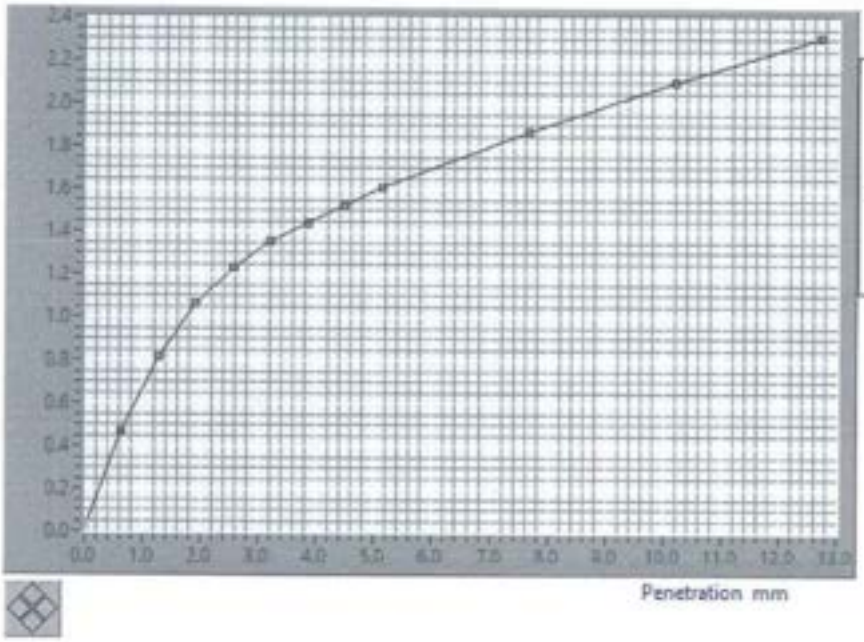
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.2	MPa	1.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	17.8	%	15.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL-HVCA
AREA DE INVESTIGACIÓN DE LA ESPIN

Tec. Lab. Alfredo Mer[illegible] Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDAEDA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.67 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.67 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	17.07 %	**Average after soak**	17.07 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4390.00 g
Soaking Travel	1.060 mm
Swell	0.92 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

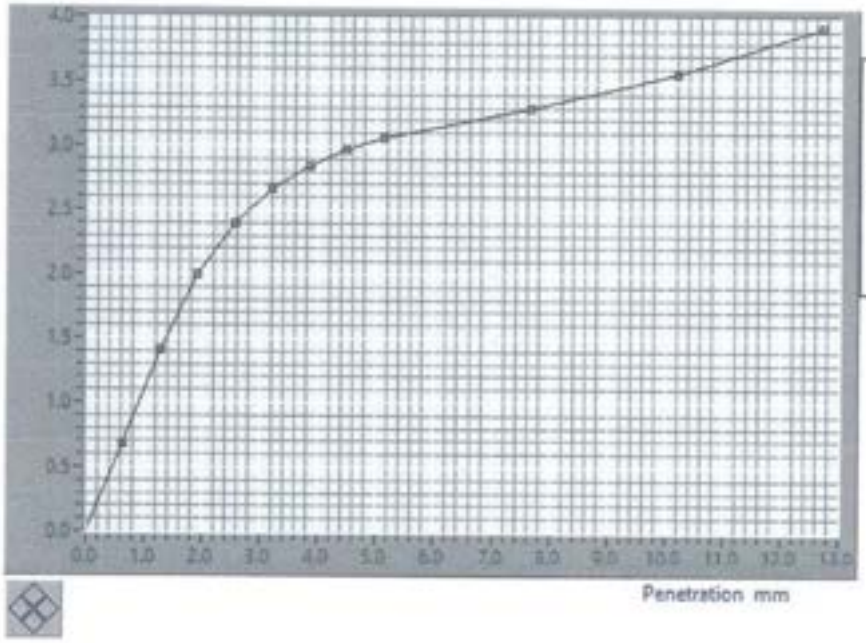
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.4	MPa	3.1	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	34.6	%	29.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL - HVCA
AREA DE INVESTIGACION DE LA SAPICH
Tec. Dan. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLEPS
Diameter	152.770 mm		
Height	115.320 mm		
Dry Density before Soak	1.89 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.89 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	14.37 %	**Average after soak**	14.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4575.00 g
Soaking Travel	3.200 mm
Swell	2.77 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
Tec. Lab. Alfredo Mer... Soto

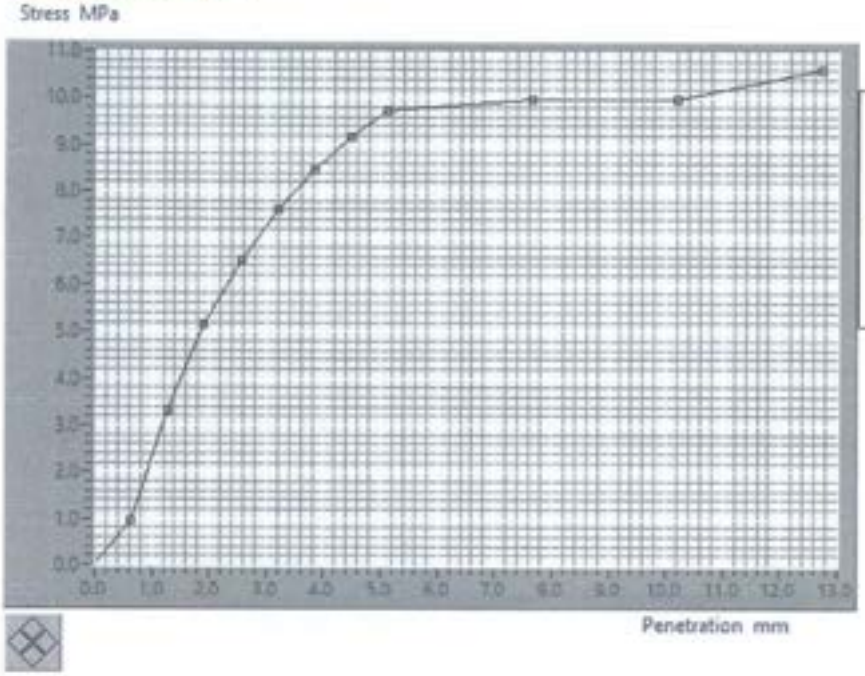
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

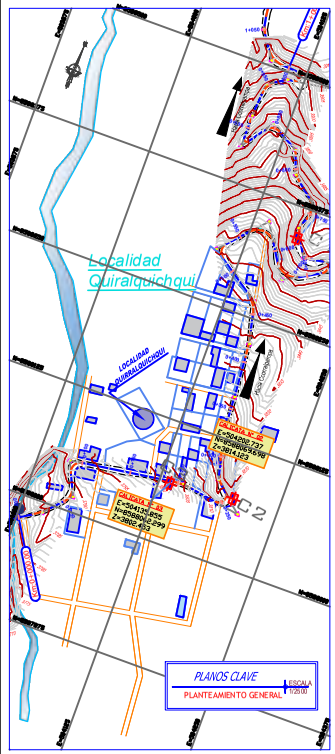


Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	6.5	MPa	9.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	94.0	%	94.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE TECNOLOGIA DE LA EDIFICACION

Tec. Jhon Alfredo Mc Sota

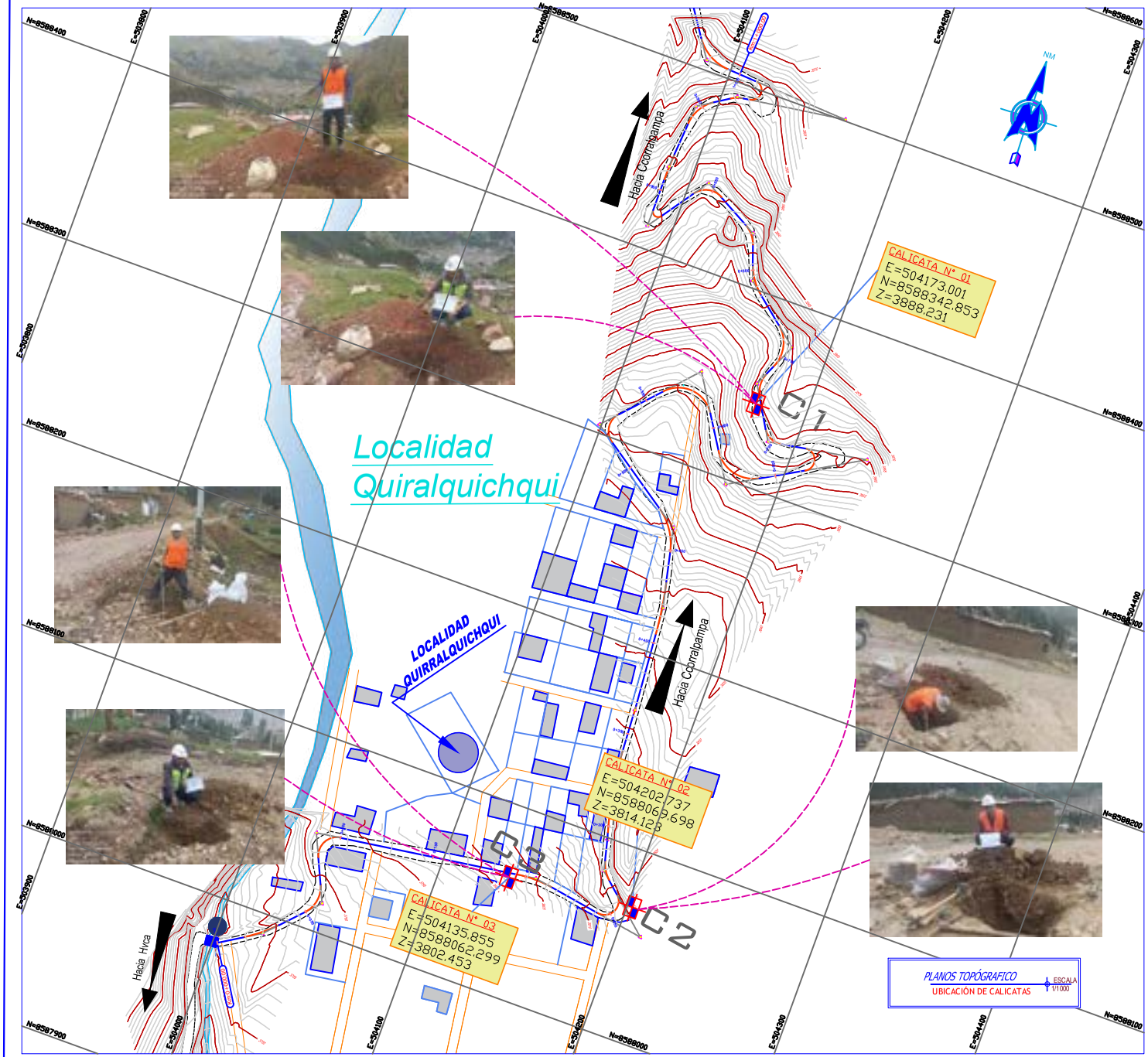
A.3. Planos



LEYENDA USUARIOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CALICATAS
	FUENTES DE AGUA
	LOC. QUIRALQUICHQUI
	PERIMETRO DE VIVIENDA

LEYENDA PLANO GENERAL		
No	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO
01	CURVA PRIMARIAS	
02	CURVA SECUNDARIAS	
03	ALINEAMIENTO	
04	CARRETERA PRINCIPAL	
05	TROCHA CARROZABLE	
06	ARBOL	
07	VIVIENDAS DE LAS LOCALIDADES	
08	PERIMETRO DE VIVIENDA	
09	NORTE MAGNETICO	

250



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUANCAVELICA

TESIS:

"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

TESISTAS:

Heber, ALVARO CCENTE

Roger, GARCIA ALFONZO

DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA

REGION: HUANCAVELICA

DISTRITO: HUANCAVELICA

LUGAR: QUIRALQUICHQUI

NOMBRE DEL PLANO: PLANO TOPÓGRAFICO

CARACTERISTICAS: UBICACION DE CALICATAS

ESCALA: INDICADA

FECHA: NOVIEMBRE - 2025

CODIGO: PT-01

A.4. Constancia de Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAVELICA

ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

EL RESPONSABLE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: ***ALVARO CCENTE, Heber y GARCIA ALFONZO, Roger.*** *bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido satisfactoriamente con el desarrollo de los siguientes ensayos, en laboratorio de* ***Geotecnia I y II.*** *de la EPICH.*

LABORATORIO DE GEOTECNIA I Y II

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	Análisis Granulométrico por Tamizado (suelo global)	3
02	Contenido Humedad	3
03	Limite Liquido	12
04	Limite Plástico	12
05	Proctor Modificado	12
06	Valor Relativo de Soporte C.B.R.	12

Durante el periodo de ejecución comprendido del 12/02/2024 a 12/04/2024, en laboratorio de ***Geotecnia I y II.*** *del proyecto de tesis titulado:* ***"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI – CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024".***

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para fines que estimen por convenierte.

Huancavelica, 16 de julio de 2025

Nº 006-2025

C. c.
Archivo
AP

Firmado digitalmente por HUAMANI GUZMAN Edith Edukia FAU
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05.08.2025 11:23:51 -05:00

A.5. Panel fotográfico



(a) Observación para la ubicación de la Calicata N° 01



(b) Observación para la ubicación de la Calicata N° 02



(c) Observación para la ubicación de la Calicata N° 03

Figura A1.

Reconocimiento y identificación del área de estudio.



(a) Calicata N.˚ 01



(b) Calicata N.˚ 02



(c) Calicata N.˚ 03

Figura A2.

Exploración de calicata para toma de muestras de suelo del tramo de estudio.



(a) Pesado de las taras a usarse y peso húmedo de la muestra del suelo.



(b) Secado de muestras de suelo natural en Horno por 24 hrs.



(c) Pesado de la muestra secada.



(d) Pesado de la muestra secada.



(e) Pesado de la muestra secada.

Figura A3.

Procedimiento - ensayo de contenido de humedad natural de las calicatas.



(a) Preparación de la muestra para determinación de Límite Líquido L_L y Limite Plástico L_P.



(b) Colocación de la muestra en el Aparato de Casagrande para Límite Liquido - L_L.



(c) Formación de rollos de 3.2 aprox. de diámetro para Límite Plástico L_P.

Figura A4.

Procedimiento - ensayo de los Límites de Atterberg de las calicatas.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Pesado de la selección de muestras.



(c) Lavado de muestra en malla N.°200.



(d) Secado en Horno por 24 horas.



(e) Selección de tamices a utilizarse.



(f) Uso de tamizador por tiempo de 2 min.



(g) Pesado de muestra retenida en cada tamiz.



(h) Registro de datos obtenidos de la calicata en cada muestra.

Figura A5.

Procedimiento de ensayo de análisis de granulometría - suelo natural de las calicatas.



(a) Madera de origen eucalipto.



(b) Madera de origen eucalipto.



(c) Obtención de ceniza de eucalipto.



(d) Selección de ceniza de eucalipto.



(e) Método de cuarteo para análisis granulométrico.



(f) Uso de tamizador portátil por tiempo de 2 min.



(g) Pesado de ceniza de eucalipto retenida en cada tamiz.



(h) Registro de datos y obtención de ceniza pasante el tamiz N°200.

Figura A6.

Procedimiento de obtención de ceniza de eucalipto.



(a) Selección y preparación de la muestra.



(b) Selección y pesado del molde cilíndrico.



(c) Disposición de muestra en el molde.



(d) Compactación por capas con pisón.



(e) Pesado de la muestra compactada.



(f) Remoción de la muestra del molde.



(g) Determinación de contenido de agua.



(h) Determinación de contenido de agua.



(i) Determinación de contenido de agua.

Figura A7.

Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado de muestra natural de calicatas.



(a) Dosificación y preparación de muestra.



(b) Muestra dosificada.



(c) Selección y pesado del molde cilíndrico.



(d) Compactación por capas con pisón.



(e) Pesado de la muestra compactada.



(f) Remoción de la muestra del molde.



(g) Determinación de contenido de agua.



(h) Determinación de contenido de agua.



(i) Determinación de contenido de agua.

Figura A8.

Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado con adición de ceniza de eucalipto.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Molde C.B.R. y colocación papel filtro.



(c) Compactación de la muestra por capas.



(d) Pesado de la muestra compactada.



(e) Saturación de muestra compactada.



(f) Colocación de trípode y comparador.



(g) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(h) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(i) Equipo de adquisición de datos.

Figura A9.

Procedimiento del ensayo de C.B.R de muestra natural de calicatas.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Preparación de muestra dosificada.



(c) Colocación de papel filtro en el Molde de C.B.R.



(d) Compactación de la muestra con adición de ceniza por capas.



(e) Pesado de muestra compactada con adición de ceniza.



(f) Colocación de trípode y comparador saturación.



(g) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(h) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(i) Equipo de adquisición de datos.

Figura A10.

Procedimiento del ensayo de C.B.R con adición de ceniza de eucalipto.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

(Creada por Ley Nro. 25265)

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL-HUANCAVELICA

TESIS

"Estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

INGENIERÍA DE LA CONSTRUCCIÓN

PRESENTADO POR:

Heber Alvaro Ccente

Roger García Alfonzo

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAVELICA, PERÚ

2026

Título

"Estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

Autor

Heber Alvaro Ccente
Roger García Alfonzo

Asesor

Ing. Carlos Gaspar Paco

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-3594-0815

DNI: 23261897

Dedicatoria

A Dios por la vida, por guiar mis pasos y brindarme fortaleza en cada etapa de este camino
A mis padres, Dionisio y Teresa, por su sacrificio, quienes han sido el pilar fundamental para alcanzar mis metas y acompañarme en cada momento de mi formación universitaria.
A Analy chanco, por guiarme y apoyarme en mi formación como futuro profesional de éxito.

ALVARO CCENTE, Heber

A mis padres, Teodora María y Feliciano por su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional. Asimismo, a mis hermanos (as) Angel, Jaime, Karina, Saul, Norma y Dina por apoyarme en todo momento.
GARCÍA ALFONZO, Roger

Agradecimiento

Agradecemos a Dios por sus bendiciones en el día a día, por cuidarnos y guiarnos en este buen camino, por darnos salud, brindarnos la fuerza y sabiduría para salir adelante y cumplir nuestros objetivos.

A Ing. Carlos Paco, por su apoyo y motivación en el desarrollo de esta tesis como asesor.

Agradecemos a nuestros padres y hermanos (as) por sus muestras de apoyo y por estar con nosotros en cada momento.

Agradecemos a los docentes de la Universidad Nacional de Huancavelica de la Facultad de Ciencias de Ingeniería de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, por su contribución en nuestra formación académica y profesional.

Tabla de Contenidos

Portada I

Acta de sustentación I

Certificado de Similitud I

Título II

Autor III

Asesor IV

Dedicatoria V

Agradecimiento VI

Tabla de Contenidos XI

Tabla de contenidos de Cuadros XIII

Tabla de contenidos de Figuras XVI

Resumen XVII

Abstract XVIII

Introducción XIX

CAPÍTULO I **22**

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA **22**

1.1 Descripción del problema 22

1.2 Formulación del problema . . . 23
1.2.1 Problema general . . . 23
1.2.2 Problemas específicos . . . 23
1.3 Objetivos: . . . 24
1.3.1 Objetivo general . . . 24
1.3.2 Objetivos específicos . . . 24
1.4 Justificación . . . 24
1.4.1 Justificación Práctica . . . 25
1.4.2 Justificación Metodológica . . . 25

2 MARCO TEÓRICO **27**

2.1 Antecedentes . . . 27
2.1.1 Internacional . . . 27
2.1.2 Nacional . . . 28
2.1.3 Local . . . 31
2.2 Bases teóricas . . . 32
2.2.1 Suelos Expansivos . . . 32
2.2.2 Suelos arcillosos . . . 32
2.2.3 Estructura de Arcilla . . . 32
2.2.4 Estabilización de Suelos Arcillosos . . . 34
2.2.5 Subrasante . . . 34
2.2.5.1 Propiedades de la Subrasante . . . 35
2.2.6 Ceniza . . . 35
2.2.6.1 Ceniza de Eucalipto . . . 36
2.2.7 Suelo . . . 39
2.2.8 Clasificación de Suelos . . . 40
2.2.8.1 Sistema SUCS . . . 41
2.2.8.2 Sistema AASHTO . . . 42
2.2.9 Análisis granulométrico . . . 43
2.2.10 Límites de Consistencia . . . 44
2.2.11 Ensayo de Proctor Modificado . . . 46
2.2.12 Ensayo California Bearing Ratio (CBR) . . . 49

2.3 Definición de términos 51
2.4 Hipótesis 52
2.4.1 Hipótesis general 52
2.4.2 Hipótesis específicas: 53
2.5 Variables 53
2.5.1 Variables Independientes 53
2.5.2 Variables Dependientes 53
2.6 Operacionalización de variables 53

3 MATERIALES Y MÉTODOS **55**
3.1 Ámbito temporal y espacial 55
3.1.1 Ámbito Espacial 55
3.1.2 Ámbito Temporal 58
3.2 Tipo de investigación 58
3.3 Nivel de investigación 58
3.4 Métodos de investigación 59
3.5 Diseño de investigación 59
3.6 Población, muestra y muestreo 60
3.6.1 Población 60
3.6.2 Muestra 60
3.6.3 Muestreo 61
3.7 Técnicas e Instrumentos para recolección de datos 62
3.7.1 Técnicas 62
3.7.2 Instrumentos 63
3.8 Técnicas de procesamiento de análisis de datos 63
3.8.1 Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos 63
3.8.2 Estadísticos Inferenciales 64
3.8.3 Precesamiento de Datos 64

4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS **65**
4.1 Análisis de información 65
4.1.1 Obtención de las muestras 65

4.1.2 Exploracion de calicatas 65
4.1.3 Obtención de cenizas de eucalipto 66
4.1.4 Contenido de Humedad ASTM D-2216 68
4.1.4.1 Objetivo 68
4.1.4.2 Norma de referencia 68
4.1.4.3 Equipos y Materiales 68
4.1.4.4 Ejecución del ensayo 69
4.1.4.5 Resultados del ensayo 69
4.1.5 Análisis granulométrico 70
4.1.5.1 Objetivo 70
4.1.5.2 Norma de Referencia 70
4.1.5.3 Equipos y Materiales 71
4.1.5.4 Procedimiento del Ensayo 71
4.1.5.5 Resultados del ensayo 72
4.1.6 Ensayo de Límite de consistencia 78
4.1.6.1 Objetivo 78
4.1.6.2 Norma de Referencia 78
4.1.6.3 Equipos y Materiales 78
4.1.6.4 Procedimiento del Ensayo 79
4.1.6.5 Resultados del ensayo 81
4.1.7 Proctor Modificado 86
4.1.7.1 Objetivo 86
4.1.7.2 Norma de Referencia 87
4.1.7.3 Equipos y Materiales 87
4.1.7.4 Procedimiento del Ensayo 87
4.1.7.5 Resultados del ensayo 88
4.1.8 Ensayo de CBR 94
4.1.8.1 Objetivo 94
4.1.8.2 Norma de Referencia 95
4.1.8.3 Equipos y Materiales 95
4.1.8.4 Procedimiento del Ensayo 96

4.1.8.5 Resultados del ensayo 96
4.2 Prueba de hipótesis 102
4.2.1 Hipótesis especifica 01 103
4.2.2 Hipótesis especifica 02 107
4.2.3 Hipótesis especifica 03 111
4.3 Discusión de los resultados 116

Conclusiones **118**

Recomendaciones **119**

Referencias bibliográficas **120**

Anexos **123**
A.1. Matriz de consistencia 124
A.2. Ensayos de laboratorio 126
A.3. Planos 257
A.4. Constancia de Laboratorio 259
A.5. Panel fotográfico 261

Tabla de contenidos de Cuadros

Tabla 1 Categorías de la Subrasante 35
Tabla 2 Clasificación según sus propiedades físicas 37
Tabla 3 Clasificación según la taxonomía del eucalipto 38
Tabla 4 Componentes químicos de las cenizas de eucalipto 39
Tabla 5 Clasificación de suelos AASHTO – SUCS 41
Tabla 6 Clasificación de suelos según el tamaño de partículas 44
Tabla 7 Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad 46
Tabla 8 Relación con la presión y penetración 50
Tabla 9 Operacionalización de variables 54
Tabla 10 Ubicación Geográfica - localidad Quiralquichqui. 57
Tabla 11 Ubicacion de la Calicatas 66
Tabla 12 Resultados de contenido de humedad 70
Tabla 13 Analisis granulometrico de la Calicata - 01 73
Tabla 14 Análisis de granulometría de la Calicata - 02 74
Tabla 15 Análisis de granulometría de la Calicata - 03 76
Tabla 16 Clasificación de suelos de la $C_0$1, C_2 y C_3 77
Tabla 17 Límite de consistencia - Calicata - 01 81
Tabla 18 Límite de consistencia - Calicata - 02 83
Tabla 19 Límite de consistencia - Calicata - 03 84
Tabla 20 Resumen de ensayo de Límite de Consistencia de la C-01,C-02 y C-03 85
Tabla 21 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-01. 89

Tabla 22 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-02. 90
Tabla 23 Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-03. 91
Tabla 24 Resumen de ensayo - Proctor Modificado de la C_1, C_2 y C_3 . 93
Tabla 25 Ensayo de CBR de la C-01. 97
Tabla 26 Ensayo de CBR de la C-02. 98
Tabla 27 Ensayo de CBR de la C-03. 100
Tabla 28 Resumen de Ensayo de CBR de la C-01,C-02 y C-03. 101
Tabla 29 Valores de Índice de plasticidad 104
Tabla 30 Análisis de normalidad para índice plástico 104
Tabla 31 Prueba de ANOVA para índice de plasticidad 105
Tabla 32 Prueba de Tukey comparaciones múltiples para índice de plasticidad. 106
Tabla 33 Valores de Máxima densidad seca 108
Tabla 34 Prueba de normalidad para la máxima densidad seca 108
Tabla 35 Prueba de ANOVA para la Densidad Máxima Seca 109
Tabla 36 Prueba de Tukey comparaciones múltiples para máxima densidad seca. 110
Tabla 37 Valores de CBR al 95 % de las muestras 112
Tabla 38 Prueba de normalidad para CBR 113
Tabla 39 Prueba de ANOVA para Valores de CBR al 95 % 113
Tabla 40 Prueba de Tukey comparaciones múltiples para CBR al 95 %. 114

Tabla de contenidos de Figuras

Figura 1 Carrtera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa 26

Figura 2 Carretera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa 26

Figura 3 Diagrama de las estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita. 33

Figura 4 Ceniza de Eucalipto 36

Figura 5 Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS 42

Figura 6 Clasificación de los Suelos según sistema AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282 43

Figura 7 Límites de Atterberg 45

Figura 8 Recipiente cilíndrico de 6.0 pulg para el ensayo de Proctor modificado. 47

Figura 9 Corrección de las curvas presión – penetración. 50

Figura 10 Mapa de ubicación y localización 56

Figura 11 Vista Panorámica localidad de Quiralquichqui. 57

Figura 12 Esquema del diseño cuasi-experimental aplicado a estabilización del suelo con ceniza de eucalipto 59

Figura 13 Excavación de Calicatas 66

Figura 14 Obtención de Cenizas de Eucalipto 67

Figura 15 Las muestras para el ensayo de contenido de humedad . . . 69

Figura 16 Las muestras para ensayo - contenido de humedad 72

Figura 17 Gráfica granulométrica de la Calicata - 01 73

Figura 18 Gráfica granulométrica de la Calicata - 02 75

Figura 19 Gráfica granulométrica de la Calicata - 03 76
Figura 20 Curvas granulométricas de las Calicatas 77
Figura 21 Resultados de límites de consistencia - Calicata C_1 82
Figura 22 Resultados de límites de consistencia de la C-02 83
Figura 23 Resultados de límites de consistencia - Calicata-03 84
Figura 24 Resultados - Indice de Plasticidad 86
Figura 25 Resultados - Proctor Modificado de la C-01 89
Figura 26 Resultados - Proctor Modificado de la C-02 90
Figura 27 Resultados - Proctor Modificado de la C-03 92
Figura 28 Resultados de variación de Densidad Máxima Seca 94
Figura 29 Resultados del ensayo C.B.R de la C-01 97
Figura 30 Resultados del ensayo C.B.R de la C-02 99
Figura 31 Resultados del ensayo C.B.R de la C-03 100
Figura 32 Resumen de ensayo de CBR al 95 102
Figura 33 Resultados de la prueba de Tukey para índice de plasticidad 106
Figura 34 Resultados de la prueba de Tukey para la densidad máxima seca 111
Figura 35 Resultados de la prueba de Tukey para CBR al 95 % 115
Figura A1 Reconocimiento y identificación del área de estudio. 262
Figura A2 Exploración de calicata para toma de muestras de suelo del tramo de estudio. 263
Figura A3 Procedimiento - ensayo de contenido de humedad natural de las calicatas. 264
Figura A4 Procedimiento - ensayo de los Límites de Atterberg de las calicatas. 265
Figura A5 Procedimiento de ensayo de análisis de granulometría - suelo natural de las calicatas. 266
Figura A6 Procedimiento de obtención de ceniza de eucalipto. 267
Figura A7 Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado de muestra natural de calicatas. 268

Figura A8 Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado con adición de ceniza de eucalipto. 269
Figura A9 Procedimiento del ensayo de C.B.R de muestra natural de calicatas. 270
Figura A10 Procedimiento del ensayo de C.B.R con adición de ceniza de eucalipto. 271

Resumen

En el presente estudio se analiza la influencia de cenizas de eucalipto para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui- Corral Pampa, Huancavelica. La investigación realizada es de tipo aplicada, con un nivel explicativo y un diseño cuasi experimental.

Para el desarrollo del estudio se realizaron ensayos especializados en laboratorio con muestras de suelo natural y suelo estabilizado con ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 %. La muestra del suelo natural presentó IP alto, con un índice de plasticidad (IP) de 17.77 %, la cual disminuyó en IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 % con la adición de ceniza de eucalipto. La máxima densidad seca (MDS) aumentó significativamente con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para la muestra del suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3 y al agregar en 8 %, 14 % y 22 % aumento en MDS = 1.905 g/cm^3, MDS = 2.013 g/cm^3 y MDS = 1.850 g/cm^3. Asimismo, el CBR al 95 % para la muestra natural fue de 4.46 %, clasificándose como subrasante pobre; sin embargo, al adicionar ceniza de eucalipto, la resistencia se incrementó notablemente, alcanzando valores de CBR de 15.59 %, 52.93 % y 46.04 %, el mayor valor de CBR (52.93 %) fue obtenido con la adición de 14 % de ceniza de eucalipto. En conclusión, la ceniza de eucalipto mejora la resistencia del suelo reduciendo la plasticidad, incrementando la máxima densidad seca.

Palabras clave: California Bearing Ratio (CBR), Proctor modificado, Limite de Consistencia y Ceniza de Eucalipto.

Abstract

This study analyzes the influence of eucalyptus ash to improve the physical and mechanical properties of expansive soils at subgrade level on the Quiralquichqui-Corral Pampa road, Huancavelica. The research carried out is of an applied type, with an explanatory level and a quasi-experimental design.

For the development of the study, specialized laboratory tests were carried out with samples of natural soil and soil stabilized with eucalyptus ash in proportions of 8 %, 14 % and 22 %. The natural soil sample presented high IP, with a plasticity index (IP) of 17.77 %, which decreased in IP=12.86 %, IP=10.61 % and IP=5.97 % with the addition of eucalyptus ash. The maximum dry density (MDS) increased significantly with the incorporation of eucalyptus ash, reaching for the natural soil sample a value of MDS = 1.835 g/cm3 and when adding in 8 %, 14 % and 22 % increase in MDS = 1.905 g/cm3, MDS = 2.013 g/cm3 and MDS = 1.850 g/cm3. Also, the 95 % CBR for the natural sample was 4.46 %, being classified as poor subgrade; however, by adding eucalyptus ash, the resistance was markedly increased, reaching CBR values of 15.59 %, 52.93 % and 46.04 %, the highest CBR value (52.93 %) was obtained with the addition of 14 % eucalyptus ash. In conclusion, eucalyptus ash improves soil resistance by reducing plasticity, increasing the maximum dry density.

Keywords: California Bearing Ratio (CBR), Modified Proctor, Consistency Limit and Eucalyptus Ash.

Introducción

Los suelos expansivos representan uno de los principales problemas geotécnicos en la infraestructura vial, ya que experimentan variaciones en volumen frente a la presencia de humedad. Estas expansiones generan asentamientos diferenciales, grietas en los pavimentos y pérdida de capacidad portante. En consecuencia, la vida útil de la vía disminuye debido a hundimientos o asentamientos, y los costos de construcción se incrementan porque el diseño requiere mayores espesores estructurales.

Una alternativa de solución consiste en mejorar el comportamiento mecánico y volumétrico de estos materiales cuando conforman la subrasante, mediante su estabilización con productos adicionados. Entre estos, las cenizas destacan como un material fino compuesto por silicatos, aluminio, cal libre y diversos óxidos, que favorecen reacciones puzolánicas con el suelo. Estas reacciones mejoran significativamente la resistencia del suelo. De esta manera, es posible evitar el uso de material de préstamo, cuyo costo suele ser elevado.

Por lo cual, se tuvo como objetivo analizar los efectos que producen las cenizas de eucalipto en las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Quiralquichqui-Corralpampa, Huancavelica, las cuales presentan suelos arcillosos o expansivos. En ese sentido, se evaluó la ceniza de eucalipto con porcentajes adecuados mediante ensayos en laboratorio, analizando parámetros como los límites de consistencia, el CBR, la expansión y la compactación. Con los resultados alcanzados se determina la dosificación adecuada y la eficiencia de este material como alternativa sostenible para mejorar las propiedades geotecnicas del suelo.

En el proyecto se involucran ensayos en laboratorio como la determinación del CBR que ayudará a comprobar el grado de variación del volumen del suelo que se encuentran en el sector, obtención de los límites de Atterberg, límites de contracción. Se usarán varias muestras de mezclas estabilizadoras con diferentes dosificaciones para evaluar su plasticidad, además de ensayos de laboratorio que respalden resultados para realizar el análisis comparativo pertinente con la incorporación de las cenizas de Eucalipto. Se realiza el ensayo de Proctor Modificado y CBR al porcentaje óptimo de ceniza de eucalipto para comprobar el porcentaje de expansión que cada elemento controla en la subrasante.

La variación en las propiedades del suelo, una vez que se haya realizado la estabilización con cenizas de eucalipto así como también la determinación del porcentaje optimo requerido de estabilizante para lograr la disminución del potencial de expansión o contracción del material en el área de estudio.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema

En el Perú, presentan fallas en los suelos principalmente a la expansión y la humedad. Además, existe precipitaciones altas en la parte sierra por falta de una buena realización de proyecto de drenajes, estas son acumuladas dentro del suelo y esto genera deterioro de la obra.

Una de las dificultades que se presentan al ejecutar una construcción son los suelos expansivos, por sus propiedades físicas - mecánicas negativas y por sus características de baja capacidad portante que presenta el suelo, se denomina suelo expansivo cuando produce cambios en su volumen; una arcilla expansiva seca, su capacidad de carga es muy elevada; al estar en contacto con el agua, su capacidad de carga sufre un cambio negativo, produciendo asentamiento, fisuración y roturas en los elementos estructurales, deformaciones en pavimentos y problemas en la compactación.

Según Salinas y Villao (2019), los suelos expansivos son aquellos que muestran un cambio volumétrico bajo la presencia de agua. Así, ciertas arcillas, en cuya composición entra a formar parte el mineral montmorillonita, tienen espacios entre las láminas que pueden absorber agua, ocasionando su expansión. Estos materiales se conocen como arcillas expansivas o suelos expansivos, y son la causa de la

mayoría de los problemas derivados de la construcción de carreteras o edificios en suelos que tengan esta capacidad.

Por otra parte, es importante detallar que la carretera hacia las localidades de quirallquichqui - ccorralpampa es un medio de interconexión para intercambiar o vender sus productos. Por lo tanto, el mantenimiento mediante estabilización de subrasante, al ser una carretera de poco tránsito, seria una opción para extender el periodo de la vía.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?
- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?
- ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024?

1.3. Objetivos:

1.3.1. Objetivo general

Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024 .
- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.
- Determinar la influencia del uso de cenizas de eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

1.4. Justificación

La vía de interconexión es primordial para el desarrollo regional; sin embargo, muchas vías presentan deterioro prematuro debido a las deficientes propiedades de los suelos arcillosos. Ante esta problemática, es necesario mejorar las propiedades mecánicas de los suelos.

La carreteras se ve afectada por las deformaciones, asentamientos y fallos estructurales debido alta plasticidad de los suelos arcillosos y su potencial de expansión y contracción M. Quispe (2024).

Las vías presentan daños estructurales que afectan su desempeño y durabilidad, lo que evidencia la necesidad de analizar adecuadamente las características de los suelos provenientes de las canteras de la zona. En este contexto, la ingeniería de ha incorporado avances técnicos orientados al uso de estabilizadores químicos en la construcción vial, con el objetivo de mejorar las propiedades mecánicas del material, optimizar su comportamiento estructural. Gonzales (2018).

1.4.1. Justificación Práctica

Este informe tiene como propósito analizar el comportamiento de la ceniza de eucalipto en la subrasante de la carretera Quiralquicqui-Ccoralpampa. Se realizarán ensayos para el análisis de mejora en las propiedades de la subrasante. Además, se estudiará el aporte estructural de la ceniza de Eucalipto.

1.4.2. Justificación Metodológica

Los ensayos demostraron un buen comportamiento estructural en la estabilización de suelos, lo que facilitará su aplicación en futuras obras y mejorará los procesos constructivos.

Dentro de las alternativas para mejoramiento del suelo expansivo se plantea el uso de ceniza de eucalipto. El cual se genera mayormente en la industria de panaderías. Por lo tanto, se propone la alternativa del uso y aprovechamiento de la ceniza proveniente de eucalipto y analizar la eficiencia en la estabilización de los suelos expansivos.

Según M. Quispe (2024), la ceniza de eucalipto, al reaccionar con los minerales del suelo, mejora su resistencia y estructura, constituyendo una alternativa más

adecuada, económica y ambientalmente favorable frente a estabilizantes convencionales.

Figura 1.

Carrtera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.

Carretera de acceso a la localidad Quiralquiccqui - Corralpampa



Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacional

Cañar (2017). "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón". Tuvo como objetivo la estabilización de dos suelos de diferentes propiedades con la combinación de un aditivo como es el caso de cenizas de carbón y la evaluación de la capacidad de soporte y la resistencia al corte mediante ensayos de laboratorio. Para determinar la capacidad de soporte (CBR) de cada suelo, se procedió mediante el ensayo de compactación o Proctor Modificado el cual dió como resultado la densidad máxima seca y la humedad óptima para luego realizar el ensayo CBR, el mismo procedimiento se realizó para las combinaciones en tres porcentajes de 20 %, 23 % y 25 % de cenizas de carbón. Finalmente, concluyó con una concentración del 25 % de cenizas en el suelo óptimo, aumentando el grado de compactación y, por tanto, mejorando su CBR y la resistencia al corte.

Morales (2015). "Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas". Tuvo como objetivo de evaluar, estimar y determinar el comportamiento mecánico de las cenizas de carbón como estabilizante de suelos y evaluar su capacidad para

resistir las cargas transmitidas por los vehículos. Se analizó el efecto que tiene una ceniza de carbón activada alcalinamente en diferentes tipos de suelos mediante el ensayo de resistencia a la compresión no confinada UCS en la cual analizan los resultados obtenidos en los ensayos Proctor Modificado y UCS de suelos de arcilla, arenilla y además, de un suelo representativo todss las muestras fueron adicionados con ceniza de carbón en porcentajes de 7 %, 14 % y 21 %. Finalmente, concluyó que la mejor dosificación para humedades mayores al 95 % era de 14 % de la ceniza de carbón utilizada y de 7 % para humedad ambiente.

2.1.2. Nacional

M. Quispe (2024), en su tesis titulado *"Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de la ciudad de Juliaca provincia de San Román región Puno"*. Tiene como objetivo mejorar la subrasante en suelos arcillosos utilizando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de Juliaca, San Román Región Puno, debido a que los suelos de la zona presentan problemas de capacidad de carga y expansión.

El proyecto de investigación utiliza un enfoque cuantitativo, cuasiexperimental y teniendo como estudio de población la avenida tasa de la salida Cusco de la ciudad de Juliaca, se aplicó la técnica de la observación y como instrumento usamos las fichas de los ensayos realizados en laboratorio. Para esta investigación se realizó tres tipos de combinaciones de ceniza de eucalipto de 4 %, 8 %, 12 % combinadas con la muestra natural. Los resultados mostraron que el suelo es una arcilla de baja plasticidad, con un índice de plasticidad de 18.76 %. Al mezclar cenizas de eucalipto en proporciones del 4 %, 8 % y 12 %, el índice de plasticidad disminuyó a 14.97 %, 11.18 % y 6.28 %. La resistencia CBR del suelo mejoró de 6.01 % a 7.02 %, 7.38 % y 8.06 %. Se concluye que la ceniza de eucalipto disminuye la plasticidad y expansión, mejora la resistencia del suelo, lo que beneficia las infraestructuras viales y suelos arcillosos.

Labajos y Núñez (2020), en su articulo de investigación titulado *"Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada"*. Este

estudio tuvo como objetivo evaluar la influencia de un subproducto de la quema de carbón mineral y vegetal (cenizas de carbón) proveniente de una industria ladrillera de la ciudad de Chachapoyas (Perú) en la mejora de las propiedades mecánicas de muestras de suelo arcilloso para su uso como subrasante.

En el trabajo, los autores recopilaron muestras de suelo en estado natural (calle Las Lomas, anexo 16 de Octubre) y determinaron propiedades físicas como humedad natural, granulometría, límites de consistencia, además de realizar ensayos de compactación Proctor estándar y de capacidad de soporte (CBR). Posteriormente, las muestras de suelo fueron tratadas con adición de cenizas de carbón en porcentajes de 15 %, 20 % y 25 % y se les realizaron ensayos de límites de consistencia, compactación y CBR. Los resultados muestran que la capacidad de soporte del suelo aumentó conforme se incrementó el porcentaje de cenizas añadidas. No obstante, los autores concluyeron que, si bien la adición de cenizas de carbón mejora la capacidad portante de suelos de tipo CH y OH (arcillas de alta plasticidad e incluso orgánicas), los porcentajes utilizados no alcanzaron los estándares del manual de carreteras para ser considerados como subrasante mejorada en todos los casos.

Gonzales (2018). "Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno". Tiene como objetivo principal es evaluar el comportamiento de la aplicación de ceniza volante, cemento y cal para la estabilización de suelos y su empleo como material de sub rasante mejorada. En esta investigación se ha considerado diferentes proporciones de ceniza volante (6 %, 16 %, 26 %) más un 3 % de cemento para mejorar su resistencia y 1 % de cal para disminuir su plasticidad. se realizaron los ensayos de: Contenido de humedad, Análisis Granulométrico por Tamizado, Límites de Atterberg, Clasificación de suelos método SUCS y AASHTO, Proctor Modificado y CBR, los cuales fueron realizados de acuerdo a las normas ASTM y MTC. Finalmente, concluyó la combinación adecuada con el suelo mejora su comportamiento y resistencia de un 46.10 % a un 97.20 % del CBR con una proporción de (ceniza volante 26 % +cemento 3 % + cal 1 %) para su empleo como material de sub rasante y sub-base mejorada de pavimentos.

Jara (2024).“Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín), en su comportamiento mecánico-deformacional para el mejoramiento de la subrasante, de las vías de la urbanización las Gardenias de la ciudad de Juliaca”. El objetivo de la investigación fue evaluar la incidencia de la estabilización de suelos arcillosos mediante la incorporación de cenizas de madera (aserrín) en su comportamiento mecánico-deformacional, orientado al mejoramiento de la subrasante.

El estudio fue de tipo aplicativo, con enfoque cuantitativo y nivel correlacional, desarrollado mediante el método hipotético-deductivo. La muestra estuvo conformada por suelos arcillosos extraídos de dos calicatas. Los resultados evidenciaron que la adición de cenizas de madera en proporciones de 5 %, 12 %, 18 % y 25 % mejora significativamente las propiedades del suelo, logrando una reducción de la plasticidad en un 31 %, un incremento del CBR de 3.36 % a 17.26 %, y una disminución de la deformación del 29.82 % al 21.75 %. En conclusión, la ceniza de madera se presenta como un material estabilizante económicamente viable, sostenible y ambientalmente favorable.

Villanueva (2023).“Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación”. Tuvo como objetivo evaluar la ceniza de carbón obtenida de ladrilleras de La Victoria para su uso en la estabilización de suelos arcillosos.

Este tipo de investigación es de enfoque cuantitativo en lo cual se utilizó un diseño cuasiexperimental, orientado a evaluar el comportamiento físico-mecánico de la ceniza de carbón en el mejoramiento del suelo natural. La ceniza se recolectó de cuatro ladrilleras, seleccionando la de mejor composición puzolánica ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$). Se realizaron seis calicatas y se incorporó ceniza en proporciones de 5 %, 10 %, 15 % y 20 % , con el fin de analizar su efecto en el suelo.

Los resultados de los ensayos de Proctor modificado y CBR demostraron que el tratamiento con ceniza mejoró significativamente las propiedades mecánicas del suelo. En particular, la adición de un 10 % de ceniza a la muestra 1 mostró una mejora notable, alcanzando un CBR del 95 %, con una densidad máxima seca de

1.688 g/cm^3 y un contenido de humedad óptimo de 14.77 %. Esto confirmó que la ceniza de carbón es eficaz para estabilizar suelos arcillosos, abriendo nuevas alternativas en la construcción.

Mallqui (2021)."Aplicación de las cenizas de madera producto de las ladrilleras artesanales en el compactado de zanjas en el distrito de pillcomarca – huánuco 2021". Tiene como objetivo es de Evaluar el grado de compactación de suelo aplicando las cenizas de madera, producto de las ladrilleras artesanales en el distrito de pillcomarca.

En la presente investigación se señala una disyuntiva adecuada como se puede adicionar este producto (ceniza de madera) en el diseño y la realización de estructuras con el fin de optimizar sus propiedades y darle un buen uso en pro de un ambiente limpio, se hicieron ensayos de grados de compactación de suelos con o sin la ceniza de madera, ejecutando un muestreo sin cenizas que sirvió como modelo para compararla con muestras adicionando cenizas en dosis del 5 %,10 % y 15 %. Finalmente, se concluyó que con la muestra que al añadir la ceniza al suelo se mejora la compactación de suelo en relleno de zanjas además, se corrobora que se cumple con la norma ASTM 1556 en el Distrito de Pillcomarca.

2.1.3. Local

V. Quispe y Romero (2023). "Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera Colcabamba". Tuvo como objetivo principal determinar las propiedades físicas del material de las canteras Pacupata, Jabonillo y Arhuayacu, que se encuentran como depósitos coluviales a lo largo del corredor vial departamental HV-102, en la localidad de Colcabamba. La investigación es de tipo aplicada, con un nivel explicativo y un diseño cuasi experimental. El estudio determinó que los materiales de las canteras presentan características granulares, con contenidos de grava entre 17.8 % y 38.3 %, clasificados según SUCS como GP-GC-GM, GP-GM y GP-GC, y según AASHTO como A-1-a y A-2-4, con índices de plasticidad entre 5.3 % y 8 % y valores de CBR natural entre 79 % y 86.5 %.

La adición de 0.12 gr de polímero Megasoil y 0.5 %, 0.75 % y 1 % de cemento produjo un ligero incremento de los límites líquido y plástico, una disminución del índice de plasticidad y un aumento significativo del CBR, alcanzando valores entre 153 % y 169 %. Se concluye que el uso de Megasoil y cemento influye de manera favorable y significativa en la mejora de los límites de consistencia y la capacidad portante del material granular para su estabilización como base.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Suelos Expansivos

Los suelos expansivos presentan alteraciones volumétricas significativas debido a variaciones en su contenido de humedad. Este comportamiento es propio de suelos arcillosos, cuyas partículas absorben y retienen agua, generando expansiones al humedecerse y agrietamientos al perder humedad Salinas y Villao (2019).

2.2.2. Suelos arcillosos

Delgado y Mormontoy (2021), define al suelo arcilloso como aquel que está compuesto principalmente por partículas menores a 0.005 mm. Estos suelos pueden presentar una mezcla de limo, arena y en algunos casos grava, según su origen geológico. Se caracterizan por su baja permeabilidad y por una composición mineralógica que favorece la retención de agua.

2.2.3. Estructura de Arcilla

Los minerales arcillosos provienen de la erosión química de rocas y son tan pequeños que solo se ven con microscopio electrónico.

Los minerales de arcilla están compuestos principalmente por átomos de silicio, aluminio, hierro, magnesio, hidrógeno y oxígeno. Que al agruparse por intermedio de un enlace conforman al mineral de arcilla.

- **Caolinitas:**

  Las arcillas caoliníticas están constituidas por la superposición de una lámina silícica y una lámina alumínica. La fuerte unión entre sus retículas estructurales impide la infiltración de moléculas de agua en su interior; por ello, presentan una estabilidad relativa frente a la acción del aguaAguilar y Bravo (2020)

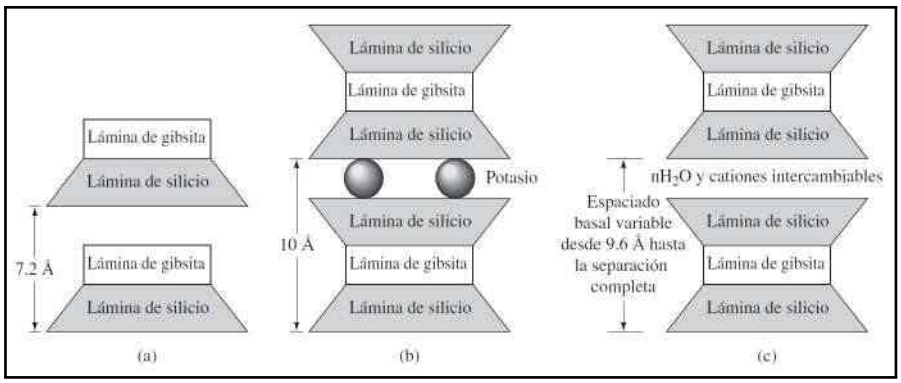
- **Montmorillonitas:**

  Están constituidas por una lámina alumínica intercalada entre dos láminas silícicas, las cuales se superponen de manera indefinida. En este caso, la unión entre las retículas del mineral es débil, lo que permite la penetración de moléculas de agua en su estructura con relativa facilidad, debido a las fuerzas eléctricas originadas por su naturaleza dipolar. Aguilar y Bravo (2020)

- **Ilitas:** Las arcillas ilíticas poseen una estructura similar a la de las montmorillonitas; no obstante, su configuración interna evidencia una tendencia a la formación de agregados, disminuyendo el área específica expuesta al agua por unidad de volumen. Como resultado, presentan menor potencial de expansión y, en términos generales, un comportamiento mecánico más favorable desde el punto de vista ingenieril. Aguilar y Bravo (2020)

Figura 3.

Diagrama de las estructuras de (a) caolinita; (b) ilita; (c) montmorillonita.



Fuente: Fundamentos de ingeniería de cimentaciones Braja (2015)

2.2.4. Estabilización de Suelos Arcillosos

La estabilización de suelos es el procedimiento mediante el cual se mejoran o controlan las propiedades físicas y mecánicas del suelo cuando estas no cumplen con los requerimientos técnicos de una obra de ingeniería, tales como la estabilidad volumétrica, la compresibilidad y la capacidad de soporte Laos (2022).

Según MTC (2014), la estabilización de suelos consiste en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, mediante procedimientos mecánicos y la incorporación de agentes estabilizantes naturales o sintéticos, con el objetivo de garantizar la resistencia y durabilidad del suelo en el tiempo. Su aplicación es común en subrasantes inadecuadas, empleándose técnicas como suelo–cemento, suelo–cal y suelo–asfalto; mientras que, en el caso de subbases o bases granulares tratadas, el material resultante se denomina material granular tratado.

Criterios geotécnicos:

- Se consideran aptos para subrasante suelos con CBR $\geq 6\,\%$. Cuando este valor es inferior (sub rasante inadecuada o sub rasante insuficiente), o se presentan áreas húmedas o zonas blandas, se deberá realizar un análisis especial para definir las medidas de estabilización, mejoramiento o reemplazo del suelo.
- Para definir el tipo de estabilización de suelo, es importante identificar las condiciones del suelo, presentan en el área de estudio las arcillas, los limos y arenas limosas o arcillosas.

2.2.5. Subrasante

De acuerdo a MTC (2014), la subrasante se define como la superficie terminada a nivel de movimiento de tierras, es decir, corte y relleno, en la cual se sentará la estructura del pavimento o afirmado.

El análisis de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales de la subrasante se realiza mediante la exploración de calicatas de 1.5 m de profundidad. Se establecen calicatas por kilómetro como mínimo, según el manual de carreteras.

2.2.5.1. Propiedades de la Subrasante

a) **Propiedades Físicas:**

Las propiedades físicas están relacionadas con el tipo de material a utilizar y las características constructivas de los mismos. Granulometría (propiedades iniciales de los suelos), clasificación de los suelos, relación humedad – densidad. Gonzales (2018)

b) **Propiedades Ingenieriles:**

Dan un estimado de la calidad de los materiales para las vías. Los ensayos a considerar son: módulo resiliente, módulo de poissón, valor de soporte de suelo, y módulo de reacción de la subrasante. Gonzales (2018)

Tabla 1.

Categorías de la Subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S_0 : Sub rasante Inadecuada	CBR $< 3\,\%$
S_1: Sub rasante insuficiente	De CBR $\geq 3\,\%$ a CBR $< 6\,\%$
S_2 : Sub rasante Regular	De CBR $\geq 6\,\%$ a CBR $< 10\,\%$
S_3 : Sub rasante Buena	De CBR $\geq 10\,\%$ a CBR $< 20\,\%$
S_4 : Sub rasante Muy Buena	De CBR $\geq 20\,\%$ a CBR $< 30\,\%$
S_5 : Sub rasante Excelente	CBR $\geq 30\,\%$

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.6. Ceniza

Es un Polvo griseo que se obtiene de un proceso de combustión, está compuesta por sílice óxidos metálicos y otros, la ceniza como tal es exclusivamente inorgánica,

presenta una granulometría continúa y una densidad aproximada de 0.85 g/cm3. El peso específico de las partículas está comprendido entre 2.44-2.96. Presenta un gran porcentaje de finos menores de 0.075 mm y una forma muy irregular Laos (2022).

- **Cenizas de carbón**

  Se puede considerar importante para uso como estabilizante, para lo cual es necesario definir afirmando que las cenizas de carbón son idénticos a conglomerantes puzolánicas. Aunque esto no garantiza los mejores resultados si lo comparamos con el cemento al añadir cal, se requiere que agreguemos agua y además tengamos presente un activante en proporciones mínimas.

2.2.6.1. Ceniza de Eucalipto

las principales fuentes secundarias de los biocombustibles sólidos se obtienen de restos generados de la actividad agrícola o de industrias producidos por la madera, los cuales se obtienen mediante procesos termoquímicos como la combustión. Mallqui (2021)

Figura 4.

Ceniza de Eucalipto



Fuente: Elaboración propia.

a) Según su Propiedades Físicas

Cuando se aplica al suelo, la ceniza de eucalipto se dispersa de manera uniforme debido a su textura fina. Esta característica física permite la correlaión con las partículas del suelo y su adhesión en la composición del mismo. Asimismo, la alta capacidad de absorción de agua de las cenizas ayuda a aumentar la permeabilidad del suelo, reduciendo la susceptibilidad a la erosión y optimizando su capacidad para retener agua en su estructura.

Tabla 2.

Clasificación según sus propiedades físicas

Característica	**Descripción**
Composición	Minerales y materia orgánica
Textura	Laminada, fisilidad, grano fino ($<$ 0.063 mm)
Color	Gris a negro
Dureza	Baja a media (2–3 en la escala de Mohs)
Porosidad	Baja
Permeabilidad	Baja
Fisibilidad	Alta (se divide en partículas delgadas)
Ambientes de formación	Lagos, estuarios, mares profundos y cuencas sedimentarias
Usos	Reservorios de hidrocarburos, materias primas y estudios geológicos

Fuente: M. Quispe (2024)

b) Según su taxonomía

Según la MIDAGRI (2020), el eucalipto, perteneciente a la familia de las mirtáceas, "es un género de árboles y algunos arbustos que se encuentran ampliamente distribuidos en diferentes partes del mundo. Por su rápido crecimiento, son comúnmente empleados en plantaciones forestales para fines como la producción de papel, madera y productos químicos".

Tabla 3.

Clasificación según la taxonomía del eucalipto

Taxonomía del eucalipto	
Nombre científico	*Eucalyptus globulus* Labill.
Nombre común	Eucalipto
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Subfamilia	Myrtoideae
Tribu	Eucalypteae
Género	*Eucalyptus*

Fuente: Maldonado Pomasoncco (2023)

Según la Tabla 3 anterior, se describe la clasificación según la taxonomía del eucalipto

c) Según su Composicion Química

El proceso de cocción dura aproximadamente 142 horas y se realiza a temperaturas elevadas, entre 900 y 1000 °C. Durante este proceso, el Eucalyptus globulus experimenta una combustión completa, generando así la ceniza utilizada en esta investigación Valenzuela y cols. (2025).

La composición química principal de la ceniza de Eucalyptus globulus se describen en Tabla 4.

Tabla 4.

Componentes químicos de las cenizas de eucalipto

Descripción	Fórmula Química
Dióxido de silicio	SiO_2
Oxido de aluminio	Al_2O_3
Oxido de hierro	Fe_2O_3
Oxido de potasio	K_2O
Oxido de sodio	Na_2O
Oxido de magnesio	MgO
Oxido de calcio	CaO
Oxido de manganeso	MnO
Dióxido de titanio	TiO_2
Pentóxido de fósforo	P_2O_5

Fuente: Valenzuela y cols. (2025)

Propiedades Geotécnicas de los Suelos

2.2.7. Suelo

Los suelos son agregados de partículas minerales y junto con el aire y/o agua en los espacios vacíos, forman sistemas trifásicos. Gran parte de la superficie terrestre está cubierta por los suelos y son ampliamente utilizados como materiales de construcción. La mecánica de suelos es la rama de la ingeniería que se ocupa de las propiedades de ingeniería de suelos y su comportamiento bajo esfuerzos. Braja (2012)

Se clasifica según las propiedades físicas, entre las cuales están:

- **Color:**

  Los suelos oscuros manifiestan una mayor concentración de materia orgánica; suelos rojos presentan en su composición hierro y manganeso, y suelo

de color amarillo presentan en mayor proporción arcilla y menor materia orgánica.

- **Textura:**

  La textura hace referencia a la cantidad expresada en (%) y la calidad de la partícula mineral que presenta el suelo. Los suelos presentan una variedad de partículas minerales; sin embargo, las más representativas son la arena, el limo y la arcilla.

- **Estructura:**

  Se define como la manera de agrupación de las partículas minerales del suelo para formar terrones (agregados). Los minerales no se encuentran dispersos en el suelo, sino agrupados en unidades con distintos grados de unión, variando en forma y tamaño.

- **Porosidad:**

  Se define como la proporción del volumen de vacíos de cualquier tipo respecto al volumen total del suelo, expresada en porcentajes (%). Esta característica está condicionada por la textura y la estructura del suelo. Los suelos de textura fina presentan mayor porosidad que en aquellos de textura gruesa.

2.2.8. Clasificación de Suelos

Se clasifican en sistema AASHTO y ASTM (SUCS). En la cual determinará rasgos que hacen diferenciar el estrato de suelo. Se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y luego clasificar los suelos.MTC (2014)

Tabla 5.

Clasificación de suelos AASHTO – 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	L, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.8.1. Sistema SUCS

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) clasifica los suelos en diferentes categorías, identificadas mediante símbolos como MH, ML, CH, GW, GP, CL, entre otros. Esta clasificación se fundamenta principalmente en análisis de granulometría y en las características de plasticidad del suelo, las cuales permiten identificar y agrupar adecuadamente el tipo de suelo evaluado.

Cuando el porcentaje de material que pasa por el tamiz #200 es mayor al 50 %, se clasifica como suelo fino. La identificación se realiza mediante la carta de plasticidad de Casagrande, utilizando la línea base A, donde los parámetros del límite líquido y del índice plástico permiten determinar si el suelo corresponde a arcilla o limo, así como su grado de plasticidad (baja o alta).

- **Suelos de partículas gruesas:**

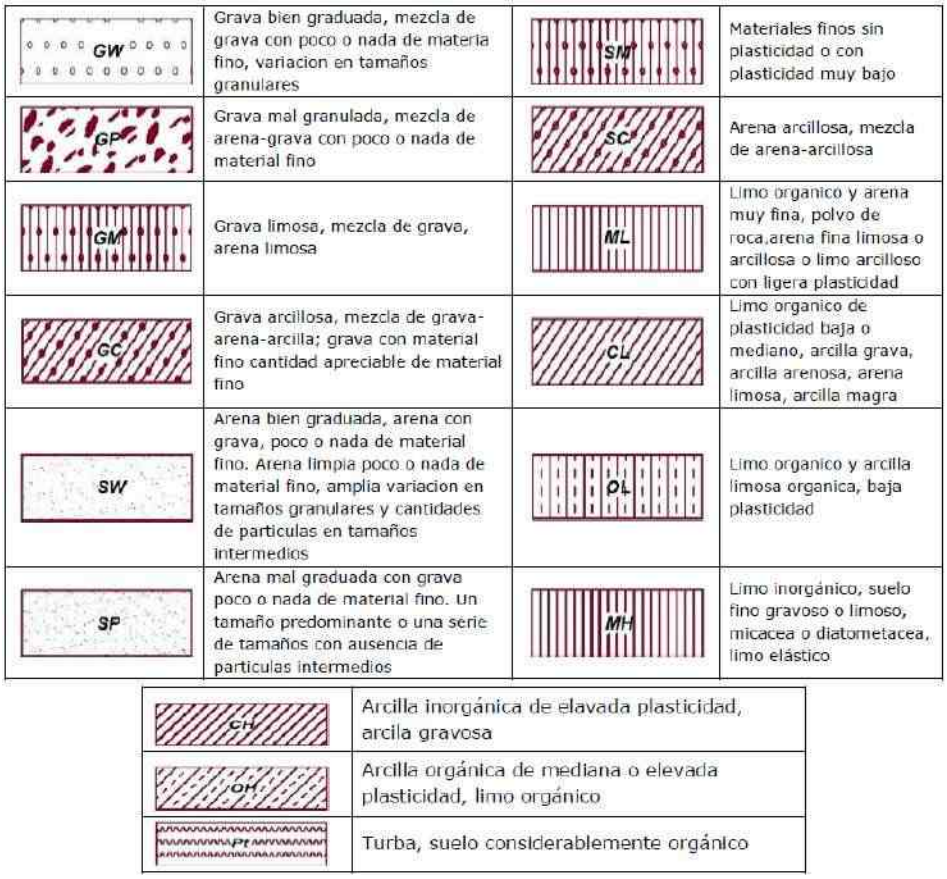
  Son aquellos en que más del 50 % son retenidos en el tamiz N°200. Según su granulometría se subdivide en arenas y gravas.

- **Suelos de partículas finas:**

  Son aquellos en que excede del 50 % pasa en el tamiz N°200. Los símbolos que utiliza el SUCS, corresponde al inglés a excepción del limo.

Figura 5.

Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS



Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.8.2. Sistema AASHTO

Según Braja (2015). Este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado en 1929 como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. Ha sido objeto de varias revisiones, con la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras en 1945 (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145).

En el sistema AASHTO, el suelo se clasifica en siete grupos principales comprendidos entre A-1 y A-7. Los suelos clasificados en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35 % o menos de las partículas pasan a través

del tamiz N.° 200. Aquellos suelos donde con más de 35 % pasa a través del tamiz N.° 200 se incluyen en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.
El sistema de clasificación AASHTO, se caracteriza por emplear una clasificación basada en grupos y subgrupos, en lo siguiente.

- **Suelos gruesos o materiales gruesos:**
  Son aquellos en que más del 35 % son retenidos en tamiz N°200.
- **Suelos finos o materiales limo - arcillosos:**
  Se define a aquellos en que superior del 35 % pasa el tamiz N°200. De otro lado, el sistema AASHTO clasifica a los suelos en 7 grupos (A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7) y los subgrupos (A-1a, A-1b, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7, A-7-5 y A-7-6).

Figura 6.

Clasificación de los Suelos según sistema AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)				
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N° 10)	máx. 50											
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	min. 51									
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx.10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Caracteristicas de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
Caracteristicas de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)												
LL: Límite de Líquido				máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	Mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 [a]	mín. 11 [a]
Tipo de material	Piedras, graves y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	Exelente a bueno					Regular a insuficiente						

Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.9. Análisis granulométrico

El análisis de granulometría por tamizado, conforme al Ensayo MTC E 107, permite determinar la distribución del tamaño de partículas del agregado, a partir de la cual se pueden estimar diversas propiedades del material. Este ensayo

tiene como objetivo establecer la proporción de las diferentes fracciones del suelo según su tamaño, facilitando su clasificación y evaluar para el uso en proyectos de ingeniería civil.

Tabla 6.

Clasificación de suelos según el tamaño de partículas

Tipo de material		**Tamaño de partículas**
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

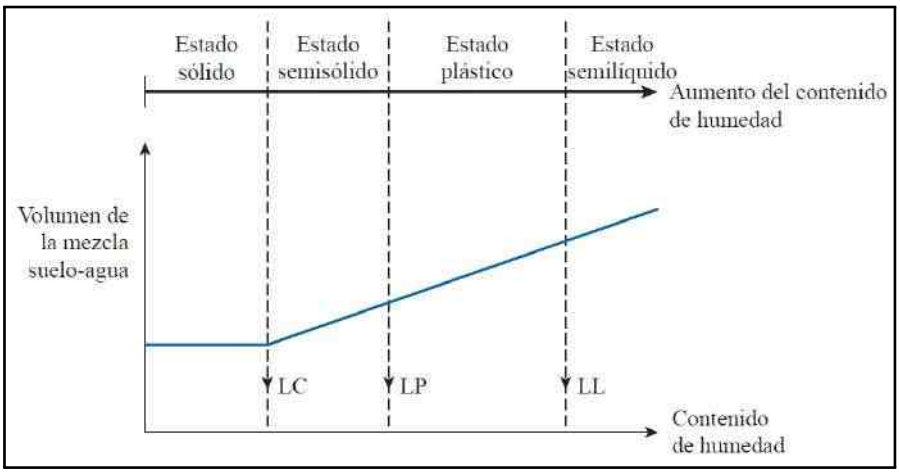
Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), *Manual de Ensayos de Materiales para Carreteras*, Norma E-107 MTC (2014).

2.2.10. Límites de Consistencia

Cuando un suelo contiene arcilla y contenido de humedad óptimo, el suelo se puede remover sin que se desintegre. Este comportamiento cohesivo se debe al agua adsorbida que rodea a las partículas de arcilla. El científico sueco Albert Mauritz Atterberg 1900 desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino en función de su contenidos de humedad. Mientras más contenido de agua tenga, el suelo adquiere un comportamiento fluido, similar al de un líquido; y al disminuir el contenido de humedad el suelo tiende a ser rígido y quebradizo. La naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica en cuatro estados básicos fundamentales: sólido, semisólido, plástico y líquido. Braja (2015)

Figura 7.

Límites de Atterberg



Fuente: figura 1.4 de la Braja (2012).

a) Límite Líquido (LL)

Braja (2012) afirma: "El límite líquido es el porcentaje de contenido de humedad, que requiere un suelo para traslapar una distancia de 12.7 mm (en el ensayo del límite líquido) bajo ranura, ya después de 25 golpes a una altura de 10 mm.

b) Límite plástico (LP)

Braja (2012) afirma: "Es el porcentaje de humedad de un suelo, que, al enrollarse, haciéndolo rodar repetidas veces en una placa de vidrio esmerilado, en hilos de 3,2 mm de diámetro se desmorona".

c) Índice de Plasticidad (IP)

El índice de plasticidad es la diferencia del Límite Líquido (LL) y el Límite Plástico (LP), y su resultado expresa la cantidad de arcilla que un suelo posee, un IP alto significa que el suelo es muy arcilloso, mientras un IP bajo significará que es suelo pobremente arcilloso. MTC (2014)

$$I_P = L_L - L_P \tag{2.2.1}$$

Donde:

I_P = Índice de Plasticidad

L_L = Límite Líquido

L_P = Límite Plástico

Tabla 7.

Clasificación de suelos según el Índice de Plasticidad

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

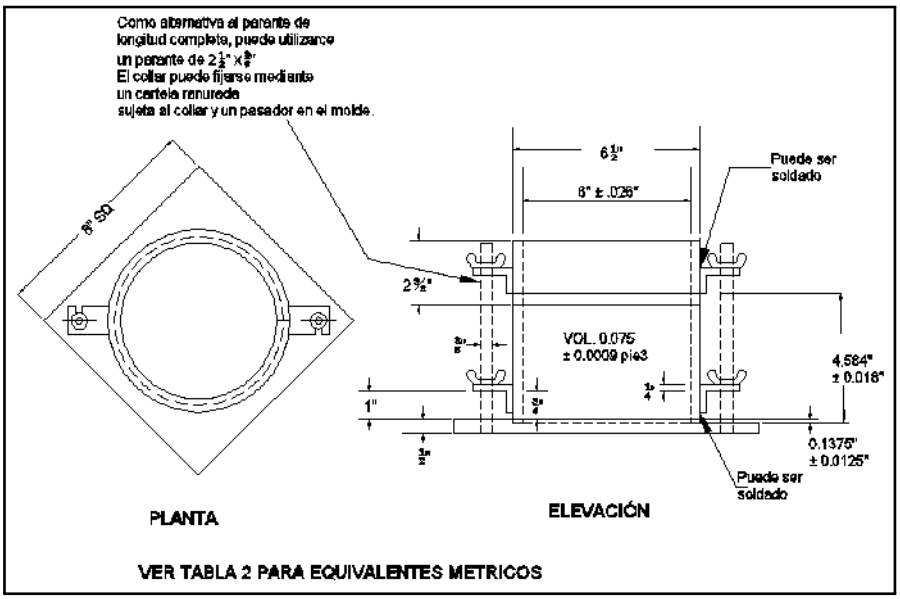
Fuente: Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos MTC (2014).

2.2.11. Ensayo de Proctor Modificado

Según Braja (2015), la prueba Proctor modificada fue desarrollada para simular de manera más adecuada las condiciones reales de compactación en campo, especialmente por el uso de rodillos pesados. Esta prueba, normalizada por la ASTM D-1557 y AASHTO T-180, emplea el mismo molde del Proctor estándar con un volumen aproximado de 943.3 cm^3, pero aplica una mayor energía de compactación. El suelo se compacta en cinco capas, empleando un martillo de 44.5 N (4.536 kg) con caída de 457.2 mm, aplicando 25 golpes por capa. Como resultado, la energía aplicada por unidad de volumen es considerablemente mayor que en la prueba Proctor estándar, representando mejor las condiciones de obra.

Figura 8.

Recipiente cilíndrico de 6.0 pulg para el ensayo de Proctor modificado.



Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC (2016) E-115.

En la siguiente se calcula la densidad seca y húmeda del suelo compactado, así como los parámetros fundamentales:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \tag{2.2.2}$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda de la muestra compactado (Mg/m^3)

M_t = Masa de la muestra húmedo y molde (kg)

M_{md} = Masa del molde cilíndrico de compactación (kg)

V = Volumen Total del molde de compactación (m^3)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \tag{2.2.3}$$

Donde:

$\rho_d =$ Densidad seca de la muestra compactada ($\mathrm{Mg/m^3}$)

$w =$ contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62{,}43\,\rho_d \quad \text{expresado en} \quad \mathrm{lbf/pie^3} \tag{2.2.4}$$

$$\gamma_d = 9{,}807\,\rho_d \quad \text{expresado en} \quad \mathrm{kN/m^3}$$

Donde:

$\gamma_d =$ peso unitario seco de la muestra compactada.

Para el cálculo de los puntos necesarios para el ploteo de la curva del 100 % de la relación de vacíos o curva de saturación del peso unitario seco, se deben seleccionar los valores de contenido de humedad en la condición de 100 % de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w G_s) - \gamma_d}{\gamma_d G_s} \times 100 \tag{4}$$

Donde:

$W_{sat} =$ Contenido de agua para saturación completa (%)

$\gamma_w =$ Peso unitario de agua $9{,}807\,\mathrm{kN/m^3}$ ó $62{,}43\,\mathrm{lbf/pie^3}$

$\gamma_d =$ Peso unitario seco de la muestra - suelo

$G_s =$ Gravedad específica de la muestra - suelo

2.2.12. Ensayo California Bearing Ratio (CBR)

De acuerdo con MTC (2016), el ensayo de Relación de Soporte de California (CBR, California Bearing Ratio) es un procedimiento empleado para evaluar la capacidad de resistencia de los suelos, ampliamente utilizado en el diseño de estructuras de pavimentos. El ensayo consiste en medir la resistencia del suelo mediante la penetración de un pistón cilíndrico normalizado, comparando los resultados obtenidos con los de un material patrón.

$$\% \quad CBR = \frac{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}{Carga\ unitaria\ del\ patron} x100 \tag{2.2.5}$$

- Expansión

  La expansión se determina calculando a partir de la diferencia entre la lectura del deformímetro tomada antes y después de sumergir la muestra. Dicha diferencia se representa como un porcentaje respecto a altura original de la muestra dentro del molde, la cual es 127 mm (5 pulgadas).

$$\%Expansion = \frac{L_2 - L_1}{127} x100 \tag{2.2.6}$$

  Donde:
  L_1 =Lectura inicial expresada en mm.
  L_2 =Lectura final expresada en mm.

  El Valor de la relación de soporte de California (CBR). Para una determinada fuerza de penetración dada, el valor del índice CBR se denomina porcentaje de la presión necesaria ejercida por el pistón sobre el suelo en relación con la presión requerida de la misma fuerza de penetración en un material patrón. Las características de la muestra patrón utilizada son las siguientes:

Tabla 8.

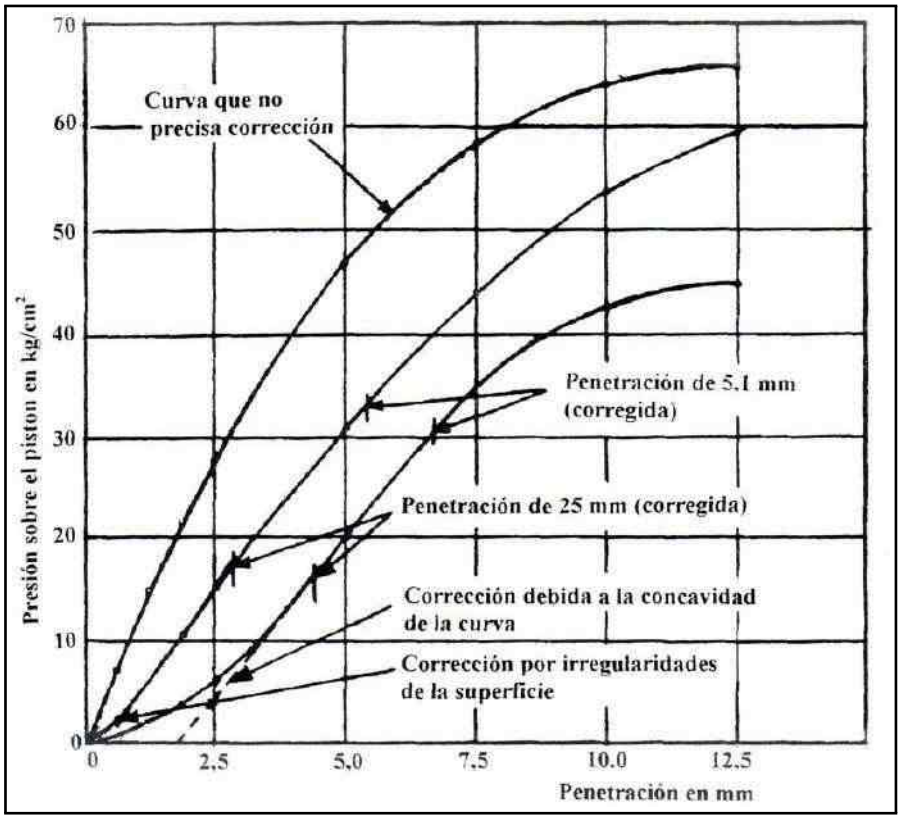
Relación con la presión y penetración

Penetración		Presión		
Mm	**Pulgadas**	**MN/m2**	**kgf/cm2**	**lb/plg2**
2.54	0.1	6.90	70.31	1.000
5.08	0.2	10.35	105.46	1.500

Fuente: Manual de ensayos de materiales, MTC (2016) E-132.

Figura 9.

Corrección de las curvas presión – penetración.



Fuente: Mecánica de suelos y rocas Chacón y cols. (2004)

Se dibuja la curva presión - penetración (figura 9). Si es necesario se corrige esta curva desplazando su origen para neutralizar la influencia de las irregularidades superficiales y rectificar la parte inicial de la misma, que corresponde al ajuste inicial del pistón sobre la muestra.

De la curva corregida se deduce la presión correspondiente a penetraciones

de 0,1 pulgada (2,54 mm) y de 0,2″ (5,08 mm). Por definición se obtienen los valores de CBR dividiendo las presiones correspondientes a estas penetraciones por 70,31$Kg/cm2$ y 105,46 $Kg/cm2$ respectivamente, el resultado, se multiplica por 100. Si se tienen los datos de carga y no de presión, una vez corregidos, se multiplican las correspondientes a 0,1 y 0,2 pulgadas por 0,0735 y 0,0490, respectivamente Chacón y cols. (2004).

2.3. Definición de términos

a) Estabilización de suelos

Se define como el proceso de mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de la aplicación de métodos mecánicos e incorporación de agentes naturales, químicos o sintéticos. (MTC, 2014)

b) Capacidad portante

La capacidad soporte - portante en carreteras se evalúa mediante el ensayo CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio, el cual permite determinar la resistencia de los suelos con fines de diseño de pavimentos.

c) Suelos arcillosos

Se originan de rocas preexistentes o sedimentarios. Estos materiales arcillosos presentan comportamientos expansivas debido a la naturaleza mineralógica de la roca de origen - generalmente arcillolitas, como a los procesos de meteorización a los que han estado sometidos.

d) AASHTO

American Association of State Highway and Transportation Officials o Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transporte.

e) ASTM

American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales.

f) Subrasante

Es la superficie final de la carretera obtenida a nivel de movimiento de

tierras, ya sea de corte o relleno, sobre la cual se apoya la estructura del pavimento o del afirmado.

g) Ceniza de carbón

Las cenizas de carbón son similares a conglomerantes puzolánicos, aunque esta no brinda condiciones óptimas si lo comparamos con el cemento con la cal, es necesario incorporar agua y adicionalmente, un activante en proporciones controladas, para potenciar la capacidad de estabilización.

h) Ahuellamiento

Son deformaciones denominadas huellas o surcos que se desarrollan en la superficie de rodadura de carreteras pavimentadas o no pavimentadas y que se originan como consecuencia de la consolidación o desplazamiento lateral de los materiales por efectos de cargas de tránsito.

i) Arcillas

Son partículas finas con un tamaño de grano inferior a 2 m (0.002 mm) provenientes de la meteorización química y física de minerales y rocas.

j) Bache

Depresión que se forma en la superficie de rodadura como consecuencia del desgaste ocasionado por desintegración localizada y el tránsito vehicular.

k) CBR (California Bearing Ratio)

Expresa la capacidad de soporte relativa de un suelo o material, determinado por la penetración de una carga normalizada.

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

El uso de cenizas de eucalipto influye favorablemente para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024.

2.4.2. Hipótesis específicas:

- El uso de cenizas de eucalipto influye favorablemente en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024
- El uso de cenizas de eucalipto influye favorablemente en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024
- El uso de cenizas de eucalipto influye favorablemente en la relación de capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

2.5. Variables

2.5.1. Variables Independientes

- Cenizas de Eucalipto.

2.5.2. Variables Dependientes

- Estabilización de Suelos Expansivos.

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 9.

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO
1.- Variable Indipendiente Ceniza de Eucalipto	las principales fuentes secundarias de los biocombustibles sólidos provienen de restos generados por actividades agrícolas o de industrias relacionados con la madera, los cuales se obtienen mediante procesos termoqumicos como la combustión. Mallqui (2021)	1.- Dosificacion del Ceniza del eucalipto	I1.- 8 % de Ceniza I2.- 14 % de Ceniza I3.- 22 % de Ceniza	Balanza y Tamiz
2.- Variable Dependiente Estabilización de Suelos Expansivos	La estabilización de suelos es el procedimiento mediante el cual se mejoran o controlan las propiedades mecánicas y físicas de un suelo cuando estas no cumplen con los requisitos técnicos exigidos en un proyecto, tales como la estabilidad volumétrica, la compresibilidad y la capacidad de soporte Laos (2022).	1.- Propiedades físicas del suelo	I1.- Contenido de Humedad I2.- Análisis Granulometrico I3.- Límites de Consistencia	ASTM D-2216, MTC E 108 ASTM D-422 / D6913, MTC E 107 ASTM D4318
		2.- Proctor Modificado	I1.- Máxima Densidad Seca I2.- Óptimo Contenido de Humedad	ASTM D-1557, MTC E 115
		3.- Capacidad Soporte de suelo (CBR)	I1.- CBR (100 % MDS) I2.- CBR (95 % MDS)	ASTM D-1883, MTC E 132)

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ámbito temporal y espacial

3.1.1. Ámbito Espacial

El ámbito espacial del presente estudio corresponde al tramo vial Quiralquichqui – Corral Pampa, sector en el que se desarrollaron las actividades de reconocimiento, levantamiento de información y caracterización geotécnica. Este tramo de carretera constituye el espacio físico en el cual se analizan las condiciones del terreno y los factores que influyen en el comportamiento mecánico del suelo.

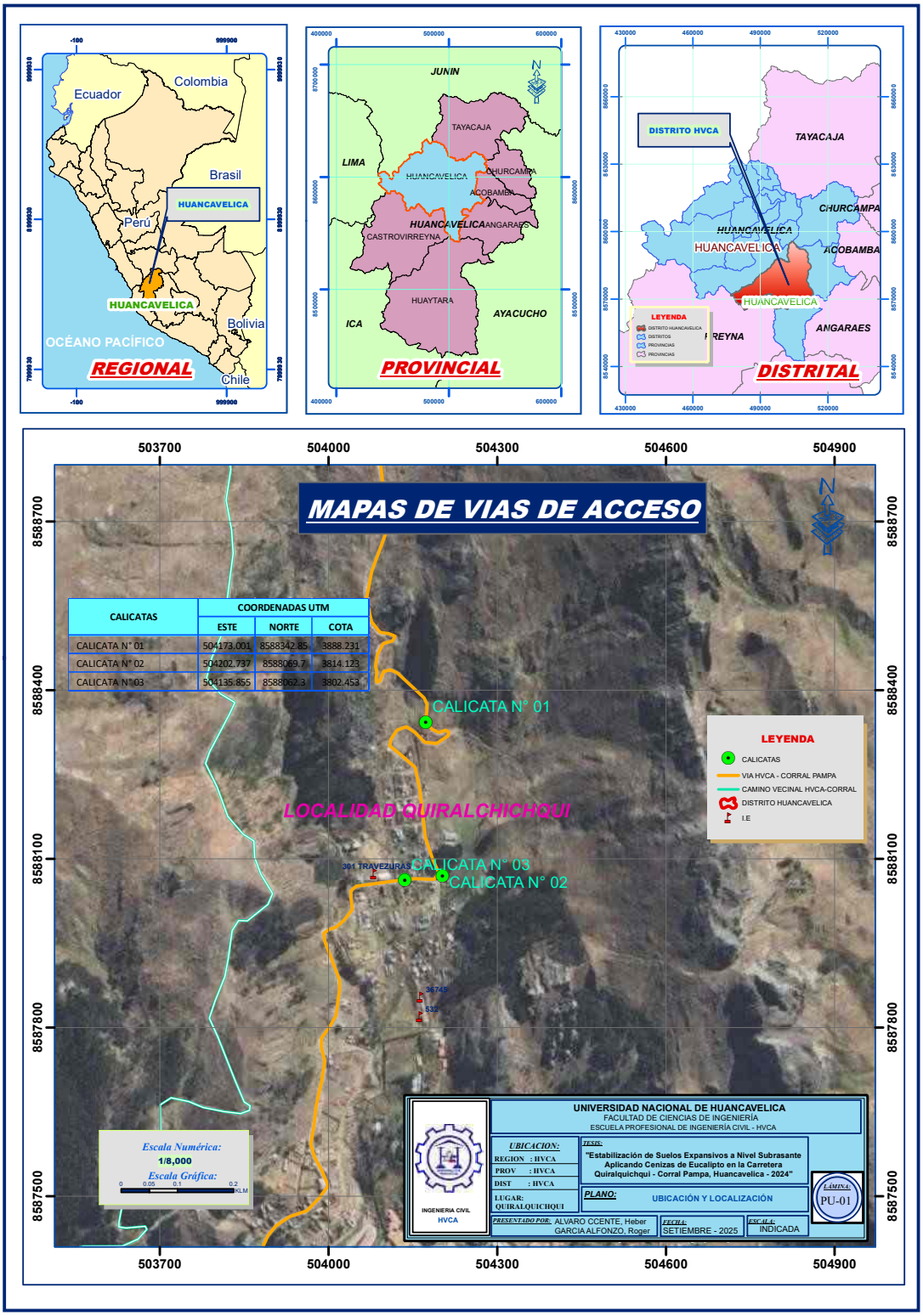
Descripción del Area de Estudio

- UBICACIÓN POLÍTICA :

- **LOCALIDAD** : QUIRALQUICHQUI
- **DISTRITO** : HUANCAVELICA
- **PROVINCIA** : HUANCAVELICA
- **DEPARTAMENTO** : HUANCAVELICA

Figura 10.

Mapa de ubicación y localización



- UBICACIÓN GEOGRÁFICA:

Tabla 10.

Ubicación Geográfica - localidad Quiralquichqui.

Localidad	CoordenadaS UTM		
	Este	Norte	Cota
Quiralquichqui	504125.88	8588014.34	3790.46

Fuente: Elaboración propia.

La localidad de QUIRALQUICHQUI presenta los siguientes límites:

√ **Por el Norte**, con el Distrito de Palca.

√ **Por el Este**, con el C.P. Antaccocha.

√ **Por el Oeste**, con el Distrito Ascensión.

√ **Por el Sur**, con la Provincia de Huancavelica



Figura 11.

Vista Panorámica localidad de Quiralquichqui.

3.1.2. Ámbito Temporal

El proyecto se desarrollará durante el año 2024 en la región de Huancavelica – Perú. Las actividades de campo, que incluyen la excavación de calicatas, se llevaron a cabo entre los meses de marzo y junio, complementándose con la ejecución de los ensayos correspondientes en laboratorio.

3.2. Tipo de investigación

La investigación es de tipo APLICADA, debido a que se utiliza conocimientos científicos para resolver un problema práctico, específicamente mejorar el comportamiento de suelos arcillosos con la incorporación de ceniza de eucalipto. Cuya finalidad es evaluar y validar una solución técnica que pueda ser empleada en proyectos reales de ingeniería.

Según Arias y Covinos (2021), la investigación es aplicada, ya que mediante, la teoría se encarga de resolver problemas prácticos, se basa en los hallazgos, descubrimientos y soluciones que se planteó en el objetivo del estudio, normalmente este tipo de investigación se utiliza en la medicina o ingenierías.

3.3. Nivel de investigación

La Presente investigación corresponde al nivel EXPLICATIVO, debido a que busca determinar las causas y los mecanismos mediante los cuales la ceniza de eucalipto modifica el comportamiento del suelo arcilloso. Este nivel permite analizar las relaciones de causa–efecto entre la adición del estabilizante y los variaciones en las propiedades mecánicas y físicas del suelo, considerando procesos como las reacciones puzolánicas y la evolución de la estructura del material.

Asimismo, posibilita evaluar cómo diferentes porcentajes de ceniza influyen en el desempeño del suelo, generando explicaciones científicas que sustentan su uso como una alternativa sostenible en la estabilización de suelos arcillosos.

3.4. Métodos de investigación

Según Borja (2016), en el presente estudio se utiliza el método científico, entendido como el conjunto de estrategias y procedimientos metódicamente secuenciales cuyo objetivo es la comprobación empírica de un planteamiento o hipótesis, lo que permite la interpretación de la realidad; sin embargo, sus conclusiones no deben considerarse como verdades absolutas.

3.5. Diseño de investigación

El tipo de diseño de la investigación es cuasiexperimental, puesto que se manipula la variable independiente con la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto con la finalidad de observar los efectos sobre las propiedades mecánicas y físicas del suelo arcilloso.

En tanto, el diseño permite comparar el comportamiento de suelo natural, considerado como grupo control, con los grupos experimentales tratados con ceniza de eucalipto en porcentajes de 8 %, 14 % y 22 %, sin asignación aleatoria de las muestras. De esta manera, se identifican las variaciones significativas en las propiedades mecánicas-físicos del suelo atribuibles al uso del estabilizante.

Figura 12.

Esquema del diseño cuasi-experimental aplicado a estabilización del suelo con ceniza de eucalipto

$$\begin{array}{llll} G_1 & X_1 + S & \rightarrow & O_1 \\ G_2 & X_2 + S & \rightarrow & O_2 \\ G_3 & X_3 + S & \rightarrow & O_3 \\ G_4 & S & \rightarrow & O_4 \end{array}$$

Donde:

- G_1, G_2 y G_3: Grupo experimental 1,2 y 3 con el 8 %, 14 % y 22 % de Ceniza
- G_4: Grupos para control.
- X_1, X_2 y X_3: Adición de ceniza de eucalipto al 8 %, 14 % y 22 %
- S_1 – S_4: Suelo natural (base del tratamiento)
- $0_1, 0_2, 0_3$ y 0_4: Medición posprueba. Observación de las propiedades mecánicas y físicas en suelo estabilizado:
- –: Sin adición de ceniza, Ausencia de la variable independiente (grupo de control o testigo).

Este tipo de diseño implica la presencia de un grupo de control o comparación, los cuasi experimentos se utilizan cuando no es posible utilizar sujetos de forma aleatoria, es decir, al igual que el pre experimento están preelegidos Arias y Covinos (2021).

3.6. Población, muestra y muestreo

3.6.1. Población

Está conformada por todos los suelos expansivos existentes en el tramo vial Quiralquichqui – Corral Pampa, distrito y provincia de Huancavelica, en la región Huancavelica. Que constituyen el nivel de subrasante susceptible de ser estabilizado mediante la aplicación de cenizas de eucalipto.

3.6.2. Muestra

Arias y Covinos (2021), define que la muestra es un subgrupo considerado como una parte representativa de la población o el universo, los datos recolectados serán obtenidos de la muestra y la población se perfila desde la situación problemática de la investigación.

La muestra de estudio corresponde al suelo de subrasante de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, específicamente en los tramos ubicados entre el km 0 + 195, km 0 + 255 y el km 0 + 730, el cual presenta un mayor contenido de arcilla y una baja capacidad portante. En este tramo crítico se ejecutaron calicatas para la toma de muestras, con profundidades de 1.50m.

3.6.3. Muestreo

El muestreo es una técnica para estudiar la muestra, como resultado de la aplicación de esta técnica a la población se obtiene un estadígrafo, esta es una cifra que se logra por medio de un cálculo o una operación estadística la cual proporciona una cifra o el número real de los elementos que representan a la poblaciónArias y Covinos (2021).

El muestreo de la investigación es de tipo no probabilístico, debido a que la elección de la nuestra no se realiazó de manera aleatoria. En este caso, se seleccionó la muestra considerando el tramo más crítico de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa.

Pasos del mustreo

- Marco muestral: delimitar el tramo de estudio y registrar coordenadas de las calicatas.
- Según MTC 2014, se establece cantidad de calicatas por cada km 1 calicatas. Se tomaron tres (03) calicatas con una profundidad de 1.50 metros respecto al nivel de la sub rasante.
- Selección de puntos: elegir calicatas por criterios de representatividad (variación de terreno, presencia de suelos expansivos).
- Extracción: obtener muestras perturbadas e indeformadas según ensayo requerido (ensayos de laboratorio).

- Transporte y conservación: embalaje adecuado y entrega al laboratorio en 24–48 h.
- Preparación en laboratorio: secado, tamizado, homogeneización y mezcla con dosis de ceniza; conformación de probetas y curado según procedimiento.
- Registro: ficha de campo con fecha, hora, coordenadas, observaciones y número de muestra.

3.7. Técnicas e Instrumentos para recolección de datos

3.7.1. Técnicas

Según la opinión de Borja (2016), las técnicas que se utilizarán en la recopilación de toda la información de campo, se deben presentar todos los formatos utilizados en esta tarea; para el caso de proyectos de ingeniería se deben presentar los formatos utilizados, por ejemplo, para realizar un levantamiento topográfico, formatos para hacer los estudios de suelo, estudios de tráfico, formatos para realizar los ensayos

Las técnicas utilizadas en la recolección de datos de la presente investigación son las siguientes:

- **Observación indirecta:** búsqueda del tema de investigación por medio de las observaciones ya realizadas anteriormente tales como libros, revistas informes, fotografías, etc.
- **Observación directa:** ubicación de los puntos críticos del fenómeno de la ocurrencia de los hechos en el campo de estudio.
- **Observación de campo y laboratorio:** lugar de ocurrencia de los fenómenos o hechos mediante la extracción de muestras. Posteriormente, estas son analizados en los ensayos en laboratorio.

El procedimiento de recolección de datos en laboratorio es con los ensayos que se muestran a continuación:

3.7.2. Instrumentos

El instrumento permitió analizar el efecto de la incorporación de diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto en estabilización del suelo arcilloso, comparando los parámetros obtenidos antes y después del tratamiento, con el fin de determinar optimizar la capacidad portante y la disminución de la plasticidad del suelo.

Los instrumentos empleados en la recolección de datos son las siguientes:

Se incluyen:

- Balanza calibrada y horno para contenido humedad.

- Instrumento para el análisis granulometría.

- Instrumento para límites de Atterberg.

- Instrumento para proctor modificada

- Máquina de prueba CBR

- Fichas técnicas de laboratorio

- Fichas de ensayos

3.8. Técnicas de procesamiento de análisis de datos

3.8.1. Estadísticos Descriptivos o Cuantitativos

Los estadísticos descriptivos son esenciales para interpretar el comportamiento de suelos arcillosos estabilizados. Resumir los valores de ensayos de laboratorio con indicadores de tendencia central y dispersión ayuda a entender la variabilidad del suelo y a evaluar sus propiedades geotécnicas, facilitando su uso a través de tablas, medidas numéricas o gráficas.

3.8.2. Estadísticos Inferenciales

Los estadísticos inferenciales se utilizan para evaluar la significancia de las variaciones en las propiedades de suelo arcilloso luego de la estabilización con diferentes porcentajes de aditivo, utilizando ANOVA para comparar grupos de tratamiento (0 %, 8 %, 14 %, 22 % de ceniza).

Se verifica la normalidad y homogeneidad de varianzas antes de aplicar ANOVA. Si se detectan diferencias significativas, se utilizan pruebas post hoc como Tukey HSD para determinar los porcentajes que mejoran el comportamiento del suelo, fundamentando la selección de la proporción óptima de estabilizante.

3.8.3. Precesamiento de Datos

Los datos experimentales obtenidos durante los ensayos de clasificación y estabilidad del suelo arcilloso se presentan de manera estructurada mediante tablas, diagramas y gráficos comparativos.

Se incluyen:

-Tablas con los valores individuales de cada ensayo por tratamiento.

-Gráficos de variación procesados en jupyter notebook

-Tablas de resultados del ANOVA y pruebas post hoc.

La adecuada presentación de resultados permite evidenciar de forma clara el impacto del estabilizante en la plasticidad, compactación y resistencia del suelo, contribuyendo a sustentar las conclusiones finales del estudio.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Análisis de información

4.1.1. Obtención de las muestras

La obtención de las muestras se realizó a lo largo de la vía carrozable Quiralquichqui – Corral Pampa, ubicada en el distrito y provincia de Huancavelica de la región de Huancavelica. En este tramo se identificó la existencia principal de suelos arcillosos de carácter expansivo, los cuales presentan una menor capacidad portante y generan problemas en la estabilidad de la subrasante.

4.1.2. Exploracion de calicatas

El presente estudio se analizó con el propósito de determinar las condiciones geotécnicas del área de investigación. Para ello, se efectuó la extracción de muestras representativas en puntos estratégicos a lo largo de la vía, garantizando que el material obtenido refleje las características reales del suelo existente.

En seguida, las muestras fueron transportadas al laboratorio para llevar a cabo los ensayos geotécnicos correspondientes, permitiendo evaluar sus propiedades físicas y mecánicas bajo condiciones controladas.

Se realizaron tres calicatas en las progresivas 0+195, 0+255, 0+730 con una profundidad de 1.50 m cada una.

Tabla 11.

Ubicacion de la Calicatas

Calicatas	Prof. (m)	Coordenadas UTM		
		Este	Norte	Cota
C -01	1.50	504173.001	8588342.853	3888.231
C -02	1.50	504202.737	8588069.698	3814.123
C -03	1.50	504135.855	8588062.299	3802.453

Fuente: Elaboración propia.

Figura 13.

Excavación de Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

4.1.3. Obtención de cenizas de eucalipto

La recolección de las cenizas de eucalipto se realizó a cabo en el Barrio San Cristóbal, ubicado en el distrito, provincia y departamento de Huancavelica. Este sector concentra un número considerable de panaderías que utilizan leña de eucalipto como principal fuente de combustión, debido a su disponibilidad y alto poder calorífico.

La recolección de las cenizas de eucalipto se realizó en el barrio San Cristóbal, ubicada en el distrito, provincia y región de Huancavelica. Este sector concentra un número significativo de panaderías que emplean leña de eucalipto como principal fuente de combustión, debido a su amplia disponibilidad y elevado poder calorífico.

Dado que una parte significativa de la población consume diariamente pan, la generación de cenizas es continua, lo que permitió obtener un volumen adecuado

de ceniza de eucalipto fresca y representativa para su posterior utilización como material estabilizante en la investigación.

Antes de su uso, las cenizas recolectadas fueron tamizadas y acondicionadas para garantizar su correcta incorporación en la mezcla de suelo durante los ensayos de estabilización.

Figura 14.

Obtención de Cenizas de Eucalipto



Fuente: Elaboración propia.

Resultados de los ensayos de Laboratorio

Se realizarán los siguientes ensayos con el propósito de caracterizar las propiedades mecánicas y físicas del suelo en estado natural y estabilizado con cenizas de eucalipto:

- Contenido Humedad (ASTM D-2216, MTC E 108)
- Análisis Granulometrico (ASTM D-422 / D6913, MTC E 107)
- Límite de Consistencia (ASTM D4318)
- Proctor Modificado (ASTM D-1557, MTC E 115)
- CBR – California Bearing Ratio (ASTM D-1883, MTC E 132)

4.1.4. Contenido de Humedad ASTM D-2216

4.1.4.1. Objetivo

Determinar en laboratorio el contenido de humedad de la muestra de suelo, roca, agregado y otros materiales parecidos, mediante la reducción de la masa secada, debido a pérdida del agua contenida en la muestra.

Por definición el contenido de humedad es como la relación entre la masa de agua que posee el suelo y la masa del suelo en condición seco, expresada en unidades porcentuales conforme a la ecuación siguiente:

$$\omega\,\% = \frac{M_\omega}{M_S} * 100 \qquad (4.1.1)$$

4.1.4.2. Norma de referencia

- A.S.T.M D 2216 Standard test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass.
- M.T.C E 108 Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo.
- N.T.P 339.127 Método de Ensayo para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo.

4.1.4.3. Equipos y Materiales

- Horno para secado capaz de conservar una temperatura de 110 ± 5 °C.
- Balanza de precisión, con aproximación de 0.01g para masas menores de 200g. y de 0.1g para masas mayores de 200g.
- Recipientes para humedad, fabricados en material resistente a corrosión y a la variación de masa frente al secado y enfriamiento continuo.
- Herramientas para manejo de muestras calientes, tenazas, guantes, sujetadores, etc.

4.1.4.4. Ejecución del ensayo

- Pese una tara seco y limpio, registrando su identificación.
- Coloque la muestra húmeda en la tara previamente pesado, tomar la cantidad necesaria de acuerdo al método.
- Registre la masa de la tara más suelo húmedo, usando la balanza apropiada.
- Coloque la tara, incluida la muestra húmeda en el horno para secado a una temperatura de 110 ± 5°C y lograr una masa constante, generalmente requiere un tiempo comprendido entre 12 a 16 horas.
- Una vez que la muestra se haya alcanzado masa constante, retirar la tara del horno.

  Permitir que la muestra y el recipiente enfríe a temperatura normal o hasta que el recipiente pueda manejarse de manera segura con las manos.
- Registre la masa del recipiente junto con la muestra seca al horno usando el mismo tipo de balanza con el que se empezó el ensayo.

Figura 15.

Las muestras para el ensayo de contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.4.5. Resultados del ensayo

Las muestras obtenidas de las calicatas fueron sometidas al ensayo de Contenido de Humedad con el objetivo de determinar el agua contenida en el suelo al momento de la extracción.

La muestra de suelo fue extraída de tres (03) calicatas designadas como C_1, C_2 y C_3. Los resultados de humedad natural determinados son los siguientes:

Tabla 12.

Resultados de contenido de humedad

Calicatas	Muestras	Peso del Tara (grs)	Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	Peso de la Tara +Muestra Seca (grs)	Contenido de humedad (grs)
C1	M1	36.69	185.72	163.24	17.79 %
	M2	36.47	193.56	170.01	17.64 %
C2	M1	36.69	215.38	189.90	16.63 %
	M2	35.86	203.45	179.98	16.29 %
C3	M1	36.21	216.98	187.92	19.15 %
	M2	36.45	208.68	181.05	19.13 %

4.1.5. Análisis granulométrico

4.1.5.1. Objetivo

La finalidad del análisis granulométrico es obtener la clasificación de tamaños de partículas del suelo, tanto en su fracción gruesa como fina. Esta información permite:

- Clasificar el suelo según sistemas como USCS y AASHTO.
- Evaluar su comportamiento ingenieril (permeabilidad, compactación, plasticidad y resistencia).
- Determinar la curva granulométrica mediante tamizado y, cuando corresponde, hidrómetro.

4.1.5.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D422: Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils (Hydrometer)
- A.S.T.M D6913: Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Soils Using Sieve Analysis.

4.1.5.3. Equipos y Materiales

- Muestra representativa de suelo.
- Horno para secado capaz de conservar temperatura de 110 ± 5 ℃
- Balanza de precisión de 0.01 g.
- Serie de tamices estándar ASTM (4.75mm, 2.00mm, 0.425mm, 0.250mm, 0.150mm, 0.075mm y otros según necesidad).
- Tamiz de lavado 200 (0.075 mm).
- Recipientes o taras
- Bandejas, cepillo y brocha
- Tamizado portatil

4.1.5.4. Procedimiento del Ensayo

- Se recolecta la muestra de suelo representativa, para la realizacion del ensayo mecánico.
- Se pesa la muestra seleccionada extraída para proceder a ser puesta en el horno a temperatura determinada.
- Se procede a lavar la muestra con la malla N° 200, con el fin de descartar, en el mayor grado posible, la presencia de limos y arcillas.
- Después se prosigue a secar en el horno a temperatura determinada aproximadamente durante 24 horas, se deja enfriar por unos minutos y se pesa la muestra.
- Se procede a seleccionar los tamices a utilizarse, incluido el fondo, con el fin de realizar los ajustes necesarios a la hora de realizar la tabla de granulometría.

- Se ordenan los tamices de mayor a menor y, al final, se coloca una vasija para evitar que se pueda perder material.
- Se deposita el material por los tamices y se deja en el tamizador portátil por un lapso de 2 minutos.
- Después de los 2 minutos, se pasa a pesar el material (muestra) retenido en cada tamiz. Acto seguido se realizan los ajustes necesarios, teniendo en cuenta el peso de cada uno de ellos, datos que son registrados en una tabla.

Figura 16.

Las muestras para ensayo - contenido de humedad



Fuente: Elaboración propia.

4.1.5.5. Resultados del ensayo

Las muestras presentan los siguientes comportamientos granulométricos:

- **Resultado de la Calicata N° 01**

Tabla 13.

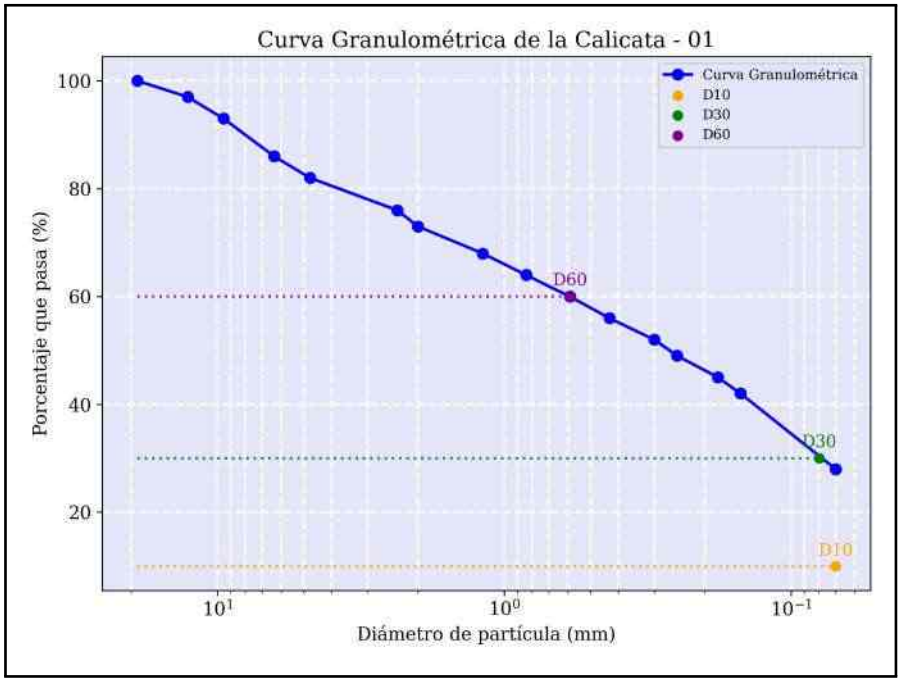
Analisis granulometrico de la Calicata - 01

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
3/4”	19.05	100.00
1/2”	12.70	97.16
3/8”	9.53	92.60
1/4”	6.35	86.17
N°4	4.76	81.54
N°8	2.36	76.00
N°10	2.00	72.97
N°16	1.19	68.41
N°20	0.84	64.14
N°30	0.59	60.02
N°40	0.43	56.12
N°50	0.30	52.13
N°60	0.25	49.37
N°80	0.18	44.57
N°100	0.15	41.80
N°200	0.07	27.54

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 01



Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la tabla 13 y Figura 17 se muestra la granulometría de la calicata $C_0 1$, el cual presenta 18.46 % grava, 54 % arena y 27.54 % de material que pasa por la malla 200. En función a ello, la clasificación de suelo según S.U.C.S es SC (Arena Arcilloso) y conforme al sistema AASHTO A-2-6(0), por tanto, el suelo se identifica como (Arena Arcillosa con presencia de Grava).

- **Resultado de la Calicata N° 02**

Tabla 14.

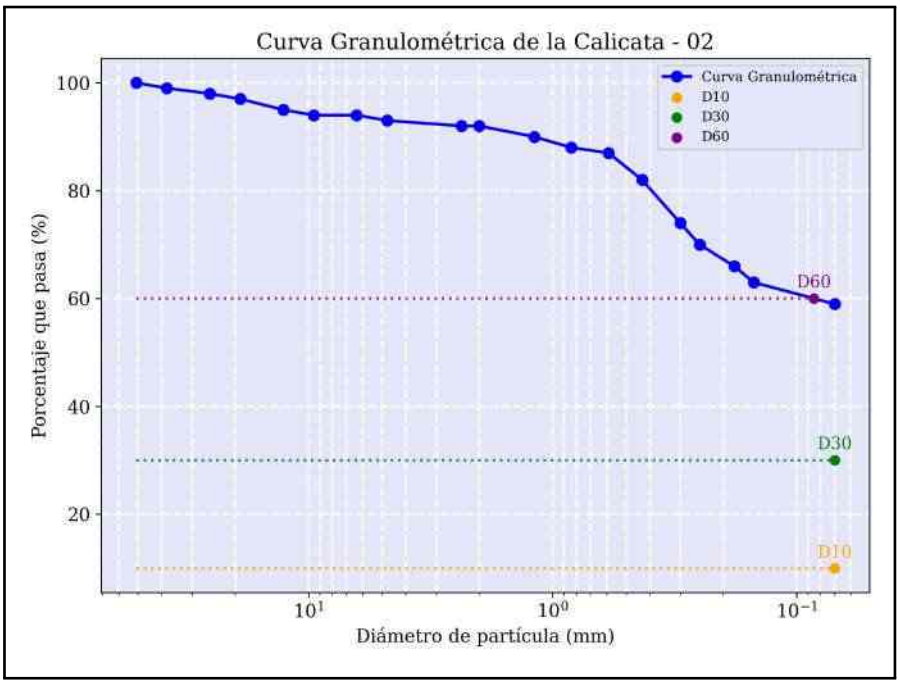
Análisis de granulometría de la Calicata - 02

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
2”	50.80	100.00
1 1/2”	38.10	99.19
1”	25.40	97.90
3/4”	19.05	96.68
1/2”	12.70	95.39
3/8”	9.53	94.04
1/4”	6.35	93.82
N°4	4.76	92.73
N°8	2.36	92.48
N°10	2.00	92.36
N°16	1.19	90.36
N°20	0.84	88.36
N°30	0.59	86.67
N°40	0.43	81.85
N°50	0.30	74.29
N°60	0.25	70.30
N°80	0.18	65.69
N°100	0.15	63.27
N°200	0.07	59.39

Fuente: Elaboración propia.

Figura 18.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 02



Fuente: Elaboración propia.

Conforme tabla 14 y figura 18 se muestra la granulometría de la calicata C_2, presenta 7.27 % de grava, 33.34 % de arena y 59.39 % de material que pasa por la malla N.°200. Por tanto, la clasificación del suelo de acuerdo a S.U.C.S es CL (Arcilla de Baja Plasticidad) y con el sitemma AASHTO A-7-6, es decir, el suelo se cataloga como (Suelo Arcilloso).

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 15.

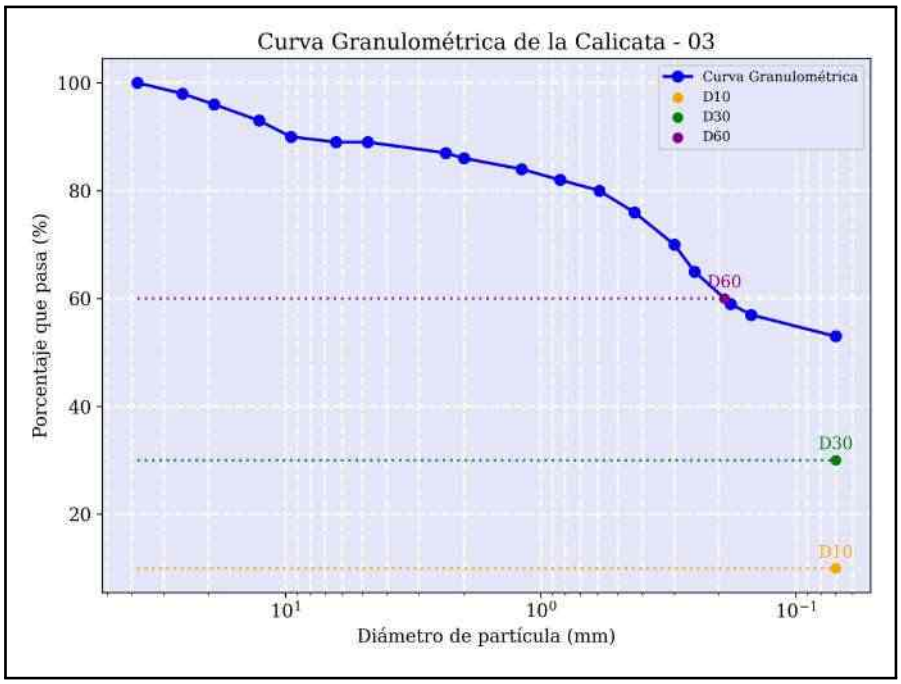
Análisis de granulometría de la Calicata - 03

Tamiz N°	Abertura de Tamiz (mm)	Pasa %
1 1/2”	38.10	100.00
1”	25.40	97.75
3/4”	19.05	95.64
1/2”	12.70	92.86
3/8”	9.53	90.20
1/4”	6.35	89.18
N°4	4.76	88.94
N°8	2.36	87.09
N°10	2.00	85.56
N°16	1.19	84.44
N°20	0.84	82.12
N°30	0.59	80.23
N°40	0.43	76.09
N°50	0.30	70.49
N°60	0.25	65.34
N°80	0.18	58.60
N°100	0.15	56.73
N°200	0.07	52.53

Fuente: Elaboración propia.

Figura 19.

Gráfica granulométrica de la Calicata - 03



Fuente: Elaboración propia.

Conforme tabla 16 y Figura 19 se muestra la granulometría de la calicata C_3, presenta 18.3 % de grava, 53.4 % de arena y 28.3 % de material que pasa por la malla N.°200. Por tanto, la clasificación del suelo de acuerdo a S.U.C.S es CL (Arcilla de Baja Plasticidad) y de cauerdo a AASHTO A-7-6, es decir, el suelo se cataloga como (Suelo Arcilloso).

- **Interpretación Final**

Tabla 16.

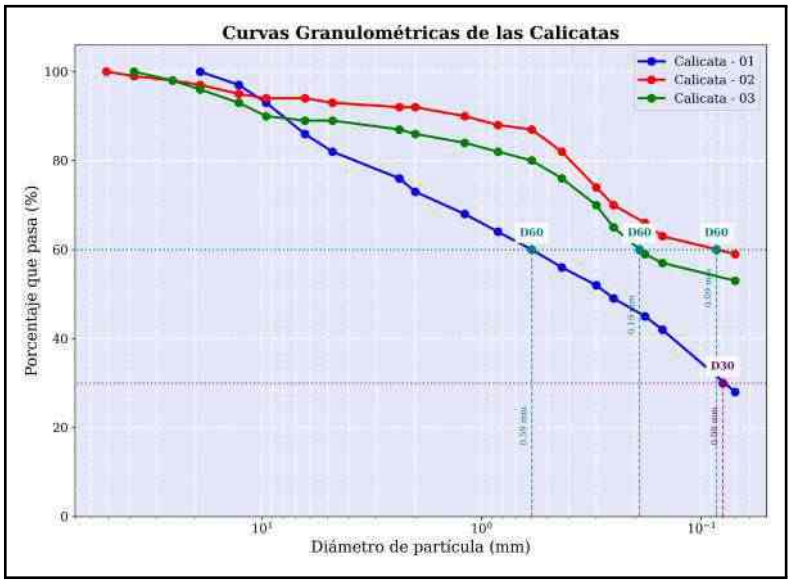
Clasificación de suelos de la $C_0$1, C_2 y C_3

Muestra	Clasificación			
	S.U.C.S		AASHTO	
	Grupo	Material	Grupo	Material
C-01	CS	Arena Arcillosa	A-2-6	Arena Arcillosa con Grava
C-02	CL	Arcilla de Baja Plasticidad	A-7-6	Suelo Arcilloso
C-03	CL	Arcilla de Baja Plasticidad	A-7-6	Suelo Arcilloso

Fuente: Elaboración propia.

Figura 20.

Curvas granulométricas de las Calicatas



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20 se evidencia la granulometría del tramo de estudio del km 00+450 o calicata C_1, presenta 11.06 % de grava, 36.41 % de arena y 52.53 % de material que pasa por la malla N.°200. En tanto, la clasificación del suelo conforme a S.U.C.S es SC y de acuerdo a AASHTO A-2-6(0), por consiguiente, el suelo se identifica como arena arcillosa con grava.

4.1.6. Ensayo de Límite de consistencia

4.1.6.1. Objetivo

El objetivo del ensayo - Límites de Consistencia es determinar los Límites de Atterberg en los suelos finos, específicamente:

- Límite Líquido (L_L)
- Límite Plástico (L_P)
- Índice de Plasticidad ($I_P = L_L \breve{} L_P$)

Estos parámetros permiten evaluar la plasticidad, consistencia y comportamiento volumétrico del suelo.

4.1.6.2. Norma de Referencia

- ASTM D4318: Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils.
- AASHTO T89/T90: (Límite Líquido y Límite Plástico).

4.1.6.3. Equipos y Materiales

Para Ensayo de Límite Líquido (L_L)

- Dispositivo o copa de Casagrande con taza y manivela.

- Cuchilla o espátula metálica.
- Recipientes para mezclado.
- Balanza con precisión ±0.01 g.
- Tamiz N.º 40 (0.425 mm).
- Horno a 110 ± 5°C.
- Agua destilada.
- Cápsulas metálicas para humedad.

Para Límite Plástico (LP)

- Superficie lisa (vidrio esmerilado o mármol).
- Espátula o cuchillo.
- Caja para almacenamiento de la muestra.
- Regla o calibrador (para verificar el diámetro del hilo de 3.2 mm).

4.1.6.4. Procedimiento del Ensayo

Preparar la muestra

- Tomar una cantidad de muestra de suelo que pase el tamiz N.º 40.
- Mezclar con agua en estado destilada para lograr una pasta homogénea.
- Poner la muestra en un recipiente hermético por 24 horas de reposo (curado).

A. Límite Líquido (L_L) – Método de la Copa de Casagrande

- Colocar una porción de la pasta-masa en la taza del dispositivo de Casagrande.

- Utilizando una espátula, cortar la muestra a lo largo de la ranura estándar.
- Rotar la manivela a una velocidad constante (dos golpes por segundo).
- Cuantificar el número de golpes requeridos para que las dos divisiones del surco se unan a lo largo de 13 mm.
- Repetir el ensayo cambiando el contenido de agua para determinar puntos entre 15 a 35 golpes.
- Determinar la humedad de cada muestra utilizada en cápsulas.
- Graficar N° de golpes vs. Humedad en papel semilogarítmico.
- Interpolar el valor de humedad obtenida a 25 golpes, que es el Límite Líquido (L_L).

B. Límite Plástico (L_P)

- Tomar una pequeña muestra de suelo y amasarla hasta obtener una masa uniforme.
- Formar un cilindro delgado y rodarlo sobre una superficie lisa con la palma de la mano.
- Continuar para obtener un hilo uniforme de 3 mm (3.2 mm) de diámetro.
- Si el hilo se fractura antes de alcanzar los 3 mm, añadir unas gotas de agua y repetir.
- Si el hilo puede estirarse más allá sin romperse, significa exceso de humedad; seguir amasando.
- Recolectar el material en el punto justo de ruptura y determinar su humedad.
- El promedio de al menos tres determinaciones es el Límite Plástico (L_P).

C. Cálculo del Índice de Plasticidad (I_P) $I_P = L_L L_P$

Este valor indica la plasticidad del suelo y es fundamental para clasificarlo como:

- Arcilla de baja, media o alta plasticidad.

- Limo plástico o no plástico.

4.1.6.5. Resultados del ensayo

Las muestras obtenidas de las calicatas C_1, C_2 *y* C_3 fueron realizadas en el ensayo de contenido de humedad, cuyos resultados para las tres muestras analizadas se presentan a continuación:

- **Resultado de la Calicata N.° 01**

Tabla 17.

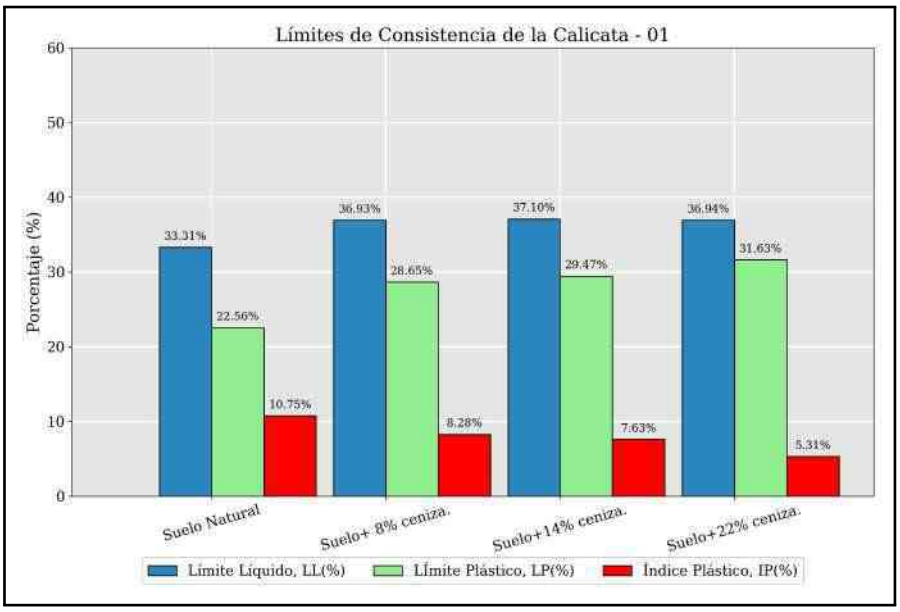
Límite de consistencia - Calicata - 01

Muestra de C-01	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	33.31 %	22.56 %	10.75 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	36.93 %	28.65 %	8.28 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	37.10 %	29.47 %	7.63 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	36.94 %	31.63 %	5.31 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21.

Resultados de límites de consistencia - Calicata C_1



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 17 y figura 32, muestra los resultados del ensayo de límites de consistencia de la Calicata-01, para la muestra natural presenta LL=33.31 %, LP=22.56 % y IP=10.75. Al agregar Ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=36.93 %, LP=28.65 % y IP=8.28 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=37.10 %, LP=29.47 % y IP=7.63 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=36.94 %, LP=31.63 % y IP=5.31 %.

En función de la influencia del índice plástico sobre la adición de las cenizas al Suelo Natural, se constata una reducción respecto al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 22.40 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 28.29 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 49.30 % siendo este el de mayor porcentaje de disminución.

- **Resultado de la Calicata N.° 02**

Tabla 18.

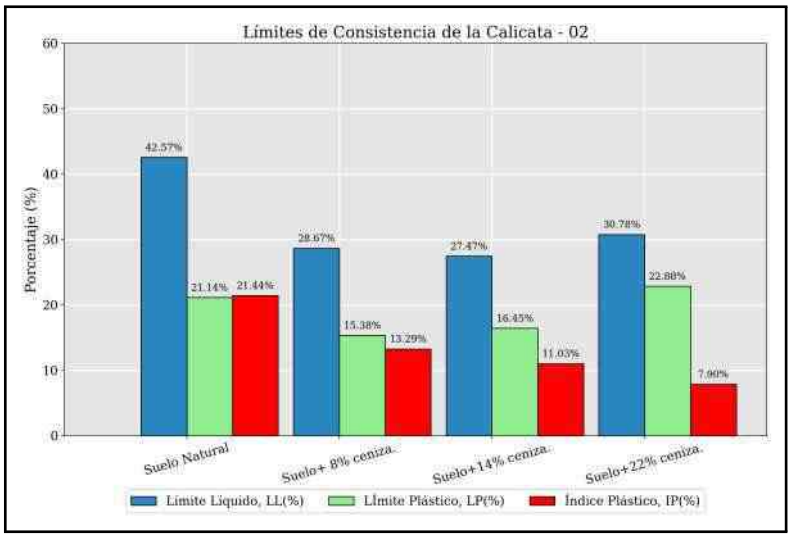
Límite de consistencia - Calicata - 02

Muestra de C-02	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	42.57 %	21.14 %	21.44 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	28.67 %	15.38 %	13.29 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	27.47 %	16.45 %	11.03 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	30.78 %	24.15 %	6.64 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 22.

Resultados de límites de consistencia de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 18 y figura 22, muestra los resultados del ensayo de los límites de consistencia de Calicata-02, para el suelo natural presenta un LL=42.57 %, LP=21.14 % y IP=21.44. Al añadir Ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=28.67 %, LP=15.38 % y IP=13.29 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=27.47 %, LP=16.45 % y IP=11.03 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=30.78 %, LP=24.15 % y I_P = 6,64 %.

En función a la influencia en el índice plástico sobre a la adición de las cenizas al Suelo Natural, se aprecia una reducción frente al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 24.41 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 31.21 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 44.38 % siendo este el de mayor porcentaje de disminución.

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 19.

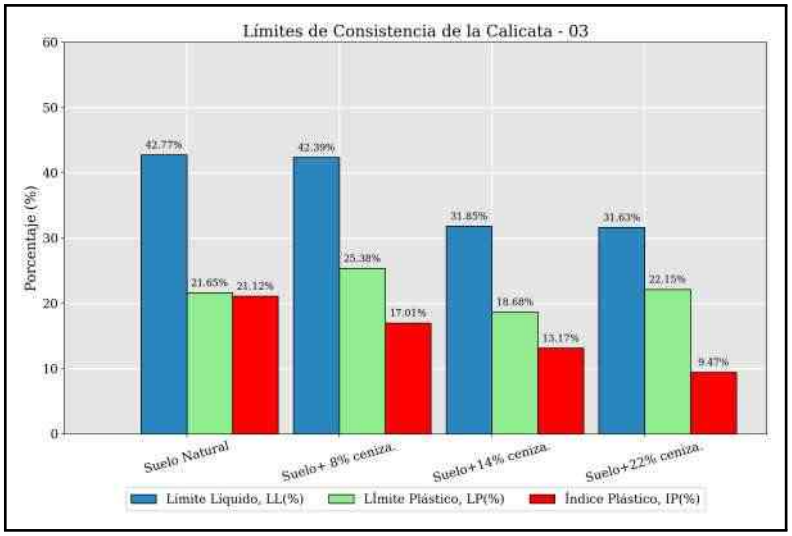
Límite de consistencia - Calicata - 03

Muestra de C-03	Límite Líquido (%)	Límite Plástico (%)	Índice Plástico (%)
Suelo natural	42.77 %	21.65 %	21.12 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	42.39 %	25.38 %	17.01 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	31.85 %	18.68 %	13.17 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	31.63 %	25.66 %	5.96 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 23.

Resultados de límites de consistencia - Calicata-03



Fuente: Elaboración propia.

En la siguiente tabla 19 y figura 23, muestra los resultados del ensayo de

los límites de consistencia de Calicata-03, para el suelo natural presenta un LL=42.77 %, LP=21.65 % y IP=21.12. Al añadir ceniza de eucalipto en un 8 % se obtuvo un LL=42.39 %, LP=25.38 % y IP=17.01 %. Con una incorporación del 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron LL=31.85 %, LP=16.68 % y IP=13.17 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de LL=31.63 %, LP=25.66 % y IP=5.96 %.

En función a la influencia en el índice plástico sobre la adición de las cenizas al Suelo Natural, se aprecia una reducción frente al índice de plasticidad de Suelo Natural, para S+8 % Ceniza disminuye en un 15.10 %, para S+14 % Ceniza disminuye en un 29.21 % y para S+22 % Ceniza disminuye en 55.69 % siendo la proporción con el mayor porcentaje de disminución.

- **Interpretación Final**

Tabla 20.

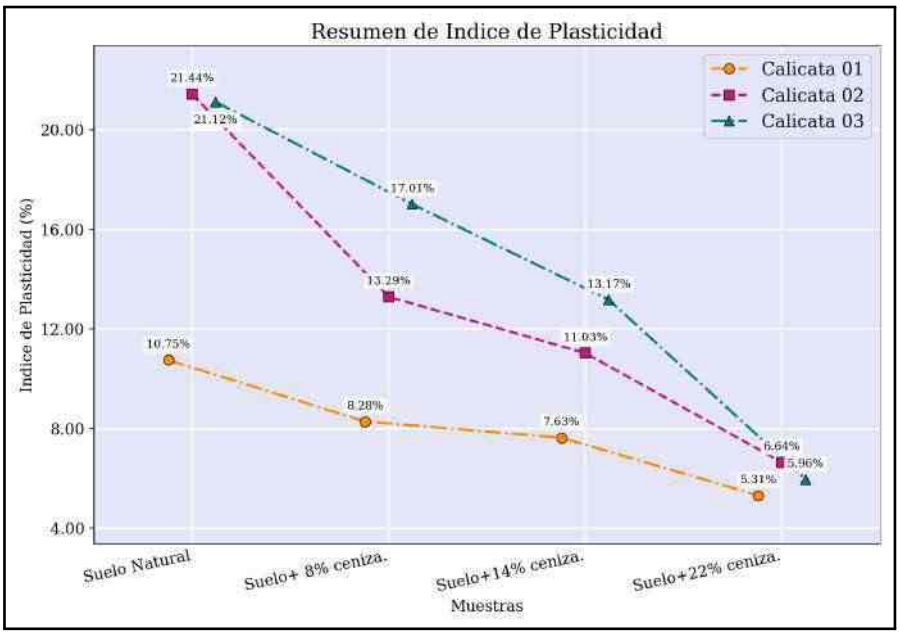
Resumen de ensayo de Límite de Consistencia de la C-01,C-02 y C-03

RESUMEN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	LL	33.31 %	36.93 %	37.10 %	36.94 %
	LP	22.56 %	28.65 %	29.47 %	31.63 %
	IP	**10.75 %**	**8.28 %**	**7.63 %**	**5.31 %**
C-02	LL	42.57 %	28.67 %	27.47 %	30.78 %
	LP	21.14 %	15.38 %	16.45 %	24.15 %
	IP	**21.44 %**	**13.29 %**	**11.03 %**	**6.64 %**
C-03	LL	42.77 %	42.39 %	31.85 %	31.63 %
	LP	21.65 %	25.38 %	18.68 %	25.66 %
	IP	**21.12 %**	**17.01 %**	**13.17 %**	**5.96 %**

Fuente: Elaboración propia.

Figura 24.

Resultados - Indice de Plasticidad



Fuente: Elaboración propia.

La gráfica muestra que la incorporación de ceniza de eucalipto disminuye progresivamente el índice de plasticidad en todas las calicatas, siendo el 22 % el contenido que presenta los valores más bajos. Esto evidencia que la ceniza de eucalipto mejora las propiedades del suelo, disminuyendo su plasticidad y su potencial expansivo.

4.1.7. Proctor Modificado

4.1.7.1. Objetivo

El propósito del Ensayo Próctor Modificado es obtener la relación entre el contenido de humedad sobre la densidad seca máxima del suelo cuando es compactado bajo un nivel estándar alto de energía, con la finalidad de determinar:

- Humedad Óptima (HO)
- Máxima Densidad Seca (MDS)

4.1.7.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft^3).
- AASHTO T180

4.1.7.3. Equipos y Materiales

- Molde en forma de cilindro con collar de extensión (1/30 ft^3 o 0.00094 m^3).
- Pisón metálico de 4.54 kg (10 libras).
- Altura - caída del pisón: 457 mm (18 in).
- Base metálica para molde.
- Regla o escuadra metálica.
- Cuchilla o espátula.
- Martillo de extracción o extractor de molde.
- Balanza con precisión ± 1 g.
- Horno de secado (110 ± 5 °C).
- Recipientes para mezclado del suelo.
- Tamiz N.° 4 (4.75 mm) según especificación del método.
- Agua destilada.
- Guantes, bandejas y utensilios de laboratorio.

4.1.7.4. Procedimiento del Ensayo

A. Preparación de la muestra

- Secar la muestra de suelo al aire a temperatura ambiental o en horno (sin exceder temperatura si es suelo cohesivo).
- Tamizado del suelo por la malla N.° 4.
- Mezclar el suelo con cantidades proporcionales de agua para lograr una serie de resultados de humedad (mínimo 4 puntos).

B. Compactación en Molde (ASTM D1557)

- Poner el molde ensamblado con la base y collar.
- Llenar la capa inicial (1ra capa) de suelo y compactar con 25 golpes uniformes.
- Repetir el mismo proceso para las capas 2 a 5.
- Retirar el collar y nivelar el material excedente utilizando regla metálica.
- Pesar el molde lleno.
- Extraer una porción de suelo para obtener su contenido de humedad.
- Repetir el proceso en cada una de las mezclas con diferente humedad

4.1.7.5. Resultados del ensayo

Los valores de los siguientes ensayo de Proctor Modificado son las siguiente:

- **Resultado de la Calicata N.° 01**

Tabla 21.

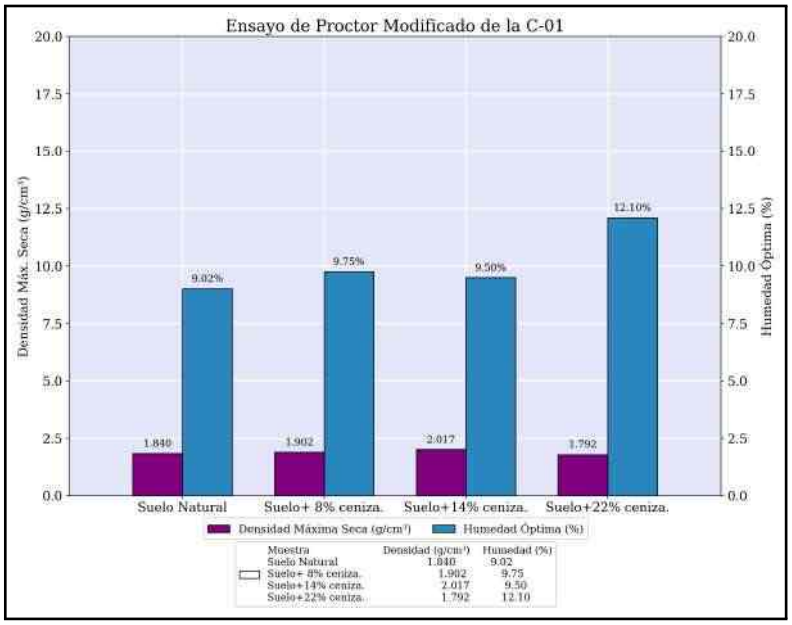
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-01.

PROCTOR MODIFICADO C_1		
Muestra de C-01	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.840	9.02 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.902	9.75 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	2.017	9.50 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.792	12.10 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 25.

Resultados - Proctor Modificado de la C-01



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 21 y figura 25, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-01. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.840gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 9.02 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtiene un MDS=1.902gr/cm3 y OCH=9.75 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=2.017gr/cm3 y OCH=9.50 %. Finalmente, al incorporar un

22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.792gr/cm3 y OCH=12.10 %.

- **Resultado de la Calicata N.° 02**

Tabla 22.

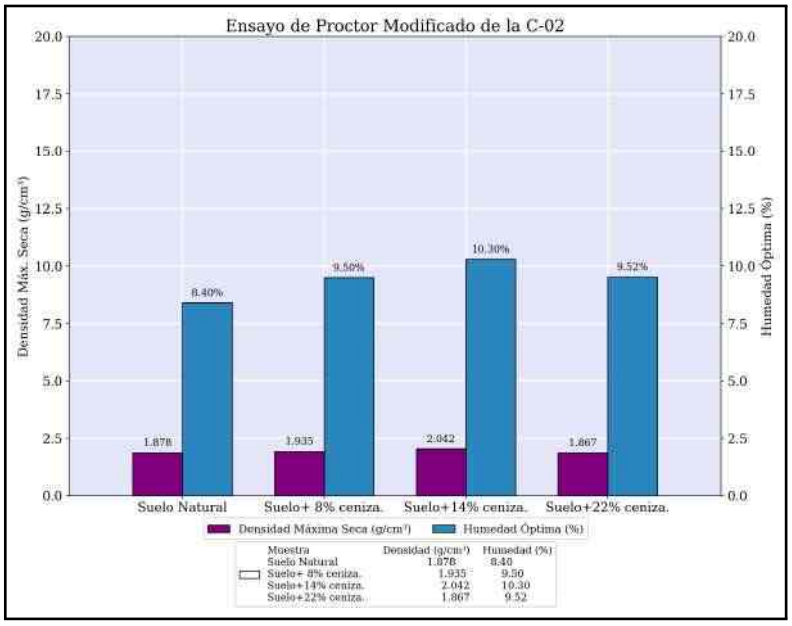
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-02.

PROCTOR MODIFICADO C_2		
Muestra de C-02	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.878	8.40 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.935	9.50 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	2.042	10.30 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.867	9.52 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26.

Resultados - Proctor Modificado de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 22 y figura 26, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-02. Para el caso de suelo natural, se registró una má-

xima densidad seca (MDS) de 1.878gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 8.40 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un MDS=1.935gr/cm3 y OCH=9.50 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=2.042gr/cm3 y OCH=10.30 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.867gr/cm3 y OCH=9.52 %.

- **Resultado de la Calicata N.° 03**

Tabla 23.

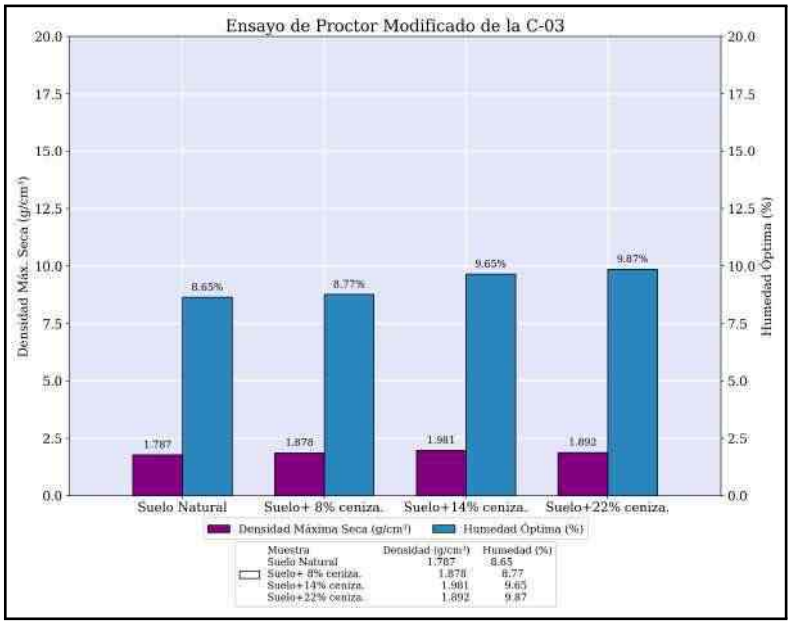
Proctor Modificado con diferentes porcentajes de Ceniza de eucalipto de la C-03.

PROCTOR MODIFICADO C_3		
Muestra de C-03	**Densidad Máxima Seca (g/cm3)**	**Humedad Óptima (%)**
Suelo Natural	1.787	8.65 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	1.878	8.77 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	1.981	9.65 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	1.892	9.87 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 27.

Resultados - Proctor Modificado de la C-03



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 23 y figura 27, se aprecia los resultados del ensayo de Proctor Modificado de la Calicata-03. Para el caso de suelo natural, se registró una máxima densidad seca (MDS) de 1.787gr/cm3 y un óptimo contenido de humedad (OCH) de 8.65 %. Al agregar un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtiene un MDS=1.878gr/cm3 y OCH=8.77 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron MDS=1.981gr/cm3 y OCH=9.65 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de MDS=1.892gr/cm3 y OCH=9.87 %.

- **Interpretación Final**

Tabla 24.

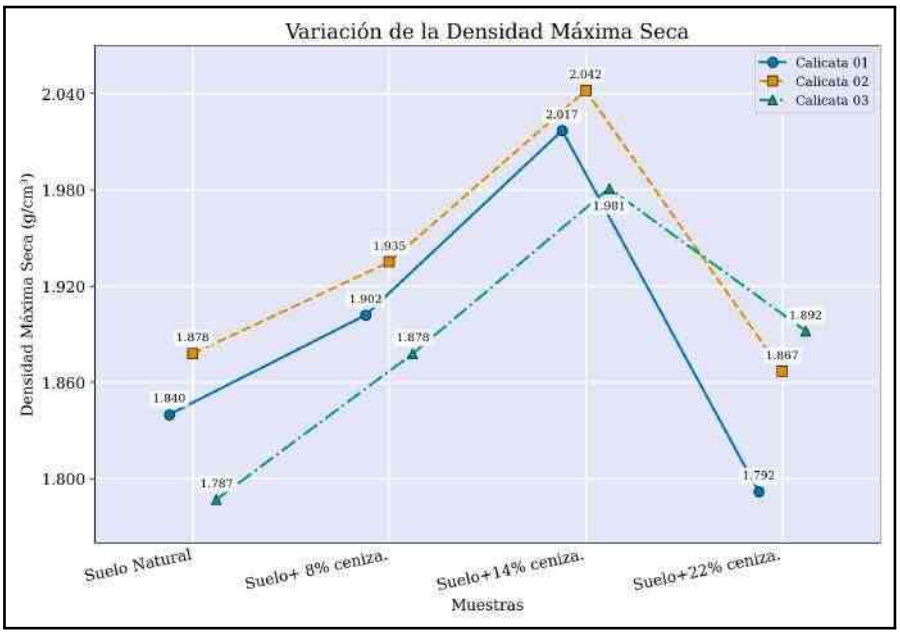
Resumen de ensayo - Proctor Modificado de la C_1, C_2 y C_3

RESUMEN DE ENSAYO PROCTOR MODIFICADO					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.840	1.902	**2.017**	1.792
	Humedad óptima (%)	9.02 %	9.75 %	9.50 %	12.10 %
C-02	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.878	1.935	**2.042**	1.867
	Humedad óptima (%)	8.40 %	9.50 %	10.30 %	9.52 %
C-03	Densidad Máxima Seca (g/cm3)	1.787	1.878	**1.981**	1.892
	Humedad óptima (%)	8.65 %	8.77 %	9.65 %	9.87 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28.

Resultados de variación de Densidad Máxima Seca



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el ensayo Proctor Modificado muestran que al incorporar de cenizas de eucalipto produce una variación representativa en la densidad seca máxima del suelo arcilloso analizado.

Se observa que al adicionar un contenido del 14 % de cenizas de eucalipto, las muestras correspondientes a las diferentes calicatas alcanzan los resultados más óptimos de densidad seca en comparación con las demás proporciones evaluadas.

4.1.8. Ensayo de CBR

4.1.8.1. Objetivo

El objetivo del ensayo C.B.R (California Bearing Ratio) es determinar la capacidad de soporte del suelo utilizado en subrasantes, subbases y bases de pavimentos. Es una prueba fundamental para:

4.1.8.2. Norma de Referencia

- A.S.T.M D1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.
- AASHTO T193.

4.1.8.3. Equipos y Materiales

- Máquina para penetración CBR con velocidad fija de 1.27 mm/min (0.05 in/min).
- Molde C.B.R (152 mm de diámetro y 178 mm de altura).
- Collarín de extensión y base perforada.
- Pesas/masas para simular la sobre carga (2.27 kg y 4.54 kg).
- Pistón de penetración estándar (50 mm de diámetro).
- Compactador manual o mecánico (según ASTM D1557).
- Pisón metálico de 4.54 kg y altura de caída 457 mm (si se usa compactación Proctor Modificado).
- Horno de secado (110 ± 5 °C).
- Tanque o bandeja para curado por inmersión de 96 horas (opcional según diseño).
- Balanza con precisión de 1 g.
- Regla, espátula y herramientas de compactación.
- Discos espaciadores y papel filtro.
- tamices de 3/4, y N° 4 y agua destilada.

4.1.8.4. Procedimiento del Ensayo

Preparación de la muestra

- Seleccionar el suelo que pasa la tamiz (malla) N.º 3/4" (19 mm).
- Determinar la humedad adecuada para compactación (Humedad Óptima – HO).
- Compactamos cada muestra en cinco capas iguales en los tres (03) moldes CBR, utilizando 12, 25 y 56 golpes por capa en el primer, segundo y tercer moldes cilíndricos, respectivamente.
- Nivelar la superficie y poner un disco de carga y papel filtro.
- Pesar el molde correspondiente con el suelo compactado.

Ensayo con inmersión

- Colocar el molde cilíndrico compactado en un tanque o pozo con agua por un periodo 96 horas (04 días).
- Medir diariamente la expansión si se requiere.
- Luego del curado por inmersión, retirar y drenar el molde.
- Aplicar las masas de sobrecarga.
- Colocar el molde cilíndrico en la máquina CBR.
- Realizar la penetración del pistón a 1.27 mm/min.
- Anotar continuamente la carga aplicada contra la profundidad de penetración.

4.1.8.5. Resultados del ensayo

Los valores de los siguientes ensayo de CBR son las siguiente:

- **Resultado de la Calicata N° 01**

Tabla 25.

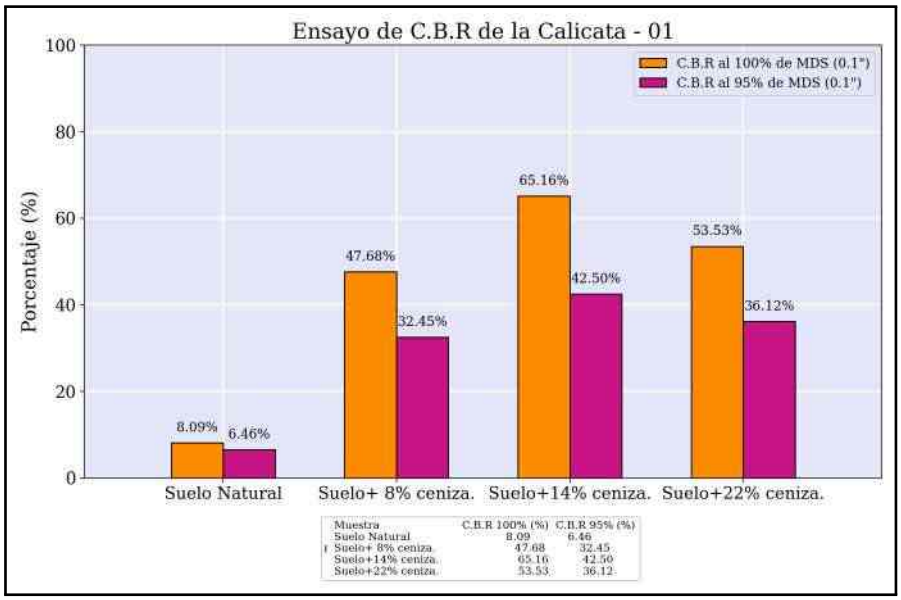
Ensayo de CBR de la C-01.

ENSAYO CBR C-01		
Muestra de C-01	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	8,09 %	6,46 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	47,68 %	32,45 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	65,16 %	42,50 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	53,53 %	36,12 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-01



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 25 y figura 29, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-01. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 6.46 % estando en una clasificación de subrasante Insuficiente y al 100 % el CBR fue de 8.09 % siendo una subrasante Regular. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un

CBR al 95 % de 32.45 %, y CBR al 100 % de 47.68 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 42.50 %, y CBR al 100 % de 65.16 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 36,12 %, y CBR al 100 % de 53.53 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Resultado de la Calicata N° 02**

Tabla 26.

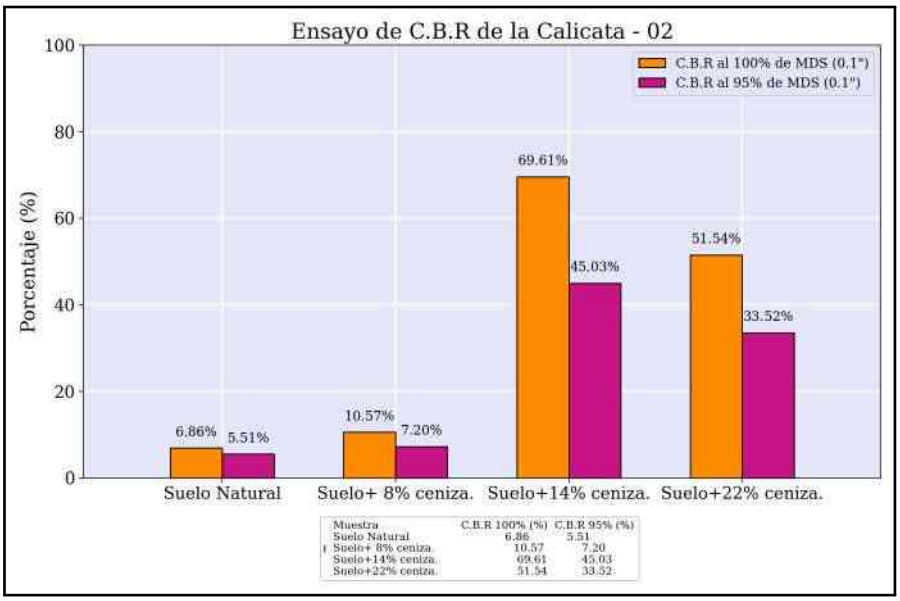
Ensayo de CBR de la C-02.

ENSAYO CBR C-02		
Muestra de C-02	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	6.86 %	5.51 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	10.57 %	7.20 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	69.61 %	45.03 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	51.54 %	33.52 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 30.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-02



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 26 y figura 30, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-02. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 5.51 % estando en una clasificación de subrasante Insuficiente y al 100 % el CBR fue de 6.86 % siendo una subrasante Regular. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 7.20 %, y CBR al 100 % de 10.57 %. Con un 14 % de Ceniza de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 45.03 %, y CBR al 100 % de 69.61 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 33.52 %, y CBR al 100 % de 51.54 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Resultado de la Calicata N° 03**

Tabla 27.

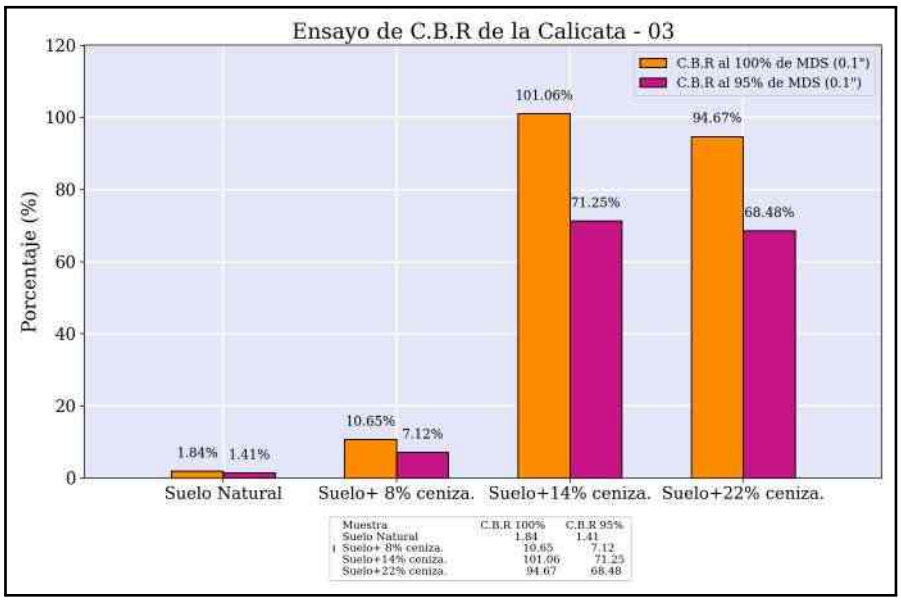
Ensayo de CBR de la C-03.

ENSAYO CBR C-03		
Muestra de C-03	**C.B.R al 100 % de MDS (0.1")**	**C.B.R al 95 % de MDS (0.1")**
Suelo natural	1.84 %	1.41 %
Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto	10.65 %	7.12 %
Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto	101.06 %	71.25 %
Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto	94.67 %	68.48 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 31.

Resultados del ensayo C.B.R de la C-03



Fuente: Elaboración propia.

Según tabla 27 y figura 31, muestra los resultados del ensayo de CBR de la Calicata-03. Para el suelo natural, se registró CBR al 95 % de 1.41 % estando en una clasificación de subrasante Pobre y al 100 % el CBR fue de 1.84 % siendo una subrasante Pobre. Al añadir un 8 % de Ceniza de eucalipto, se obtuvo un CBR al 95 % de 7.12 %, y CBR al 100 % de 10.65 %. Con un 14 % de Ceniza

de eucalipto, los resultados fueron CBR al 95 % de 71.25 %, y CBR al 100 % de 101.06 %. Finalmente, al incorporar un 22 % de Ceniza de eucalipto, se alcanzaron los valores de CBR al 95 % de 68.48 %, y CBR al 100 % de 94.67 %.

Se observa que al añadir ceniza de eucalipto al 14 %, se alcanzó un CBR máximo y una rasante buena.

- **Interpretación Final**

Tabla 28.

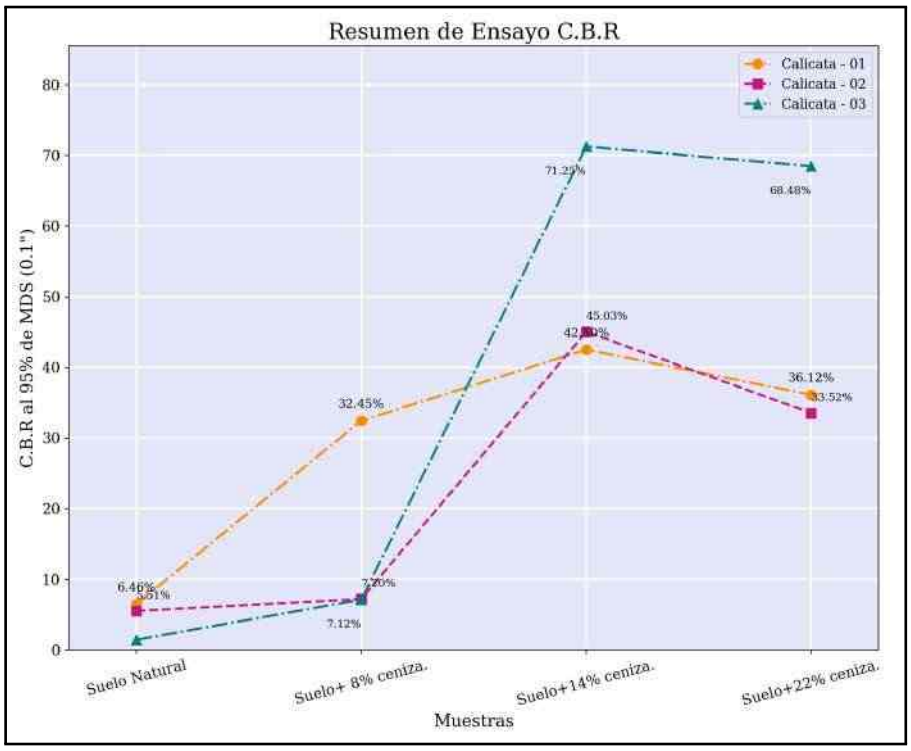
Resumen de Ensayo de CBR de la C-01,C-02 y C-03.

RESUMEN DE ENSAYO DE CBR					
MUESTRA	**TIPO**	**Suelo natural**	**Suelo + 8 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 14 % Ceniza de eucalipto**	**Suelo + 22 % Ceniza de eucalipto**
C-01	CBR al 100 %	8,09 %	47,68 %	65,16 %	53,53 %
	CBR al 95 %	6,46 %	32,45 %	42,50 %	36,12 %
C-02	CBR al 100 %	6,86 %	10,57 %	69,61 %	51,54 %
	CBR al 95 %	5,51 %	7,20 %	45,03 %	33,52 %
C-03	CBR al 100 %	1,84 %	10,65 %	101,06 %	94,67 %
	CBR al 95 %	1,41 %	7,12 %	71,25 %	68,48 %

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32.

Resumen de ensayo de CBR al 95



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados obtenidos en el Ensayo CBR para las muestras de suelo natural y las mezclas estabilizadas con diferentes porcentajes de ceniza de eucalipto muestran un comportamiento favorable.

La adición del 14 % de ceniza de eucalipto constituye la dosificación óptima, ya que proporciona los mayores valores de CBR en todas las calicatas

4.2. Prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis fue contrastada mediante el análisis de varianza (ANOVA), considerando un nivel de significancia del 5 %. Los cuales permite evaluar la influencia de ceniza de eucalipto como un material estabilizante en los suelos expansivos. Para ellos, se hicieron los análisis de datos en software Jupyter notebook.

- **Prueba de normalidad**

  Para el presente estudio se utilizo la normalidad de Shapiro-Wilk con la finalidad de determinar si los datos siguen una distribución normal.

  Hipótesis:

  - Ha (hipótesis alternativa): Los datos no presentan una distribución normal.
  - Ho (hipótesis nula): Los datos si presentan una distribución normal.

  Nivel de significancia (α):

  Valor p: Es el resultado de la prueba

  - p $>$ α (0,05) $\rightarrow$ Se acepta la hipótesis nula, cuando los datos sí presentan una distribución normal.
  - Si p $\leq$ α (0,05) $\rightarrow$ Se rechaza la hipótesis nula, cuando los datos no presentan una distribución normal

4.2.1. Hipótesis especifica 01

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto si influye significativamente en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no influye significativamente en los limites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024.

b) Prueba de Normalidad

Para siguientes tamaño de muestras pequeños como (n = 3), específicamente cuando ($n \leq 50$) se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Esta prueba es recomendada para muestras pequeñas.

Tabla 29.

Valores de Índice de plasticidad

Porcentaje de Ceniza	Índice de Plasticidad		
	C1	**C2**	**C3**
SN	10.75 %	21.44 %	21.12 %
SN + 8 % C. de eucalipto	8.28 %	13.29 %	17.01 %
SN + 14 % C. de eucalipto	7.63 %	11.03 %	13.17 %
SN + 22 % C. de eucalipto	5.31 %	6.64 %	5.96 %

Fuente: Elaboración propia

Resultados del supuesto de normalidad de plasticidad en el suelo:

Valor p:

- p > α (0,05) → Se acepta la hipótesis nula, cuando los datos sí presentan una distribución normal.
- Si p ≤ α (0,05) → Se rechaza la hipótesis nula, cuando los datos no presentan una distribución normal

Tabla 30.

Análisis de normalidad para índice plástico

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico W	**gl**	**P-Valor**
Suelo Natural	0.7724	3	0.0503
Suelo + 8 % C. de eucalipto	0.9928	3	0.8375
Suelo + 14 % C. de eucalipto	0.9830	3	0.7506
Suelo + 22 % C. de eucalipto	0.9998	3	0.9751

Fuente: Elaboración propia

- **Decisión:**

  Mediante el análisis de normalidad de Shapiro-Wilk se evaluó los resultados obtenidos en las calicatas 1, 2 y 3 correspondientes al suelo

estabilizado con ceniza de eucalipto. Los valores p obtenidos fueron mayores a 0.05, lo cual indica que se acepta la hipótesis nula, confirmándose que los datos del índice plástico presentan una distribución normal, lo que permite aplicar pruebas estadísticas paramétricas.

c) Prueba de ANOVA

A partir de análisis de normalidad de Shapiro-Wilk, se ha realizado la prueba ANOVA, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 31.

Prueba de ANOVA para índice de plasticidad

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor P
Tratamientos	216.5084	3	72.1694	4.4808	0.0399
Error	128.8506	8	16.1063		
Total	345.3590	11			

Fuente: Elaboración propia - Procesamiento en Jupyter Notebook.

Hipótesis:

- Ho (hipótesis nula): no existen diferencias significativas entre los tratamientos
- Ha (hipótesis alternativa): existe al menos una diferencia significativa

- **Decisión:** Mediante el análisis de ANOVA, se obtuvo el valor P menor a 0.05 (p <0.05); por consiguiente se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que la incorporación de ceniza de eucalipto genera diferencias estadísticamente significativas en el índice plástico del suelo.

d) Prueba Tukey HSD

Se realizó la prueba Post-Hoc de Tukey para las comparaciones múltiples entre varias muestras para confirmar que que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tabla 32.

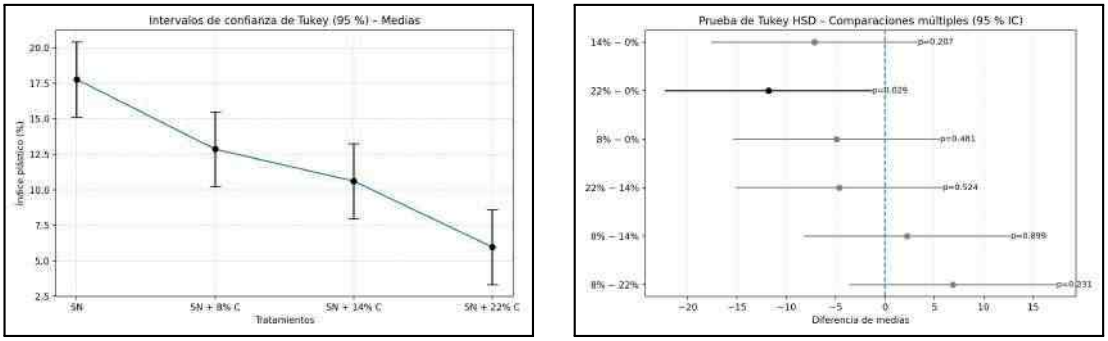
Prueba de Tukey comparaciones múltiples para índice de plasticidad.

MDS (I)	MDS (J)	Diferencia de medias (IJ)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
0 %	8 %	4.9100	3.2768	0.172	-2.646	12.466
0 %	14 %	7.1600	3.2768	0.060	-0.396	14.716
0 %	22 %	11.8000	3.2768	0.007	4.244	19.356
8 %	0 %	-4.9100	3.2768	0.172	-12.466	2.646
8 %	14 %	2.2500	3.2768	0.512	-5.306	9.806
8 %	22 %	6.8900	3.2768	0.069	-0.666	14.446
14 %	0 %	-7.1600	3.2768	0.060	-14.716	0.396
14 %	8 %	-2.2500	3.2768	0.512	-9.806	5.306
14 %	22 %	4.6400	3.2768	0.195	-2.916	12.196
22 %	0 %	-11.8000	3.2768	0.007	-19.356	-4.244
22 %	8 %	-6.8900	3.2768	0.069	-14.446	0.666
22 %	14 %	-4.6400	3.2768	0.195	-12.196	2.916

Fuente: Elaboración propia - Procesamiento en Jupyter Notebook.

Figura 33.

Resultados de la prueba de Tukey para índice de plasticidad



(a) Intervalos de confianza de Tukey (95 %) **(b)** Comparaciones múltiples Tukey HSD

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey evidencia que solo el tratamiento con 22 % de ceniza de eucalipto presenta una reducción estadísticamente significativa del índice plástico respecto al suelo natural, mientras que los tratamientos con 8 % y 14 % no muestran diferencias significativas entre sí.

Los resultados estadísticos indican que el índice plástico del suelo disminuye progresivamente al incorporar el porcentaje de ceniza de eucalipto. El análisis ANOVA confirma que hay direfencias estadísticamente significativas entre las muestras ($p < 0.05$), y la prueba de Tukey identifica que el 22 % de ceniza de eucalipto es el porcentaje más efectivo para reducir el índice plástico del suelo, mejorando sus características de plasticidad.

4.2.2. Hipótesis especifica 02

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto si influye Significativamente en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no influye Significativamente en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

b) Prueba de Normalidad

Para siguientes tamaño de muestras pequeños como ($n = 3$), específicamente cuando ($n \leq 50$) se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Esta prueba es recomendada para muestras pequeñas.

Tabla 33.

Valores de Máxima densidad seca

Porcentaje de Ceniza	Máxima densidad seca (g/cm3) C1	C2	C3	MDS Promedio
SN	1.840	1.878	1.787	**1.835**
SN + 8 % C. de eucalipto	1.902	1.935	1.878	**1.905**
SN + 14 % C. de eucalipto	2.017	2.042	1.981	**2.013**
SN + 22 % C. de eucalipto	1.792	1.867	1.892	**1.850**

Fuente: Elaboración propia

Resultados del supuesto de normalidad de DMS:

Valor p:

- p > α (0,05) → Se acepta la hipótesis nula, cuando los datos sí presentan una distribución normal.
- Si p ≤ α (0,05) → Se rechaza la hipótesis nula, cuando los datos no presentan una distribución normal

Tabla 34.

Prueba de normalidad para la máxima densidad seca

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico W	gl	P-Valor
Suelo Natural	0.9910	3	0.8188
Suelo + 8 % C. de eucalipto	0.9918	3	0.8264
Suelo + 14 % C. de eucalipto	0.9893	3	0.8019
Suelo + 22 % C. de eucalipto	0.9231	3	0.4633

Fuente: Elaboración propia

- **Decisión:**

  Mediante el análisis de normalidad de Shapiro-Wilk se evaluó los resultados obtenidos de muestras. Los valores p obtenidos fueron mayores a

0.05 en todos los casos, lo que indica que se acepta la hipótesis nula de normalidad. Por consiguiente, se concluye que los datos presentan una distribución normal, lo que permite la aplicación de métodos estadísticos paramétricos.

c) Prueba de ANOVA

A partir de análisis de normalidad de Shapiro-Wilk, se ha realizado la prueba ANOVA, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 35.

Prueba de ANOVA para la Densidad Máxima Seca

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor P
Tratamientos	0.0587	3	0.0196	11.9316	0.0025
Error	0.0131	8	0.0016		
Total	0.0718	11			

Fuente: Elaboración propia - Procesamiento en Jupyter Notebook.

- **Decisión:** Mediante el análisis de ANOVA, se obtuvo el valor P menor a 0.05 ($p < 0.05$); por consiguiente se rechaza hipótesis nula. Esto indica que la adición de ceniza de eucalipto influye significativamente en el comportamiento de compactación del suelo, destacándose el tratamiento con 14 % de ceniza como el que presenta los mayores valores de densidad máxima.

d) Prueba Tukey HSD

Se realizó la prueba Post-Hoc de Tukey para las comparaciones múltiples entre varias muestras para confirmar que que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tabla 36.

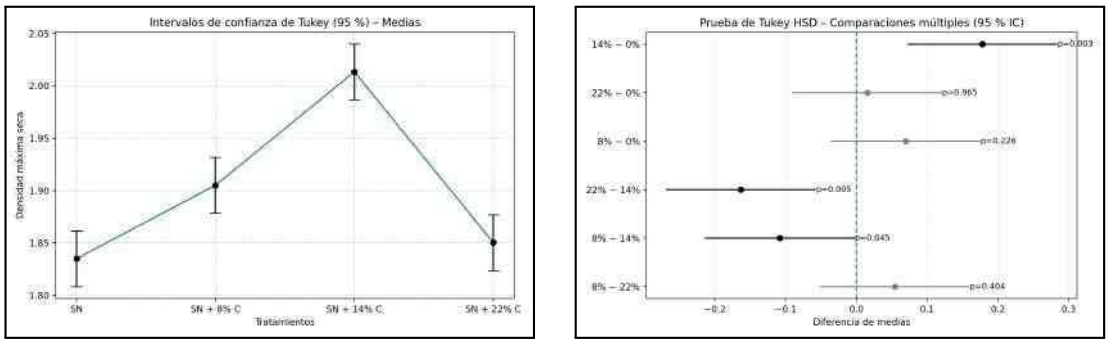
Prueba de Tukey comparaciones múltiples para máxima densidad seca.

MDS (I)	MDS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estandar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
0 %	8 %	-0.0700	0.0331	0.067	-0.146	0.006
0 %	14 %	-0.1783	0.0331	0.001	-0.255	-0.102
0 %	22 %	-0.0153	0.0331	0.655	-0.092	0.061
8 %	0 %	0.0700	0.0331	0.067	-0.006	0.146
8 %	14 %	-0.1083	0.0331	0.011	-0.185	-0.032
8 %	22 %	0.0547	0.0331	0.137	-0.022	0.131
14 %	0 %	0.1783	0.0331	0.001	0.102	0.255
14 %	8 %	0.1083	0.0331	0.011	0.032	0.185
14 %	22 %	0.1630	0.0331	0.001	0.087	0.239
22 %	0 %	0.0153	0.0331	0.655	-0.061	0.092
22 %	8 %	-0.0547	0.0331	0.137	-0.131	0.022
22 %	14 %	-0.1630	0.0331	0.001	-0.239	-0.087

Fuente: Elaboración propia - Procesamiento en Jupyter Notebook.

Figura 34.

Resultados de la prueba de Tukey para la densidad máxima seca



(a) Intervalos de confianza de Tukey (95 %) **(b)** Comparaciones múltiples Tukey HSD

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey ($\alpha = 0{,}05$) mostró que al incorporar 14 % de ceniza de eucalipto genera un incremento estadísticamente significativo en la densidad máxima seca en comparación con el suelo natural y con los porcentajes de 8 % y 22 %. En cambio, los tratamientos con 8 % y el suelo con 22 % de ceniza no evidencian diferencias significativas.

El resultado de análisis ANOVA confirma que hay direfencias estadísticamente significativas entre las muestras (p <0.05), y los resultados del análisis de comparaciones múltiples indican que el contenido de 14 % de ceniza de eucalipto presenta diferencias estadísticamente significativas (p <0.05) respecto al suelo natural.

4.2.3. Hipótesis especifica 03

a) Hipótesis estadística:

Hipótesis alterna (H1): El uso de cenizas de eucalipto si influye significativamente en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

Hipótesis nula (H0): El uso de cenizas de eucalipto no influye significativamente en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos

expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica - 2024

b) Prueba de Normalidad

Para siguientes tamaño de muestras pequeños como (n = 3), específicamente cuando ($n \leq 50$) se utiliza la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk. Esta prueba es recomendada para muestras pequeñas.

Tabla 37.

Valores de CBR al 95 % de las muestras

Porcentaje de Ceniza	C.B.R al 95 % de la MDS			CBR Promedio
	C1	C2	C3	
SN	6.46	5.51	1.41	**4.46**
SN + 8 % C. de eucalipto	32.45	7.20	7.12	**15.59**
SN + 14 % C. de eucalipto	42.50	45.03	71.25	**52.93**
SN + 22 % C. de eucalipto	36.12	33.52	68.48	**46.04**

Fuente: Elaboración propia

Resultados del supuesto de normalidad de CBR:

Valor p:

- p > α (0,05) → Se acepta la hipótesis nula, cuando los datos sí presentan una distribución normal.
- Si p ≤ α (0,05) → Se rechaza la hipótesis nula, cuando los datos no presentan una distribución normal

- **Decisión:** Mediante el análisis de normalidad de Shapiro-Wilk, los valores correspondientes a las calicatas 1, 2 y 3 presentan una distribución normal en los datos de CBR, ya que los valores p obtenidos fueron mayores a 0.05. Por lo tanto, se acepta la hipótesis nula de normalidad, lo que permite el uso de métodos estadísticos paramétricos para el posterior análisis.

Tabla 38.

Prueba de normalidad para CBR

Tratamiento	Shapiro-Wilk		
	Estadístico W	gl	P-Valor
Suelo Natural	0.8852	3	0.3398
Suelo + 8 % C. de eucalipto	0.7524	3	0.0052
Suelo + 14 % C. de eucalipto	0.8154	3	0.1519
Suelo + 22 % C. de eucalipto	0.8054	3	0.1276

Fuente: Elaboración propia

c) Prueba de ANOVA

A partir de análisis de normalidad de Shapiro-Wilk, se ha realizado la prueba ANOVA, obteniéndose los siguientes resultados:

Tabla 39.

Prueba de ANOVA para Valores de CBR al 95 %

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor P
Tratamientos	4927.8348	3	1642.6116	7.7012	0.0095
Error	1706.3252	8	213.2906		
Total	6634.1600	11			

Fuente: Elaboración propia - Procesamiento en Jupyter Notebook.

- **Decisión:**

  Mediante el análisis de ANOVA, se obtuvo el valor P menor a 0.05 ($p < 0.05$); por consiguiente se rechaza hipótesis nula, indicando que el contenido de ceniza de eucalipto influye significativamente en el valor del CBR al 95 %.

  Por lo tanto, podemos indicar que la ceniza de eucalipto aporta significativamente en el valor de soporte.

d) Prueba Tukey HSD

Se realizó la prueba Post-Hoc de Tukey para las comparaciones múltiples entre varias muestras para confirmar que que existen diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Tabla 40.

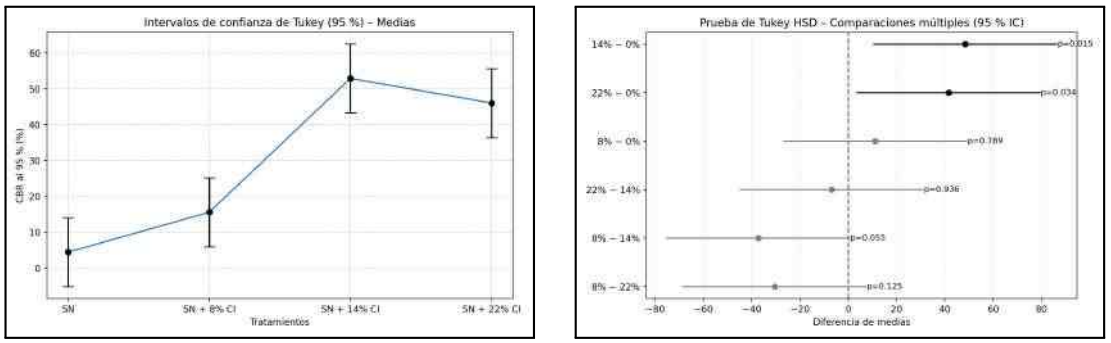
Prueba de Tukey comparaciones múltiples para CBR al 95 %.

MDS (I)	MDS (J)	Diferencia de medias (I-J)	Error estandar	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
0 %	8 %	-11.1300	11.9245	0.378	-38.628	16.368
0 %	14 %	-48.4667	11.9245	0.004	-75.965	-20.969
0 %	22 %	-41.5800	11.9245	0.008	-69.078	-14.082
8 %	0 %	11.1300	11.9245	0.378	-16.368	38.628
8 %	14 %	-37.3367	11.9245	0.014	-64.835	-9.839
8 %	22 %	-30.4500	11.9245	0.034	-57.948	-2.952
14 %	0 %	48.4667	11.9245	0.004	20.969	75.965
14 %	8 %	37.3367	11.9245	0.014	9.839	64.835
14 %	22 %	6.8867	11.9245	0.579	-20.611	34.385
22 %	0 %	41.5800	11.9245	0.008	14.082	69.078
22 %	8 %	30.4500	11.9245	0.034	2.952	57.948
22 %	14 %	-6.8867	11.9245	0.579	-34.385	20.611

Fuente: Elaboración propia - Procesamiento en Jupyter Notebook.

Figura 35.

Resultados de la prueba de Tukey para CBR al 95 %



(a) Intervalos de confianza de Tukey (95 %) **(b)** Comparaciones múltiples Tukey HSD

Fuente: Elaboración propia.

La prueba de Tukey HSD evidenció que el tratamiento con 14 % de ceniza de eucalipto presenta diferencias estadísticamente significativas en relación con el suelo natural y que contiene un 8 % de ceniza, mostrando los mayores valores de CBR.

El resultado de análisis ANOVA confirma que hay direfencias estadísticamente significativas entre las muestras ($p < 0.05$). Posteriormente, la prueba de Tukey HSD permitió identificar que el tratamiento con 14 % de ceniza de eucalipto presenta diferencias significativas respecto al suelo natural y al tratamiento con 8 %, evidenciando un incremento significativo del CBR.

4.3. Discusión de los resultados

Limites de consistencia

Los resultados de la investigación establecieron que el empleo de ceniza de eucalipto en proporciones del 8 %, 14 % y 22 % influye en los limites de consistencia para estabilizar suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui- Corral pampa Huancavelica. En donde los resultados de Indice plástico disminuye favorablemente con la adición de ceniza, obteniendo valores de IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 %. En comparación con lo que concluye M. Quispe (2024), fue inferior en términos de resultados, los cuales emplearon una adición del 4 %, 8 % y 12 % llegando a valores de MDS de IP=18.76 %, IP=14.97 %, IP=11.18 % y IP=6.28 %, obteniendo el valor mas bajo 6.28 % para un 12 % de ceniza de eucalipto.

Máxima densidad seca (MDS)

Los resultados de la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del uso de ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 % sobre la máxima densidad seca (MDS) y el contenido óptimo de humedad, en el proceso de estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica.

Los resultados obtenidos evidencian que la máxima densidad seca incrementa de manera significativa con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para el suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3. Al adicionar 8 % de ceniza de eucalipto, la MDS aumentó a 1.905 g/cm^3, mientras que con una dosificación de 14 %, se registró el valor más alto, MDS = 2.013 g/cm^3. Finalmente, al incorporar 22 % de ceniza de eucalipto, la MDS presentó una ligera disminución, alcanzando un valor de 1.850 g/cm^3. Al comparar estos resultados fue inferior en cuanto a lo que concluye Gonzales (2018), los cuales emplearon una adición del 0 %, 6 %, 16 % y 26 % llegando a valores de MDS de 2.081gr/cm3, 2.106gr/cm3, 2.110gr/cm3 y 2.112gr/cm3, teniendo como máximo valor la adición del 26 %.

Capacidad de soporte (CBR)

Los resultados de la investigación tuvo como finalidad determinar la influencia del uso de ceniza de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 % en la capacidad de soporte (CBR), para la estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica.

Los resultados de CBR al 95 % obtenido fue de 4.46 %, 15.59 %, 52.93 % y 46.04 % con la incorporación de cenizas de eucalipto en 0 %, 8 %, 14 % y 22 % respectivamente los cuales fueron inferiores con respecto a lo que concluyo Gonzales (2018), obteniendo. para los contenidos de ceniza 0 %, 6 %, 16 % y 26 %, el CBR fue del 33.10 %, 63.80 %, 52.70 % y 64.20 % ; el mayor valor de la CBR de 64.20 % que alcanzo con un 26 % ceniza.

Conclusiones

- El uso de cenizas de eucalipto en proporciones de 8 %, 14 % y 22 %. en suelos expansivos produce una modificación significativa en el límite de consistencia. El suelo natural evidenció alta plasticidad, con (I_P) de 17.77 %, el cual disminuyó en IP=12.86 %, IP=10.61 % y IP=5.97 %. evidenciándose una reducción en el límite líquido (L_L) y el índice de plasticidad (I_P), así como una ligera variación en el límite plástico (L_P). Esto indica una mejor estabilidad del suelo, disminuyendo su potencial expansivo y contracción, lo cual es óptimo para su utilización como subrasante.

- La incorporación de cenizas de eucalipto tiene influencia directamente en las propiedades de compactación del suelo, observándose la máxima densidad seca (MDS) aumentó significativamente con la incorporación de ceniza de eucalipto, alcanzando para la muestra de suelo natural un valor de MDS = 1.835 g/cm^3 y al agregar en 8 %, 14 % y 22 % aumento en MDS = 1.905 g/cm^3, MDS = 2.013 g/cm^3 y MDS = 1.850 g/cm^3. Lo cual mejora la trabajabilidad del suelo y contribuye a una mejor compactación en campo.

- La utilización de cenizas de eucalipto optimiza la capacidad de soporte del suelo, reflejado en un aumento significativo del valor de C.B.R al 95 % del suelo natural fue de 4.46 %, clasificándose como subrasante pobre; sin embargo, al adicionar ceniza de eucalipto, la resistencia se incrementó notablemente, alcanzando valores de CBR de 15.59 %, 52.93 % y 46.04 %. Esto demuestra que la ceniza funciona como un material estabilizante, optimizando la resistencia mecánica del suelo, lo cual es fundamental para el diseño y desempeño de la subrasante. Con la dosificación de 14 % de ceniza de eucalipto se obtuvo el mayor valor de CBR (52.93 %), lo que manifiesta una mejora óptima en la resistencia del suelo.

Recomendaciones

- En la construcción de carreteras, el suelo a nivel subrasante debe ajustarse con los parámetros mecánicos indicados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (M.T.C), tales como valores mínimos de C.B.R, densidad seca máxima (Proctor Modificado) y rangos adecuados de límites de consistencia (LL, LP e IP). En caso de presentar valores inferiores a los requeridos, se recomienda aplicar mecanismos de estabilización de suelos, como la incorporación de cenizas de eucalipto, con la finalidad de mejorar su capacidad portante y disminuir su plasticidad.

- Para la correcta estabilización, es indispensable trabajar el suelo a su contenido de humedad óptimo, determinado mediante el ensayo Proctor Modificado. Esto permitirá alcanzar la máxima densidad seca y asegurar una apropiada interacción entre la ceniza y el suelo, optimizando así el comportamiento mecánico del material.

- Es importante continuar con estudios experimentales que analicen la influencia de la ceniza proveniente de eucalipto en distintas clasificaciones de suelos (especialmente suelos finos como A-6 y A-7), evaluando su comportamiento en términos del grado de compactación (Proctor Modificado), resistencia (CBR) y variaciones en los límites de consistencia.

Referencias

Aguilar, H. O., y Bravo, J. C. (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 grado). Universidad Andina del Cusco.

Arias, J. L., y Covinos, M. (2021). Diseño y metodología de la investigación. *Enfoques Consulting EIRL*, *1*(1), 66–78.

Bastidas Martinez, J. G. D., y Quintana Cabeza, C. D. (2018). Título: Estabilizacion de un suelo con cal y ceniza volante autor (es): Parra gomez, manuel gerardo.

Borja, M. (2016). *Metodología de la investigación científica*. Ciudad: Editorial.

Braja, M. D. (2012). *Fundamentos de ingeniería de cimentaciones* (7ma ed.). Cengage Learning México DF. Descargado de https://aportesingecivil.com/libro-fundamentos-de-ingenieria-de-cimentaciones/

Braja, M. D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4.ª ed.). México D.F.: Cengage Learning.

Cañar, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Ecuador.

Chacón, J., Irigaray, C., Hamdouni, R., y Lamas, F. (2004). *Mecánica de suelos y rocas: Prácticas y ensayos*.

Chirinos, E., Rodriguez, E., y Muñoz, S. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el cbr con fines de pavimentación: Una revisión literaria. *Suelos Ecuatoriales*, *51*(1), 72–92.

Delgado, C. A., y Mormontoy, V. D. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos con adición de ceniza de mazorca de maíz y cal* (Tesis de grado). Universidad Andina del Cusco.

Gonzales, F. M. (2018). *Análisis experimental de suelos estabilizados con ceniza volante, cemento y cal para subrasante mejorada de pavimentos en la ciudad de puno* (Tesis de grado). Universidad Nacional Néstor Cáceres velásquez, Puno-Perú.

Jara, A. (2024). Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera (aserrín). *Su Comportamiento Mecánico–Deformacional Para El Mejoramiento De La Subrasante, De Las Vías De La Urbanización Las Gardenias De La Ciudad De Juliaca. Puno-Perú: Universidad Nacional Del Altiplano*.

Jurado, C. A. (s.f.). Dimensiones de la estabilización de suelos.

Labajos, O. G., y Núñez, J. H. S. (2020). Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*. Descargado de https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/589 doi: 10.25127/ucni.v3i1.589

Laos, C. G. (2022). *Efectos de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, huánuco 2022* (Tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Maldonado Pomasoncco, G. (2023). *Cenizas de eucalipto (eucalyptus globullus labill) con tratamiento térmico, modificado en medio alcalino para la remoción de niquel y cadmio en soluciones ideales* (Tesis de grado, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, Perú). Descargado de https://repositorio.unsch.edu.pe/home

Mallqui, J. E. (2021). *Aplicación de las cenizas de madera producto de las ladrilleras artesanales en el compactado de zanjas en el distrito de pillcomarca–huánuco 2021* (Tesis de grado). Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Morales, D. (2015). *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas* (Tesis de grado). Universidad de Medellín, Colombia.

MTC. (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. *Lima.: MTC*.

MTC. (2016). Manual de ensayo de materiales.
(R.D. N° 18-2016-MTC/14, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima, Perú)

Quinto, O., y Ortiz, F. (2019). *Influencia de las características geotécnicas en el diseño de cimentaciones en el sector San Gerónimo - Huancavelica* (Tesis de grado, Universidad Nacional de Huancavelica, Perú). Descargado de https://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/3200

Quispe, M. (2024). *Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida tasa de la ciudad de juliaca provincia de san román región puno* (Tesis de grado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Perú). Descargado de https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/3458

Quispe, V., y Romero, G. (2023). *Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera colcabamba* (Tesis de grado). Universidad Nacional de Huancavelica.

Romero Ferrer, V. M., y Solar Zegarra, H. R. (2020). Influencia del porcentaje de ceniza de cáscaras de arroz y residuos de conchas de abanico sobre el índice de cbr en la estabilización de un suelo arcilloso, en el distrito de san pedro de lloc.

Salinas, J. E., y Villao, R. A. (2019). *Estudio comparativo de estabilización de suelos de subrasante suelos expansivos, utilizando cal, sal y geoceldas, para implementación en una nueva vía en la comuna bajadita de colonche de la parroquia colonche.* (Tesis de grado). La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Valenzuela, A., Hinostroza, H., Hinostroza, V., Ayuque, N., Aliaga, A., Lazo, C., y Carhuallanqui, B. (2025). Sustainable stabilization of clayey soils: The influence of recycled rubber and eucalyptus ash. *Civil Engineering and Architecture*, *13*(4). doi: 10.13189/cea.2025.130419

Villanueva, C. D. (2023). Evaluación de la ceniza de carbón como aditivo estabilizador en suelos arcillosos con fines de pavimentación.

ANEXOS

A.1. Matriz de consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Región Huancavelica - 2024"

PROBLEMA	OBJETIVOS	MARCO TEÓRICO	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? **Problemas específicos** 1. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en los límites de consistencia para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui -Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? 2. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024? 3. ¿Cuál será la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la relación de la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024?	**Objetivo general** Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. **Objetivos específicos** 1. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en las propiedades físicas para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 2. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 3. Determinar la influencia del uso de cenizas de Eucalipto en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica - 2024.	**Antecedentes** A. **Internacional** Universidad Técnica de Ambato – Ecuador - (2017): Cañar Tiviano, "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón". B. **Nacional** Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez - (2024): Quispe Melany, "Estabilización de la subrasante en suelos arcillosos empleando cenizas de eucalipto en la avenida Tasa de la ciudad de Juliaca provincia de San Román región Puno". C. **Local** Universidad Nacional de Huancavelica - (2023): Quispe y Romero, "Mejoramiento del suelo mediante la estabilización de base, usando aditivo megasoil y cemento en la carretera Colcabamba". **Marco Teórico Referencial** ▪ Estabilización de suelos ▪ Granulometría ▪ Límite Consistencia ▪ Proctor modificado ▪ CBR	**Hipótesis general** El uso de cenizas de Eucalipto influye favorablemente para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. **Hipótesis específicas:** 1. El uso de cenizas de eucalipto influye favorablemente en las propiedades fisicas para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 2. El uso de cenizas de Eucalipto influye favorablemente en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024. 3. El de cenizas de Eucalipto influye favorablemente en la capacidad soporte (CBR) para la estabilización de suelos expansivos a nivel subrasante en la carretera Quiralquichqui Corral Pampa, región Huancavelica – 2024.	**Identificación de Variables:** **a. Variable Independiente:** Cenizas de Eucalipto **Dimensiones:** 1. Dosificación de ceniza de eucalipto. ▪ Incorporación de 8 % de cenizas. ▪ Incorporación de 14 % de cenizas. ▪ Incorporación de 22 % de cenizas. **b. Variable dependiente:** Estabilización de suelos expansivos **Dimensiones:** ▪ Propiedades Físicas. ▪ Máxima densidad seca. ▪ Capacidad portante de suelo (CBR).	**Tipo:** Aplicada. **Nivel:** Explicativo **Diseño:** Cuasiexperimental $G_1 \quad X_1 + S \rightarrow O_1$ $G_2 \quad X_2 + S \rightarrow O_2$ $G_3 \quad X_3 + S \rightarrow O_3$ $G_4 \quad S \rightarrow O_4$ **Donde:** ▪ G_1, G_2 y G_3 => Grupo Experimental ▪ G_4 => Grupo de control ▪ X_1, X_2 y X_3 => Adición de ceniza ▪ O_1, O_2, O_3 y O_4 => Medición posprueba **Población y Muestra:** **Población** Carretera Quiralquichqui – Corral Pampa – Distrito de Huancavelica, Provincia de Huancavelica. **Muestra** Según MTC 2014 por cada km 1 calicatas. Se tomará el tramo de la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa donde se realiza 3 calicatas con una profundidad de 1.50 metros respecto al nivel de la sub rasante. **Técnicas e Instrumentos:** **Técnicas:** ▪ Observación ▪ Análisis documentario ▪ Análisis de laboratorio **Instrumentos:** ▪ Fichas técnicas de laboratorio ▪ Equipos e instrumentos de laboratorio ▪ Software computacional **Técnicas de Procesamiento de datos** Procesamiento de datos se realizará en los ensayos de laboratorio como haciendo uso del programa Excel y software penetration Stage. **Análisis de Datos** Excel y jupyter notebook

A.2. Ensayos de laboratorio

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024

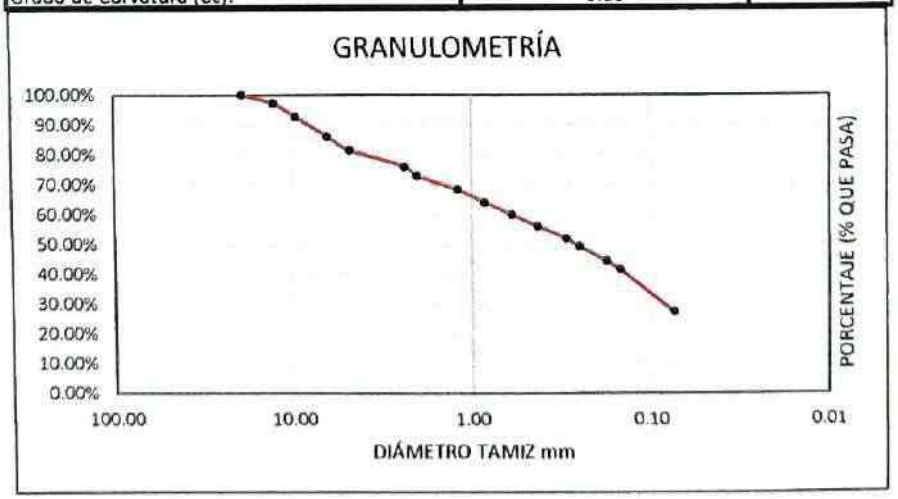
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.05	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.70	38.74	2.84%	2.84%	97.16%
3/8"	9.53	62.22	4.56%	7.40%	92.60%
1/4"	6.35	87.77	6.43%	13.83%	86.17%
N°4	4.76	63.22	4.63%	18.46%	81.54%
N°8	2.36	75.62	5.54%	24.00%	76.00%
N°10	2.00	41.42	3.03%	27.03%	72.97%
N°16	1.19	62.21	4.56%	31.59%	68.41%
N°20	0.84	58.28	4.27%	35.86%	64.14%
N°30	0.59	56.19	4.12%	39.98%	60.02%
N°40	0.43	53.35	3.91%	43.88%	56.12%
N°50	0.30	54.39	3.98%	47.87%	52.13%
N°60	0.25	37.75	2.77%	50.63%	49.37%
N°80	0.18	65.40	4.79%	55.43%	44.57%
N°100	0.15	37.87	2.77%	58.20%	41.80%
N°200	0.07	194.67	14.26%	72.46%	27.54%
FONDO	0.01	375.90	27.54%	100.00%	0.00%
TOTAL		1365.00			
PESO INICIAL		1365.00			

LIMITE LIQUIDO	LL=	33.31	%
LIMITE PLASTICO	LP=	22.56	%
INDICE DE PLASTICIDAD	IP=	10.75	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		81.54%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		27.54%	%
D60		0.59	mm
D30		0.09	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.03	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		17.72	
Grado de Curvatura (Cc):		0.39	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABAPICH

Tec. Lab. Alfredo Vizcarra Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

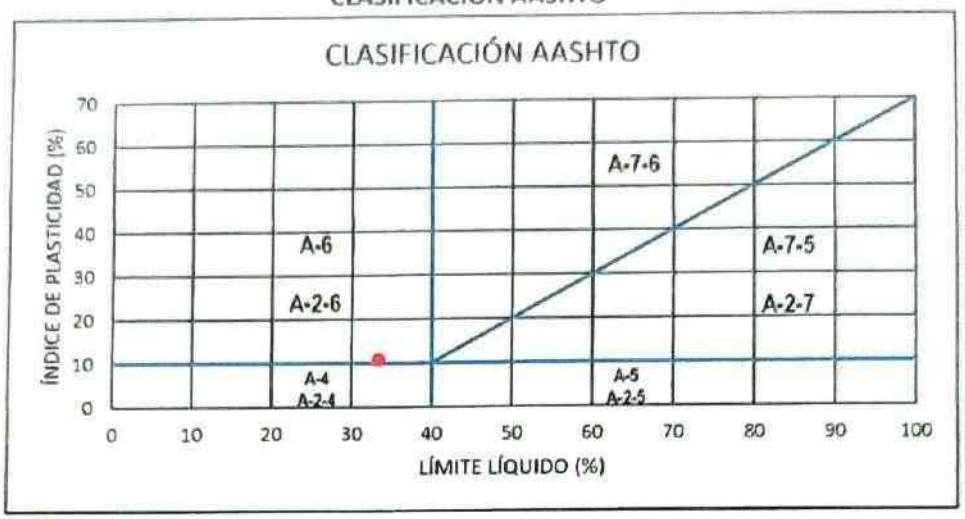
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

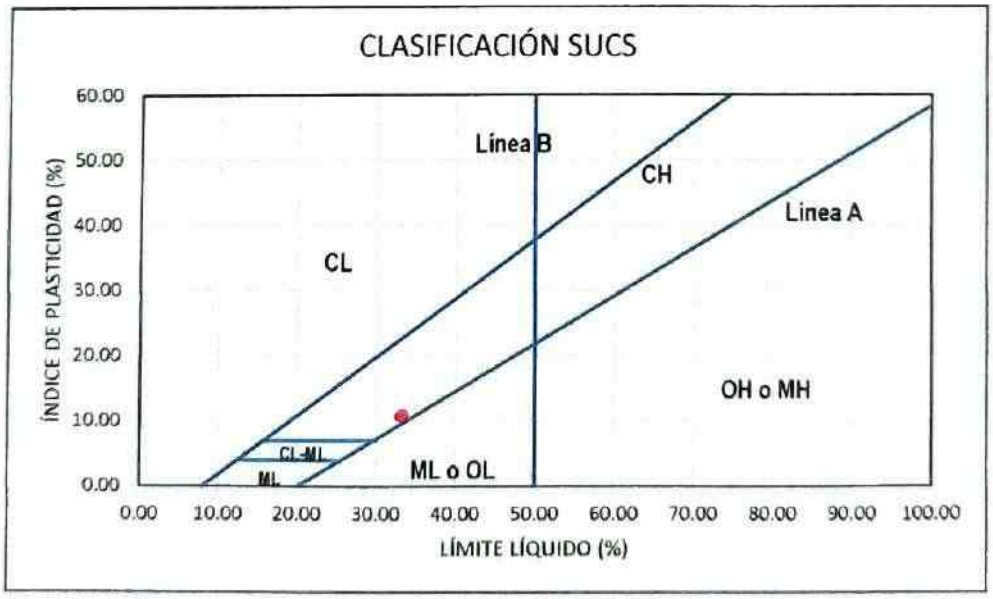
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Excelente o bueno
A-2-6 Grava y Arena Arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	0



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio).
Arena Arcillosa SC

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCIÓN DE LA FAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C2 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024

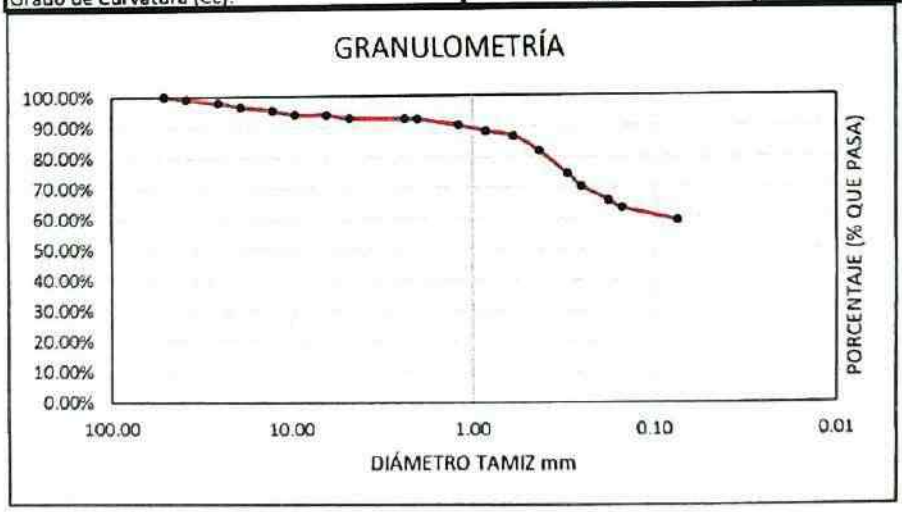
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.10	39.53	0.81%	0.81%	99.19%
1"	25.40	63.67	1.30%	2.10%	97.90%
3/4"	19.05	59.68	1.22%	3.32%	96.68%
1/2"	12.70	63.48	1.29%	4.61%	95.39%
3/8"	9.53	66.18	1.35%	5.96%	94.04%
1/4"	6.35	10.83	0.22%	6.18%	93.82%
N°4	4.76	53.35	1.09%	7.27%	92.73%
N°8	2.36	12.31	0.25%	7.52%	92.48%
N°10	2.00	6.17	0.13%	7.64%	92.36%
N°16	1.19	98.06	2.00%	9.64%	90.36%
N°20	0.84	98.06	2.00%	11.64%	88.36%
N°30	0.59	83.10	1.69%	13.33%	86.67%
N°40	0.43	236.54	4.82%	18.15%	81.85%
N°50	0.30	370.71	7.55%	25.71%	74.29%
N°60	0.25	196.03	3.99%	29.70%	70.30%
N°80	0.18	226.46	4.61%	34.31%	65.69%
N°100	0.15	118.55	2.42%	36.73%	63.27%
N°200	0.07	190.33	3.88%	40.61%	59.39%
FONDO	0.01	2915.06	59.39%	100.00%	0.00%
TOTAL		4908.10			
PESO INICIAL		4908.10			

LÍMITE LÍQUIDO	LL=	42.57	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	21.14	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	21.44	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		92.73%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		59.39%	%
D60		0.09	mm
D30		0.04	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.02	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		4.13	
Grado de Curvatura (Cc):		1.01	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPICH

Téc. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

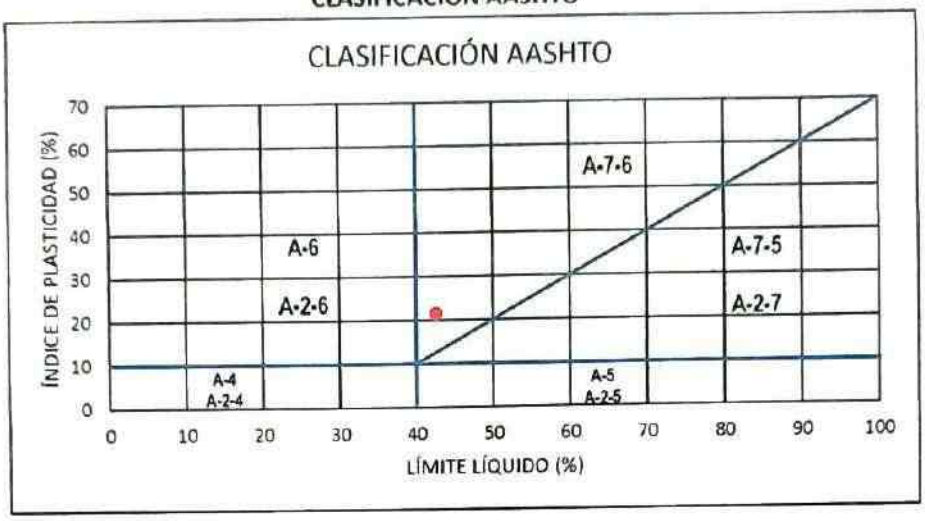
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

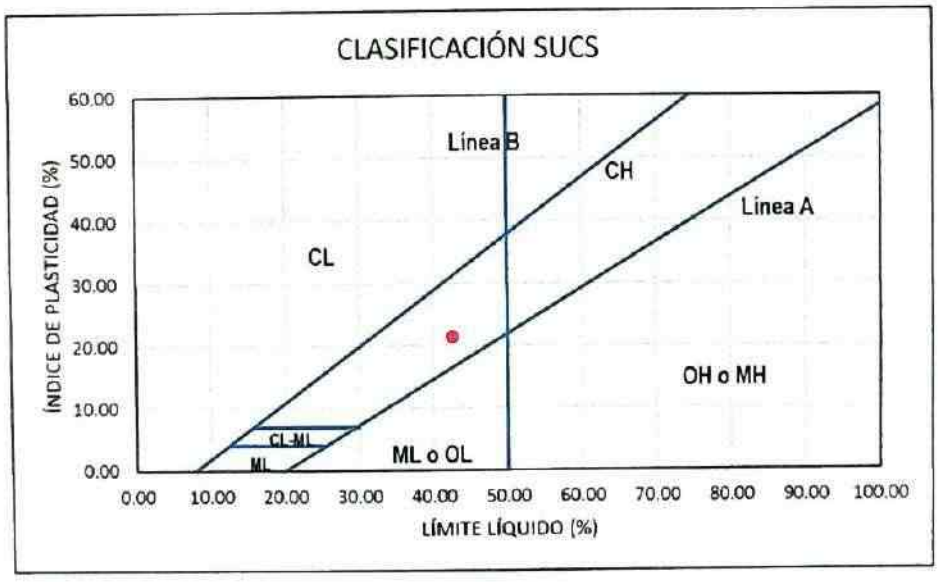
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Regular a pobre
A-7-6 Suelo arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	10



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo con finos (suelo sucio)
Arcilla magra gravosa con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FICA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC H

Tec. Lab. Nicolás Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Muestra: M-1 Fecha: 19/02/2024

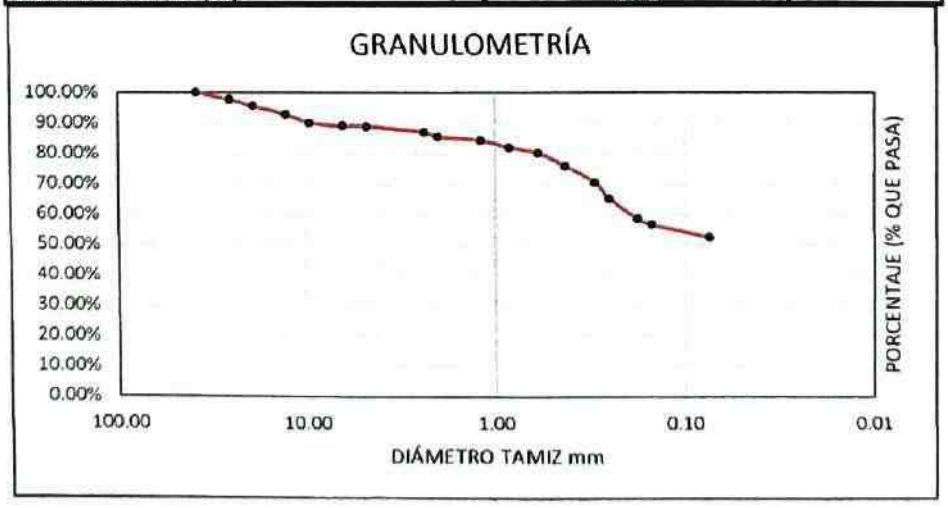
N.F (m) No se encontro Profundidad: 1.50m Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.40	74.09	2.25%	2.25%	97.75%
3/4"	19.05	69.54	2.11%	4.36%	95.64%
1/2"	12.70	91.46	2.78%	7.14%	92.86%
3/8"	9.53	87.60	2.66%	9.80%	90.20%
1/4"	6.35	33.61	1.02%	10.82%	89.18%
N°4	4.76	8.19	0.25%	11.06%	88.94%
N°8	2.36	60.64	1.84%	12.91%	87.09%
N°10	2.00	50.39	1.53%	14.44%	85.56%
N°16	1.19	37.12	1.13%	15.56%	84.44%
N°20	0.84	76.49	2.32%	17.88%	82.12%
N°30	0.59	62.06	1.88%	19.77%	80.23%
N°40	0.43	136.43	4.14%	23.91%	76.09%
N°50	0.30	184.53	5.60%	29.51%	70.49%
N°60	0.25	169.77	5.15%	34.66%	65.34%
N°80	0.18	221.78	6.73%	41.40%	58.60%
N°100	0.15	61.78	1.88%	43.27%	56.73%
N°200	0.07	138.36	4.20%	47.47%	52.53%
FONDO	0.01	1730.36	52.53%	100.00%	0.00%
TOTAL		3294.20			
PESO INICIAL		3294.20			

LIMITE LIQUIDO	LL=	42.77	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	21.65	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	21.12	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		88.94%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		52.53%	%
D60		0.19	mm
D30		0.05	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.02	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		8.66	
Grado de Curvatura (Cc):		0.51	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LIMAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

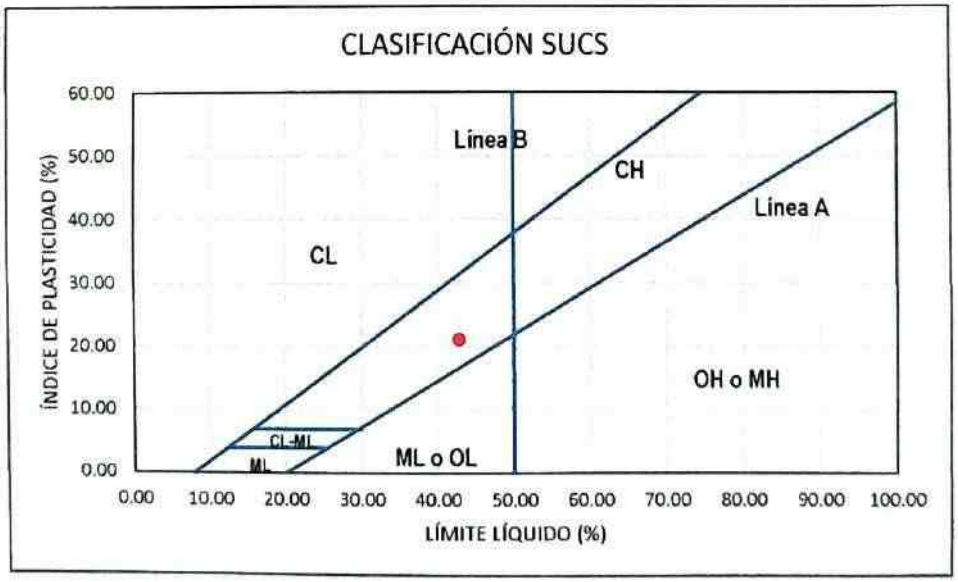
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

CLASIFICACIÓN AASHTO



Material Granular
Regulara pobre
A-7-6 Suelo Arcilloso.

Valor del índice de Grupo (IG):	8



SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S)
Suelo con finos (suelo sucio)
Arcilla magra gravosa con arena CL

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FAPICH

Téc. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO - ASTM D423

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: CENIZA Muestra: M-1 Fecha: 23/02/2024

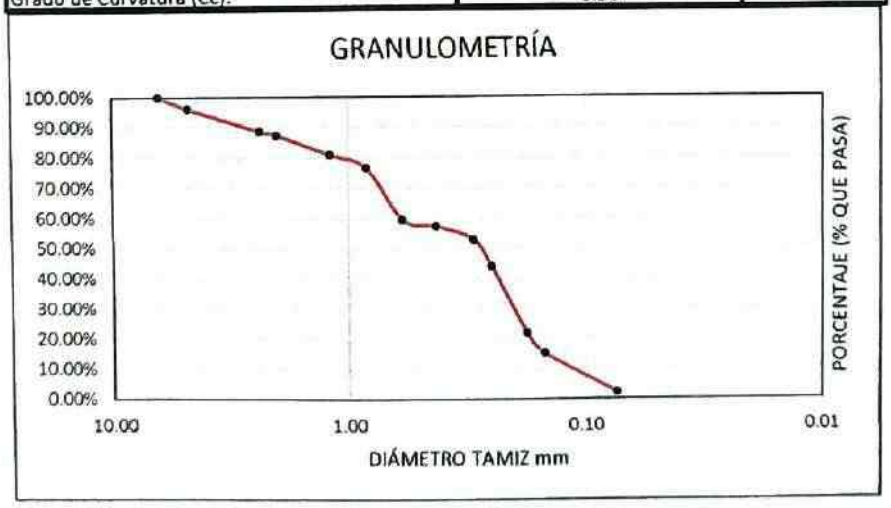
N.F (m) No se encontro Profundidad: 0 Coordenada:

ANÁLISIS GRANULOMETRICO DEL SUELO

ASTM C 136, D-422 NTP 400-012

TAMICES (ASTM)	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	RETENIDO (%)	RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	101.60				
3 1/2"	88.90				
3"	76.20				
2 1/2"	63.50				
2"	50.80				
1 1/2"	38.10				
1"	25.40				
3/4"	19.05				
1/2"	12.70				
3/8"	9.53				
1/4"	6.35	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°4	4.76	15.28	3.84%	3.84%	96.16%
N°8	2.36	29.71	7.46%	11.30%	88.70%
N°10	2.00	5.28	1.33%	12.63%	87.37%
N°16	1.19	25.51	6.41%	19.04%	80.96%
N°20	0.84	17.38	4.37%	23.41%	76.59%
N°30	0.59	68.04	17.10%	40.50%	59.50%
N°40	0.43	8.22	2.07%	42.57%	57.43%
N°50	0.30	17.87	4.49%	47.06%	52.94%
N°60	0.25	34.46	8.66%	55.72%	44.28%
N°80	0.18	88.60	22.26%	77.98%	22.02%
N°100	0.15	26.86	6.75%	84.73%	15.27%
N°200	0.07	51.63	12.97%	97.70%	2.30%
FONDO	0.01	9.16	2.30%	100.00%	0.00%
TOTAL		398.00			
PESO INICIAL		398.00			

LÍMITE LÍQUIDO	LL=	0.00	%
LÍMITE PLÁSTICO	LP=	0.00	%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	IP=	0.00	%
PASA TAMIZ N° 4 (4.76mm):		96.16%	%
PASA TAMIZ N°200 (0.080 mm):		2.30%	%
D60		0.60	mm
D30		0.20	mm
D10 (diámetro efectivo):		0.12	mm
Coeficiente de Uniformidad (Cu):		5.04	
Grado de Curvatura (Cc):		0.58	



UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA FAPICH

Téc. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C1 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo

X	A
	B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 8	N° 2
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.90	36.47
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	185.72	193.56
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	163.24	170.01
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	22.48	23.55
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	126.34	133.54
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	17.79%	17.64%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	17.71%	

Observaciones:

Responsable Técnico

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Solo

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C-2 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo

X	A
	B

Prueba			1	2
Recipiente N°			N° 9	N° 7
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.69	35.86
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	215.38	203.45
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	189.90	179.98
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	25.48	23.47
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	153.21	144.12
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	16.63%	16.29%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	16.46%	

Observaciones:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Soto
Responsable Técnico

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

CONTENIDO DE HUMEDAD - ASTM D2216

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

Calicata: C3 Fecha: 19/02/2024

Muestra: M-1 Profundidad (m): 1.50 m

CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO (W), %

Horno	HR
Balanza	BL
T° Ambiente (°C)	---
Temparatura de Secado (°C)	110

	Fecha	Hora
Inico Secado:	19/02/2024	3:00 p. m.
Fin Secado:	20/02/2024	3:00 p. m.

Método de Ensayo: [X] A [ ] B

	Prueba		1	2
	Recipiente N°		N° 16	N° 12
1	Masa del Recipiente (M1)	(g)	36.21	36.45
2	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Húmedo (M2)	(g)	216.98	208.68
3	Masa del Recipiente + Masa del Suelo Seco (M3)	(g)	187.92	181.05
4	Masa de Agua (M_w)	(g)	29.06	27.63
5	Masa del Suelo Seco (M_s)	(g)	151.71	144.60
6	Contenido de Humedad (w)	(%)	19.15%	19.11%
	Contenido de Humedad Promedio (w)	(%)	19.13%	

Observaciones:

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lu[illegible]edo R.

Responsable Técnico

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

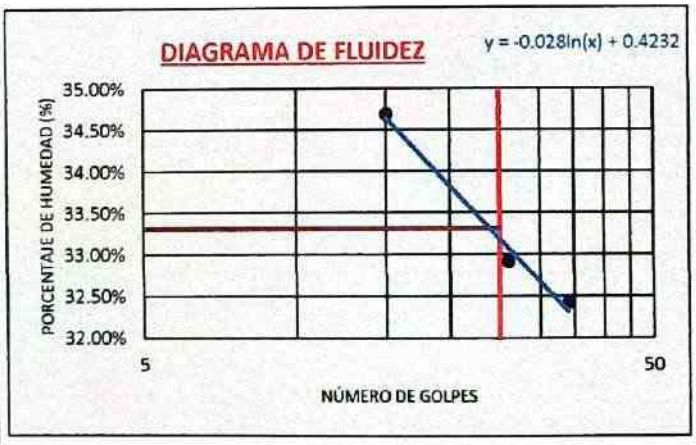
Calicata: C1 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	18	24	15	3	15	26
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	67.90	63.85	63.75	41.29	39.07	49.26
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	60.17	57.07	56.51	40.45	38.39	39.44
3	Masa del Agua	g	7.73	6.78	7.24	0.84	0.68	9.82
4	Masa de Tara	g	36.33	36.47	35.64	36.40	35.60	15.95
5	Masa del Suelo Seco	g	23.84	20.60	20.87	4.05	2.79	23.49
6	Contenido de Humedad	%	32.42%	32.91%	34.69%	20.74%	24.37%	41.81%
	Promedio Contenido Humedad	%	33.34%			22.56%		41.81%
	Número de Golpes	N.°	34	26	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	34.69%
26	32.91%
34	32.42%
25	**33.31%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	33.31%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	22.56%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	10.75%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	41.81%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.79
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPICH

Tec. Luis Alfredo Mier...

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

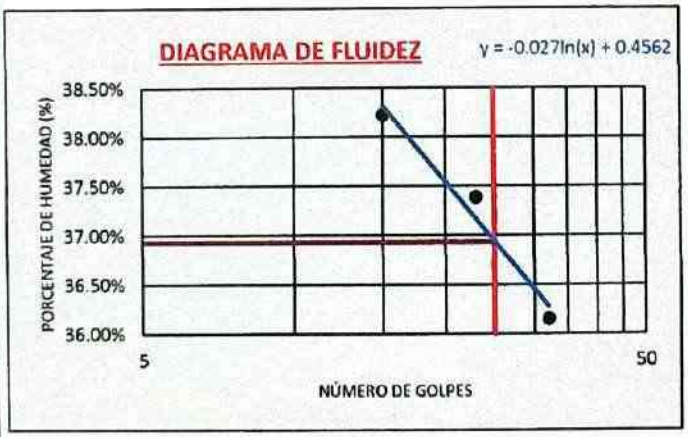
Calicata: C1 - Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BI Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	11	6	13	1	4	1
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	56.32	57.10	58.17	40.89	42.42	36.65
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	50.80	51.56	51.94	39.85	41.01	29.97
3	Masa del Agua	g	5.52	5.54	6.23	1.04	1.41	6.68
4	Masa de Tara	g	35.53	36.74	35.64	35.72	36.62	15.89
5	Masa del Suelo Seco	g	15.27	14.82	16.30	4.13	4.39	14.08
6	Contenido de Humedad	%	36.15%	37.38%	38.22%	25.18%	32.12%	47.44%
	Promedio Contenido Humedad	%	37.25%			28.65%		47.44%
	Número de Golpes	N.°	32	23	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	38.22%
23	37.38%
32	36.15%
25	**36.93%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	36.93%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	28.65%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	8.28%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	47.44%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.27
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FICA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. [illegible]

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

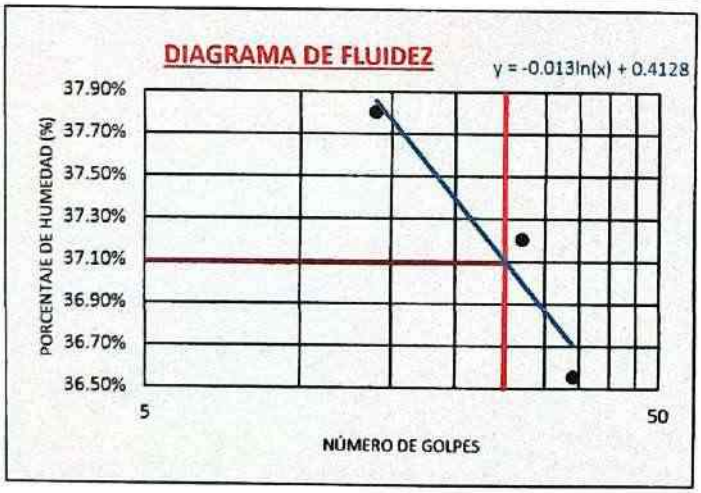
Calicata: C1 - Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LIMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	10	7	33	2	12	6
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	55.61	59.56	55.47	39.92	42.89	42.78
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	50.24	53.25	50.34	38.97	41.18	33.89
3	Masa del Agua	g	5.37	6.31	5.13	0.95	1.71	8.89
4	Masa de Tara	g	35.55	36.29	36.77	35.65	35.54	15.81
5	Masa del Suelo Seco	g	14.69	16.96	13.57	3.32	5.64	18.08
6	Contenido de Humedad	%	36.56%	37.21%	37.80%	28.61%	30.32%	49.17%
	Promedio Contenido Humedad	%	37.19%			29.47%		49.17%
	Número de Golpes	N.°	34	27	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	37.80%
27	37.21%
34	36.56%
25	**37.10%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	37.10%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	29.47%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	7.63%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	49.17%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.58
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

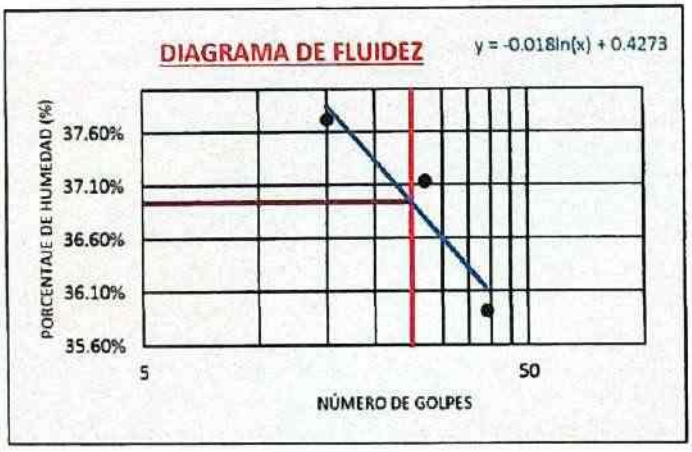
Calicata: C1 - Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°01 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	33	20	16	14	16	38
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	66.30	61.90	62.27	41.12	43.78	44.26
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	58.50	55.02	54.98	40.05	41.75	34.72
3	Masa del Agua	g	7.80	6.88	7.29	1.07	2.03	9.54
4	Masa de Tara	g	36.78	36.49	35.65	36.48	35.65	15.83
5	Masa del Suelo Seco	g	21.72	18.53	19.33	3.57	6.10	18.89
6	Contenido de Humedad	%	35.91%	37.13%	37.71%	29.97%	33.28%	50.50%
	Promedio Contenido Humedad	%	36.92%			31.63%		50.50%
	Número de Golpes	N.°	39	27	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C1 - Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	37.71%
27	37.13%
39	35.91%
25	**36.94%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	36.94%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	31.63%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	5.31%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	50.50%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-2.55
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPIC

Mg. Ing. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

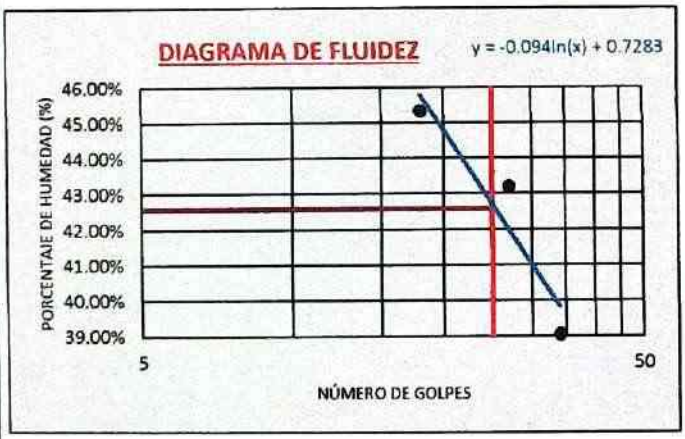
Calicata: C2 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	6	5	4	54	34	3
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	68.80	67.45	69.35	19.95	21.85	46.01
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	59.80	58.06	59.15	19.42	20.54	39.89
3	Masa del Agua	g	9.00	9.39	10.20	0.53	1.31	6.12
4	Masa de Tara	g	36.75	36.32	36.65	15.77	15.82	15.73
5	Masa del Suelo Seco	g	23.05	21.74	22.50	3.65	4.72	24.16
6	Contenido de Humedad	%	39.05%	43.19%	45.33%	14.52%	27.75%	25.33%
	Promedio Contenido Humedad	%	**42.52%**			**21.14%**		**25.33%**
	Número de Golpes	N.°	34	27	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	45.33%
27	43.19%
34	39.05%
25	**42.57%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.57%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	21.14%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	21.44%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	25.33%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.80
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Plástica**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICI

Tec. Lab. Alfredo [illegible] Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

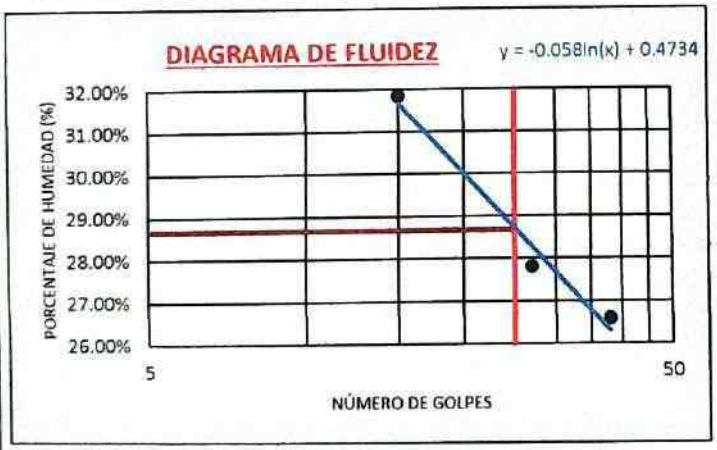
Calicata: C2 - Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	18	17	21	15	16	12
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	62.92	62.97	63.38	38.65	40.25	72.96
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	57.33	57.26	56.96	38.35	39.49	64.16
3	Masa del Agua	g	5.59	5.71	6.42	0.30	0.76	8.8
4	Masa de Tara	g	36.31	36.72	36.80	35.60	35.66	35.68
5	Masa del Suelo Seco	g	21.02	20.54	20.16	2.75	3.83	28.48
6	Contenido de Humedad	%	26.59%	27.80%	31.85%	10.91%	19.84%	30.90%
	Promedio Contenido Humedad	%	28.75%			15.38%		30.90%
	Número de Golpes	N.°	38	27	15			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
15	31.85%
27	27.80%
38	26.59%
25	**28.67%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	28.67%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	15.38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	13.29%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	30.90%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.17
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - FICA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA E.A.P.I.C.
Tec. Lab. Edgar Quispe Llancco

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

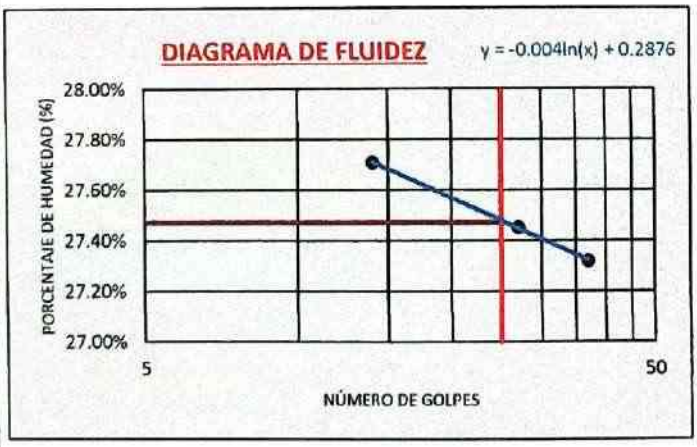
Calicata: C2 - Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	22	24	24	9	21	49
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	60.97	65.59	65.47	43.21	39.97	32.99
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	55.70	59.32	59.18	42.37	39.46	28.41
3	Masa del Agua	g	5.27	6.27	6.29	0.84	0.51	4.58
4	Masa de Tara	g	36.41	36.48	36.48	36.31	36.78	15.79
5	Masa del Suelo Seco	g	19.29	22.84	22.70	6.06	2.68	12.62
6	Contenido de Humedad	%	27.32%	27.45%	27.71%	13.86%	19.03%	36.29%
	Promedio Contenido Humedad	%	27.49%			16.45%		36.29%
	Número de Golpes	N.°	37	27	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	27.71%
27	27.45%
37	27.32%
25	**27.47%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	27.47%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	16.45%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	11.03%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	36.29%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-0.80
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

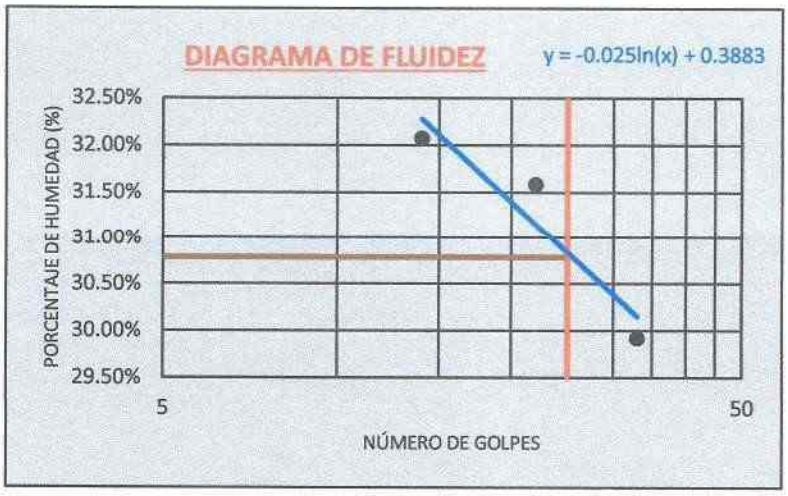
Calicata: C2 - Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: **CALICATA N°02 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	2	3	15	59	57	1
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	68.12	64.53	27.30	19.65	18.56	82.37
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	60.87	57.78	24.50	18.91	18.01	68.93
3	Masa del Agua	g	7.25	6.75	2.80	0.74	0.55	13.44
4	Masa de Tara	g	36.64	36.41	15.77	15.96	15.64	36.21
5	Masa del Suelo Seco	g	24.23	21.37	8.73	2.95	2.37	32.72
6	Contenido de Humedad	%	29.92%	31.59%	32.07%	25.08%	23.21%	41.08%
	Promedio Contenido Humedad	%	31.19%			24.15%		41.08%
	Número de Golpes	N.°	33	22	14			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C2 - Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
14	32.07%
22	31.59%
33	29.92%
25	**30.78%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	30.78%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	24.15%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	6.64%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	41.08%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-1.55
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA FICH

Tec. Lab. Alfredo M. Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

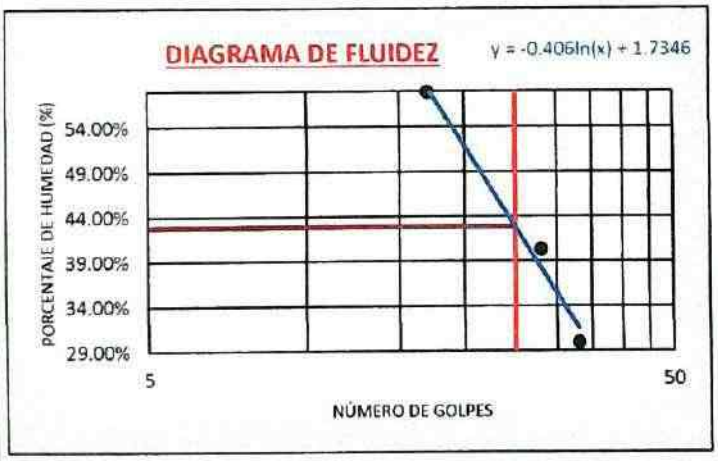
Calicata: C3 Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA INALTERADA

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	33	11	18	17	26	25
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	61.33	58.92	58.37	19.80	20.55	32.72
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	55.68	52.21	50.28	19.05	19.75	29.2
3	Masa del Agua	g	5.65	6.71	8.09	0.75	0.80	3.52
4	Masa de Tara	g	36.79	35.56	36.31	15.68	15.95	15.78
5	Masa del Suelo Seco	g	18.89	16.65	13.97	3.37	3.80	13.42
6	Contenido de Humedad	%	29.91%	40.30%	57.91%	22.26%	21.05%	26.23%
	Promedio Contenido Humedad	%	42.71%			21.65%		26.23%
	Número de Golpes	N.°	33	28	17			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
17	57.91%
28	40.30%
33	29.91%
25	**42.77%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.77%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	21.65%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	21.12%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	26.23%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.78
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Plástica**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Vict... Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

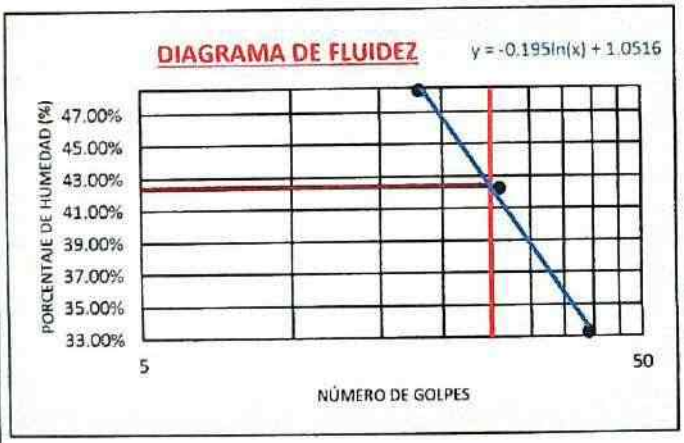
Calicata: C3-Cen(8%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	24	47	17	1	29	10
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	29.99	30.61	55.91	24.47	24.01	38.02
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	26.52	26.21	49.66	22.68	22.38	32.57
3	Masa del Agua	g	3.47	4.40	6.25	1.79	1.63	5.45
4	Masa de Tara	g	16.09	15.79	36.73	15.89	15.70	15.8
5	Masa del Suelo Seco	g	10.43	10.42	12.93	6.79	6.68	16.77
6	Contenido de Humedad	%	33.27%	42.23%	48.34%	26.36%	24.40%	32.50%
	Promedio Contenido Humedad	%	41.28%			25.38%		32.50%
	Número de Golpes	N.°	39	26	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(8%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	48.34%
26	42.23%
39	33.27%
25	**42.39%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	42.39%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	25.38%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	17.01%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	32.50%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.58
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Suave**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA

I Y II - MECÁNICA DE SUELOS

LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

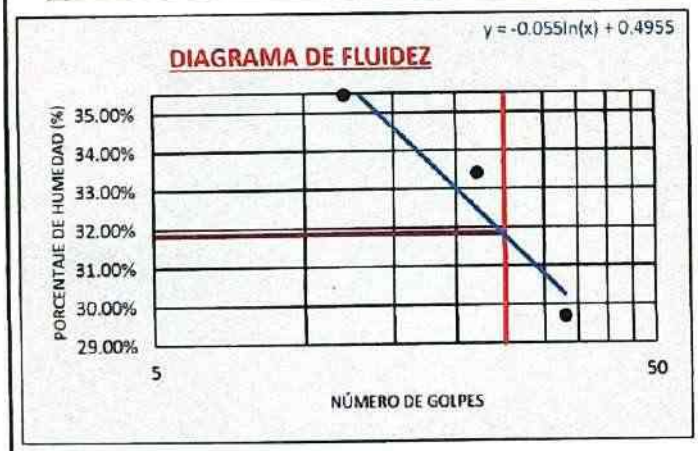
Calicata: C3-Cen(14%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 14%

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	3	14	8	54	17	5
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	34.97	33.22	35.48	24.32	23.64	39.94
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	30.56	28.95	30.32	23.18	22.21	35.53
3	Masa del Agua	g	4.41	4.27	5.16	1.14	1.43	4.41
4	Masa de Tara	g	15.71	16.17	15.77	15.77	15.70	15.66
5	Masa del Suelo Seco	g	14.85	12.78	14.55	7.41	6.51	19.87
6	Contenido de Humedad	%	29.70%	33.41%	35.46%	15.38%	21.97%	22.19%
	Promedio Contenido Humedad	%	32.86%			18.68%		22.19%
	Número de Golpes	N.°	33	22	12			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(14%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
12	35.46%
22	33.41%
33	29.70%
25	**31.85%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	31.85%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	18.68%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	13.17%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	22.19%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	0.73
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Suave**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Tec. Lab. Alfredo Soto

UNH - FCI - LABORATORIO GEOTECNIA
I Y II - MECÁNICA DE SUELOS
LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO

TESIS:

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024

Tesistas: Bach. Roger GARCÍA ALFONZO
Bach. Heber ALVARO CCENTE

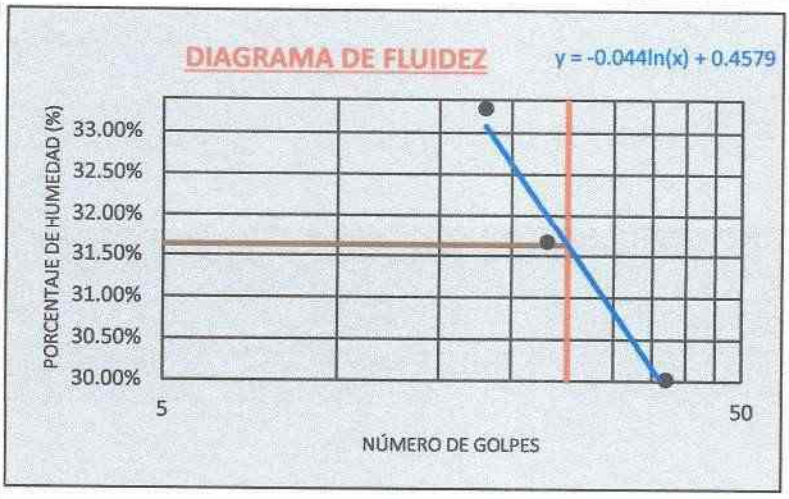
Calicata: C3-Cen(22%) Muestra: M-1 Fecha: 21/02/2024

Horno: HR-1 Balanza: BL Profundidad (m): 1.50m

LÍMITE LÍQUIDO (NORMA ASTM D4318) **LÍMITE PLÁSTICO (NORMA ASTM D4318)**

Descripción: **CALICATA N°03 MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 22%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA			LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		Humedad Natural
Prueba		N.°	1	2	3	1	2	1
Tara N°		N.°	59	24	57	10	5	4
1	Masa del Suelo Húmedo + Tara	g	27.12	27.73	28.69	24.10	23.66	43.76
2	Masa del Suelo Seco + Tara	g	24.55	24.94	25.44	22.58	21.88	33.24
3	Masa del Agua	g	2.57	2.79	3.25	1.52	1.78	10.52
4	Masa de Tara	g	15.99	16.13	15.68	15.86	15.68	15.82
5	Masa del Suelo Seco	g	8.56	8.81	9.76	6.72	6.20	17.42
6	Contenido de Humedad	%	30.02%	31.67%	33.30%	22.62%	28.71%	60.39%
	Promedio Contenido Humedad	%	31.66%			25.66%		60.39%
	Número de Golpes	N.°	37	23	18			



Ubicación:	QUIRALQUICHQUI
Calicata:	C3-Cen(22%)
Profundidad:	1.50m
Número de Golpes:	Contenido de Humedad (%)
18	33.30%
23	31.67%
37	30.02%
25	**31.63%**

LÍMITES DE CONSISTENCIA		
LÍMITE LÍQUIDO:	LL=	31.63%
LÍMITE PLÁSTICO:	LP=	25.66%
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	IP=	5.96%
CONTENIDO DE HUMEDAD:	Wn=	60.39%
GRADO DE CONSISTENCIA:	Kw=	-4.82
GRADO DE CONSISTENCIA:	**Consistencia Líquida**	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo M. Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 01 **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

Nº CAPAS 5 **Nº GOLPES:** 56

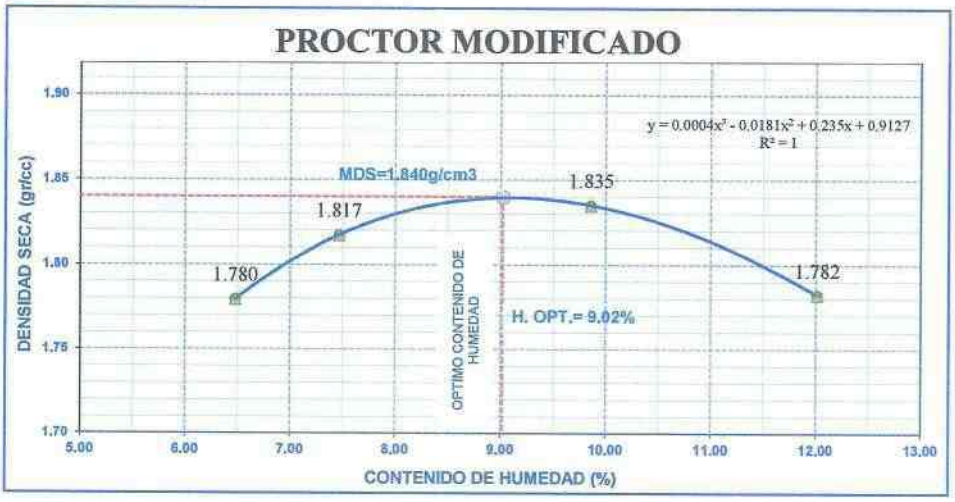
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10390	10510	10640	10600
Peso del Suelo Humedo (grs)	3910	4030	4160	4120
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.895	1.953	2.016	1.997
Densidad Seca (grs/cm3)	1.780	1.817	1.835	1.782

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	20	22	5	21
Peso del Tara (grs)	36.49	36.38	36.29	36.77
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	209.42	217.31	180.05	215.24
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	198.90	204.74	167.15	196.10
Peso del Agua (grs)	10.52	12.57	12.90	19.14
Peso del Material Seco (grs)	162.4	168.4	130.9	159.3
Contenido de Humedad (grs)	6.48	7.47	9.86	12.01
% Promedio	8.95			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.840
Humedad Optima (%)	9.020



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	**9.020 %**
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	**1.840 gr/cm3**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPIGH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 01 **MUESTRA:** C1-8%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

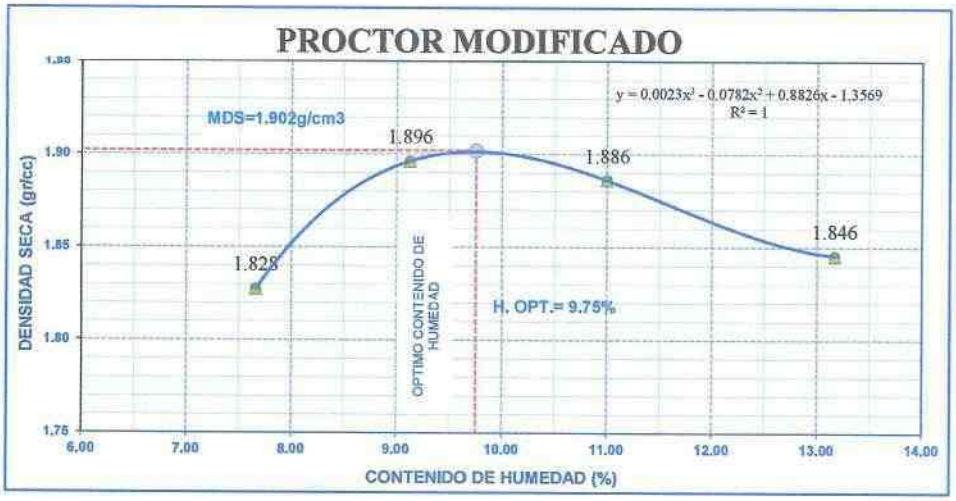
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10540	10750	10800	10790
Peso del Suelo Humedo (grs)	4060	4270	4320	4310
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.968	2.069	2.093	2.089
Densidad Seca (grs/cm3)	1.828	1.896	1.886	1.846

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	22	15	20	21
Peso del Tara (grs)	36.40	35.60	36.48	36.77
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	177.78	182.07	194.23	175.30
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.72	169.82	178.60	159.18
Peso del Agua (grs)	10.06	12.25	15.63	16.12
Peso del Material Seco (grs)	131.3	134.2	142.1	122.4
Contenido de Humedad (grs)	7.66	9.13	11.00	13.17
% Promedio	10.24			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.902
Humedad Optima (%)	9.750



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.750 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.902 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Ventura Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C1-14%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10845	11020	11075	11090
Peso del Suelo Humedo (grs)	4365	4540	4595	4610
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.115	2.200	2.227	2.234
Densidad Seca (grs/cm3)	1.977	2.016	2.003	1.976

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	5	18	13	3
Peso del Tara (grs)	36.31	36.32	35.68	36.42
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	196.47	189.16	174.66	190.82
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	185.97	176.39	160.67	172.98
Peso del Agua (grs)	10.50	12.77	13.99	17.84
Peso del Material Seco (grs)	149.7	140.1	125.0	136.6
Contenido de Humedad (grs)	7.02	9.12	11.19	13.06
% Promedio	10.10			

Densidad Máxima (grs/cm3)	2.017
Humedad Optima (%)	9.500



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.500 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	2.017 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROFESION GEOTECNIA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C1-22%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

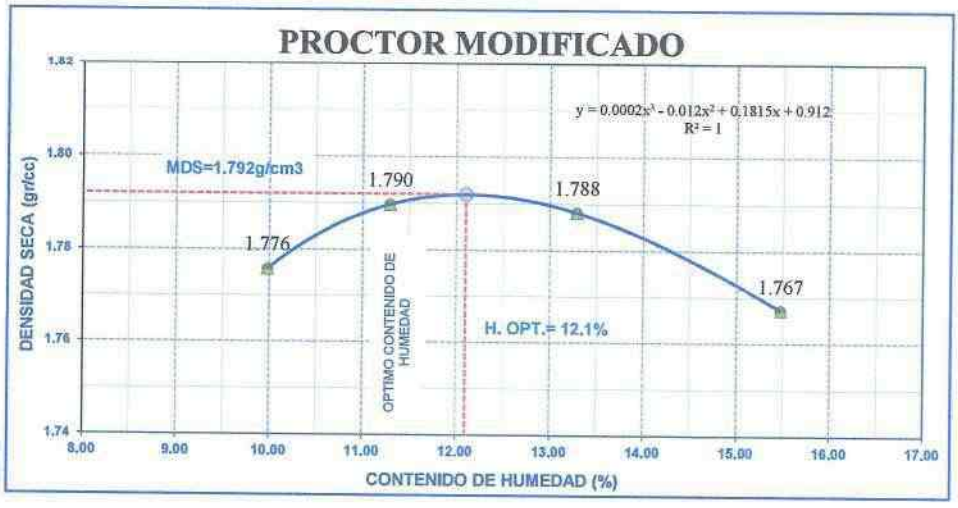
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10510	10590	10660	10691
Peso del Suelo Humedo (grs)	4030	4110	4180	4211
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.953	1.992	2.026	2.041
Densidad Seca (grs/cm3)	1.776	1.790	1.788	1.767

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	15	21	18
Peso del Tara (grs)	36.21	35.61	36.77	36.78
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	186.67	224.70	196.76	231.17
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	173.02	205.52	178.00	205.12
Peso del Agua (grs)	13.65	19.18	18.76	26.05
Peso del Material Seco (grs)	136.8	169.9	141.2	168.3
Contenido de Humedad (grs)	9.98	11.29	13.28	15.47
% Promedio	12.51			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.792
Humedad Optima (%)	12.100



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	12.100 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.792 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE PRODUCCION INVESTIGACION

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

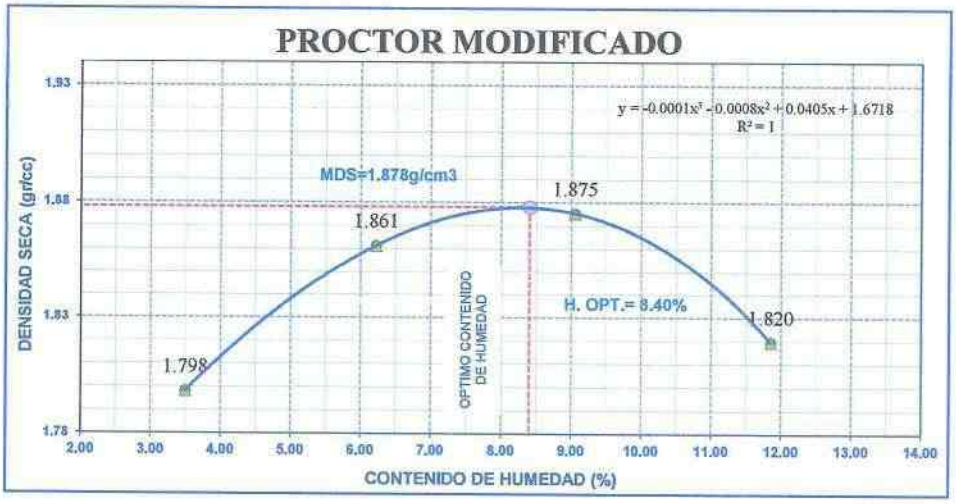
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10320	10560	10700	10680
Peso del Suelo Humedo (grs)	3840	4080	4220	4200
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.861	1.977	2.045	2.035
Densidad Seca (grs/cm3)	1.798	1.861	1.875	1.820

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	15	13	20
Peso del Tara (grs)	36.77	35.60	35.66	36.49
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	218.68	204.96	200.97	201.57
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	212.54	195.04	187.25	184.08
Peso del Agua (grs)	6.14	9.92	13.72	17.49
Peso del Material Seco (grs)	175.8	159.4	151.6	147.6
Contenido de Humedad (grs)	3.49	6.22	9.05	11.85
% Promedio	7.65			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.400



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.400 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.878 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO - EAPICH

Tec. Lab. Aydo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02
FECHA: 12/03/2024
MUESTRA: C2-8%
PROFUNDIDA: 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"
N° CAPAS 5
N° GOLPES: 56

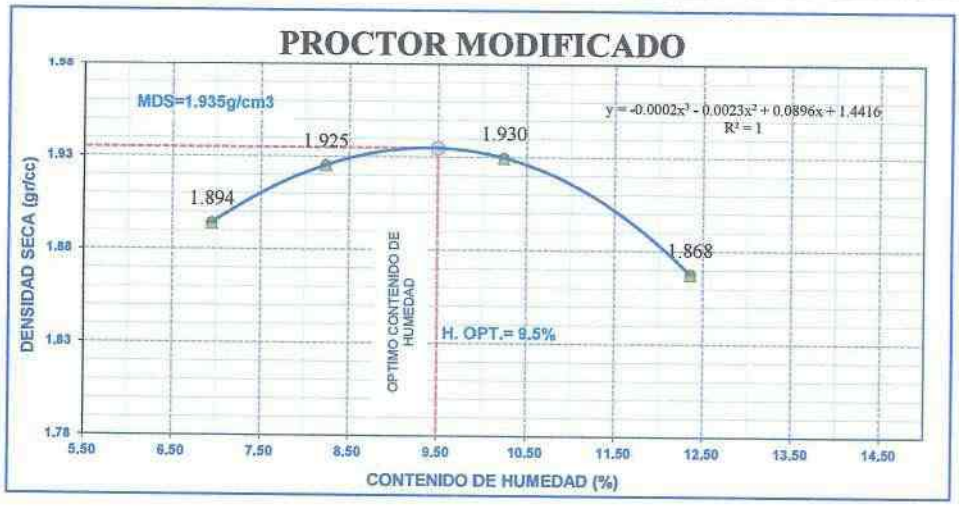
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10660	10780	10870	10810
Peso del Suelo Humedo (grs)	4180	4300	4390	4330
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.026	2.084	2.127	2.098
Densidad Seca (grs/cm3)	1.894	1.925	1.930	1.868

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	22	20	15
Peso del Tara (grs)	36.77	36.39	36.48	36.42
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	176.39	197.74	196.03	191.83
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.32	185.47	181.21	174.74
Peso del Agua (grs)	9.07	12.27	14.82	17.09
Peso del Material Seco (grs)	130.6	149.1	144.7	138.3
Contenido de Humedad (grs)	6.95	8.23	10.24	12.36
% Promedio	9.44			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.935
Humedad Optima (%)	9.500



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.500 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.935 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y EAPICH

Tec. Lab. Alberto Me... Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 **MUESTRA:** C2-14%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10850	11120	11100	11000
Peso del Suelo Humedo (grs)	4370	4640	4620	4520
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.118	2.249	2.239	2.190
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.959**	**2.042**	**1.998**	**1.933**

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	15	5	18	13
Peso del Tara (grs)	35.61	36.29	36.31	35.70
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	200.83	200.06	203.43	204.55
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.45	184.99	185.45	184.68
Peso del Agua (grs)	12.38	15.07	17.98	19.87
Peso del Material Seco (grs)	152.8	148.7	149.1	149.0
Contenido de Humedad (grs)	**8.10**	**10.13**	**12.06**	**13.34**
% Promedio	**10.91**			

Densidad Máxima (grs/cm3)	**2.042**
Humedad Optima (%)	**10.300**



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	**10.300 %**
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	**2.042 gr/cm3**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPIC

Ing. Jaime Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** C2-22%

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

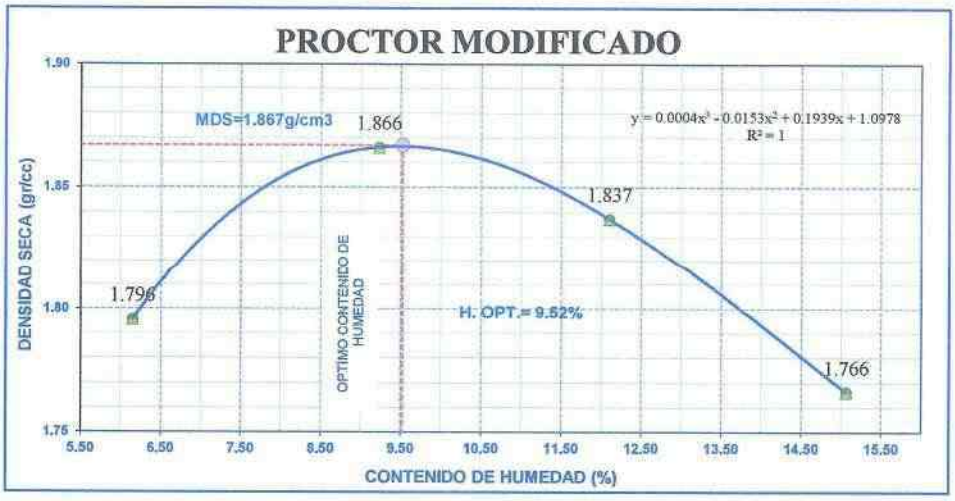
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10413	10686	10730	10674
Peso del Suelo Humedo (grs)	3933	4206	4250	4194
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.906	2.038	2.060	2.032
Densidad Seca (grs/cm3)	1.796	1.866	1.837	1.766

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	21	5	3	4
Peso del Tara (grs)	36.80	36.32	36.40	36.67
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	187.87	192.72	194.89	241.84
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	179.12	179.51	177.78	214.98
Peso del Agua (grs)	8.75	13.21	17.11	26.86
Peso del Material Seco (grs)	142.3	143.2	141.4	178.3
Contenido de Humedad (grs)	6.15	9.23	12.10	15.06
% Promedio	10.63			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.867
Humedad Optima (%)	9.520



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.520 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.867 gr/cm3

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 12/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 — **N° GOLPES:** 56

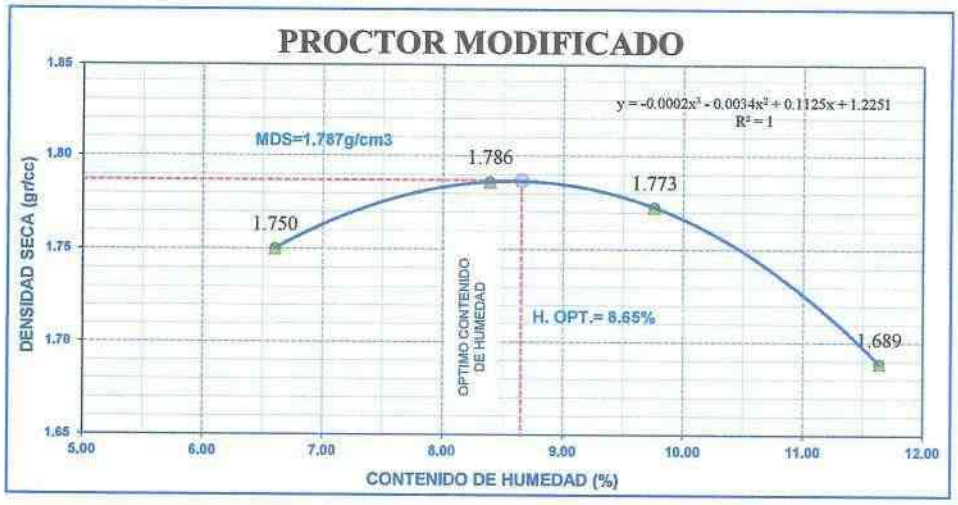
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10330	10475	10495	10370
Peso del Suelo Humedo (grs)	3850	3995	4015	3890
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.866	1.936	1.946	1.885
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.750**	**1.786**	**1.773**	**1.689**

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	2	4	5
Peso del Tara (grs)	36.22	35.65	36.64	36.30
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	198.83	197.19	177.49	197.11
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.76	184.69	164.97	180.35
Peso del Agua (grs)	10.07	12.50	12.52	16.76
Peso del Material Seco (grs)	152.5	149.0	128.3	144.1
Contenido de Humedad (grs)	**6.60**	**8.39**	**9.76**	**11.63**
% Promedio	**9.09**			

Densidad Máxima (grs/cm3)	**1.787**
Humedad Optima (%)	**8.650**



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	**8.650 %**
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	**1.787 gr/cm3**

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-8%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10450	10670	10710	10660
Peso del Suelo Humedo (grs)	3970	4190	4230	4180
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.924	2.031	2.050	2.026
Densidad Seca (grs/cm3)	1.811	1.876	1.873	1.803

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	13	18	5	22
Peso del Tara (grs)	35.64	36.31	36.01	36.39
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	205.50	196.81	200.95	221.30
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	195.56	184.56	186.68	200.99
Peso del Agua (grs)	9.94	12.25	14.27	20.31
Peso del Material Seco (grs)	159.9	148.3	150.7	164.6
Contenido de Humedad (grs)	6.22	8.26	9.47	12.34
% Promedio	9.07			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.770



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	8.770 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.878 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA FICH

Tec. Lab. Alfredo Meruza Soto

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-14%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

N° CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

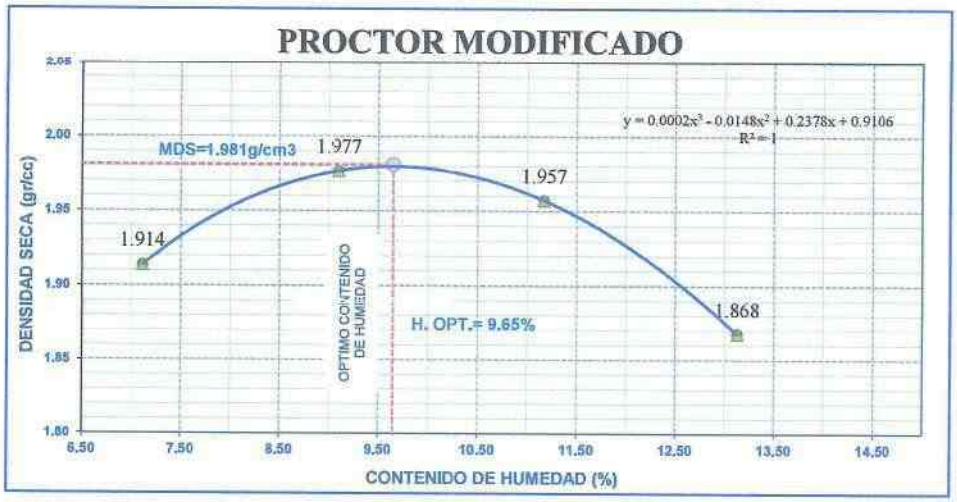
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10710	10930	10970	10840
Peso del Suelo Humedo (grs)	4230	4450	4490	4360
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.050	2.156	2.176	2.113
Densidad Seca (grs/cm3)	1.914	1.977	1.957	1.868

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	2	1	3	4
Peso del Tara (grs)	35.64	36.22	36.36	35.70
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	195.15	212.48	179.77	203.10
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	184.56	197.78	165.36	183.68
Peso del Agua (grs)	10.59	14.70	14.41	19.42
Peso del Material Seco (grs)	148.9	161.6	129.0	148.0
Contenido de Humedad (grs)	7.11	9.10	11.17	13.12
% Promedio	10.13			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.981
Humedad Optima (%)	9.650



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.650 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.981 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE LABORATORIO DE LA EAPIC
Tec. Lab. Alfredo Mendoza

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

(NORMA ASTM D-1557, ASSHTO T-180)

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-22%

FECHA: 12/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

TIPO DE METODOS Metodo "A"

Nº CAPAS 5 **N° GOLPES:** 56

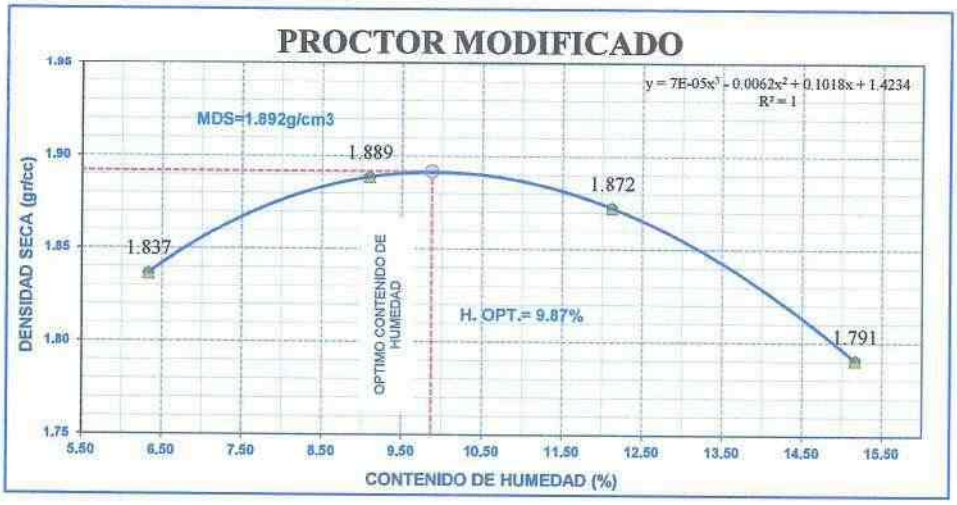
COMPACTACIÓN

Molde N°	W. molde	6480	Vol.molde	2064
Ensayo	1	2	3	4
Peso del Suelo+Molde (grs)	10510	10732	10812	10735
Peso del Suelo Humedo (grs)	4030	4252	4332	4255
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.953	2.061	2.099	2.062
Densidad Seca (grs/cm3)	1.837	1.889	1.872	1.791

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara N°	1	20	15	2
Peso del Tara (grs)	36.80	36.32	36.40	36.67
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	187.87	192.72	194.89	241.84
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	178.87	179.68	177.76	214.83
Peso del Agua (grs)	9.00	13.04	17.13	27.01
Peso del Material Seco (grs)	142.1	143.4	141.4	178.2
Contenido de Humedad (grs)	6.33	9.10	12.12	15.16
% Promedio	10.68			

Densidad Máxima (grs/cm3)	1.892
Humedad Optima (%)	9.870



CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO (%):	9.870 %
PESO ESPECIFICO SECO MÁXIMO (Gr/m3):	1.892 gr/cm3

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE [illegible] LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 22/03/2024
MUESTRA: NATURAL
PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.84
Humedad Optima (%)	:	9.02

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11265	11475	11390	11575	11595	11680
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4105	4315	4250	4435	4435	4520
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.958	2.058	2.028	2.116	2.114	2.154
Densidad Seca (grs/cm3)	1.73	1.74	1.77	1.78	1.84	1.84
Tara N°	22		21		3	
Peso del Tara (grs)	36.41		36.78		36.42	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	212.53		216.92		219.61	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	191.67		193.75		195.52	
Peso del Agua (grs)	20.86		23.17		24.09	
Peso del Material Seco (grs)	155.3		157.0		159.1	
Humeda (%)	13.44		14.76		15.14	
(%) Humedad	13.44	18.55	14.76	19.11	15.14	17.06
Densidad Seca (grs/cm3)	1.73	1.74	1.77	1.78	1.84	1.84

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	180	1.8	1.56	240	2.4	2.09	110	1.1	0.96
19/03/2024	15:00	24	184	1.84	1.60	248	2.48	2.16	111	1.11	0.96
20/03/2024	15:00	48	192	1.92	1.67	264	2.64	2.29	158	1.58	1.37
21/03/2024	15:00	72	196	1.96	1.70	280	2.8	2.43	171	1.71	1.49
22/03/2024	15:00	96	201	2.01	1.75	292	2.92	2.54	178	1.78	1.55

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I			MOLDE N° II			MOLDE N° III		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		3.76	0.09		0.63	0.01	
0.64	0.030		31.97	0.75		10.03	0.24		36.35	0.85	
1.28	0.050		83.99	1.97		28.83	0.68		96.52	2.27	
1.92	0.080		134.76	3.17		65.81	1.55		159.20	3.74	
2.56	0.100	70.5	188.66	4.43	6.29	100.91	2.37	3.36	220.00	5.17	7.33
3.20	0.130		221.88	5.21		143.53	3.37		272.65	6.40	
3.84	0.150		267.00	6.27		175.50	4.12		312.13	7.33	
4.48	0.180		298.34	7.01		211.85	4.98		345.35	8.11	
5.12	0.200	105.7	320.28	7.52	7.12	236.92	5.57	5.27	379.82	8.92	8.44
7.66	0.300		396.75	9.32		312.76	7.35		498.28	11.71	
10.19	0.400		464.44	10.91		374.81	8.80		608.59	14.30	
12.72	0.500		525.86	12.35		448.14	10.53		719.53	16.90	

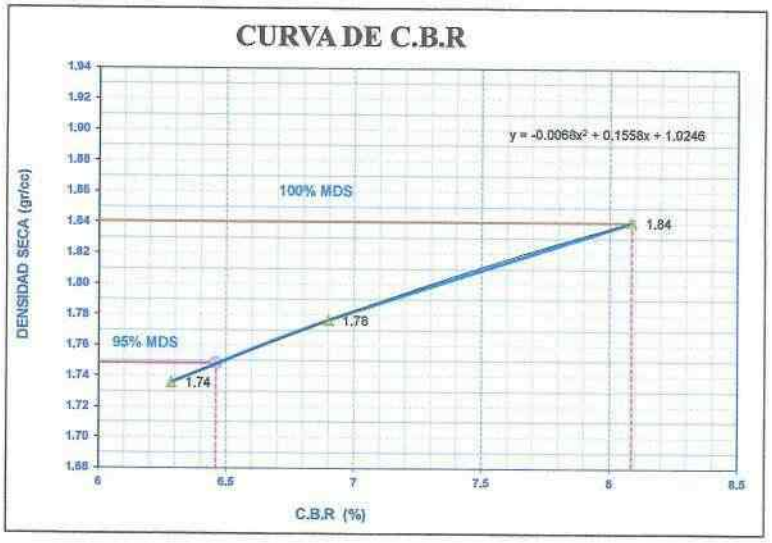
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE LABORATORIO DE GEOTECNIA I Y II

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.84
Humedad Optima (%)	9.02

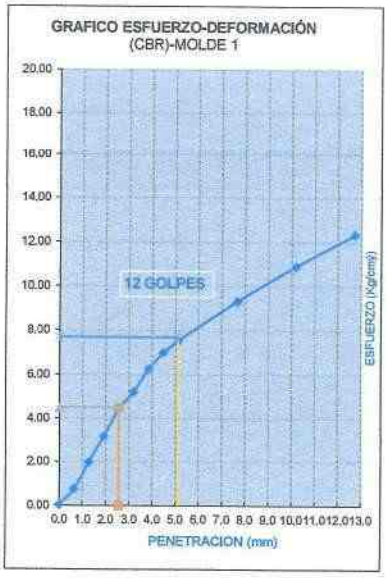
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	8.09	1.84	1.55	0.1	1.84	8.09
2	25	6.90	1.78	2.54	0.1	1.75	6.46
1	12	6.29	1.74	1.75			

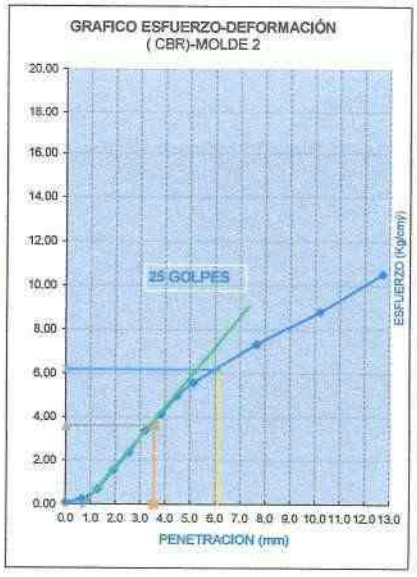


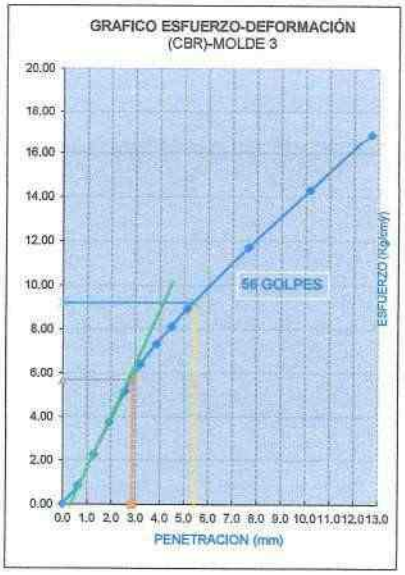
N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.74	6.29	7.12
25	1.78	6.90	5.87
56	1.84	8.09	8.70

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	8.09
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	6.46

6.38







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.74 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.74 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	18.37 %	**Average after soak**	18.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4670.00 g
Soaking Travel	2.010 mm
Swell	1.75 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA FIGH

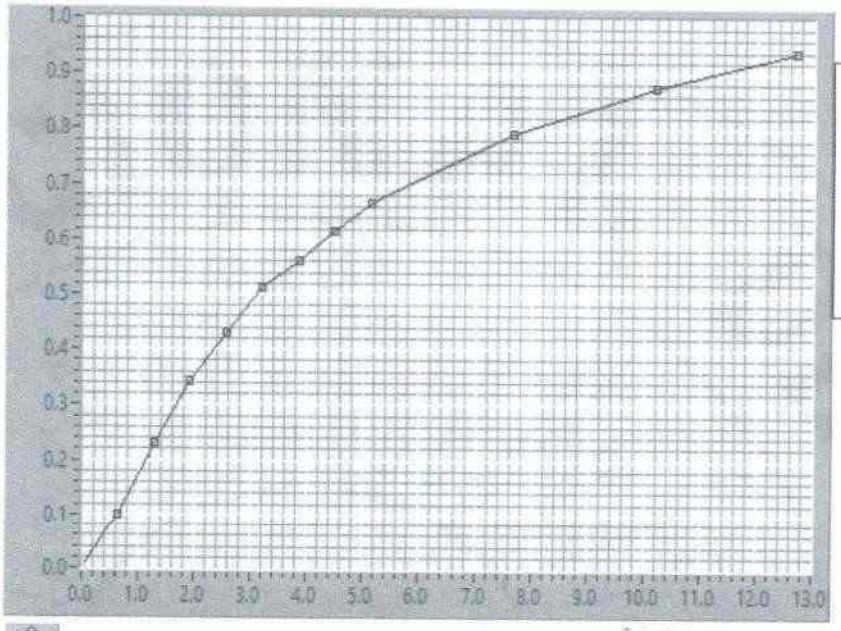
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	6.2	%	6.4	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alvaro Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.78 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.78 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	18.97 %	**Average after soak**	18.97 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4585.00 g
Soaking Travel	2.920 mm
Swell	2.54 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN - UNIDAD EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

P

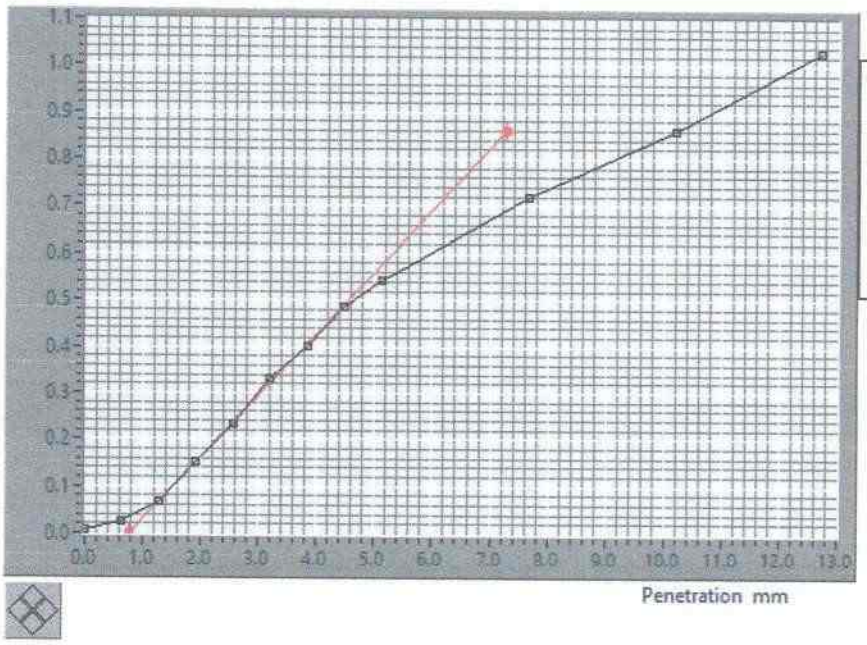
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.0	%	5.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	1.84 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.84 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.02 %	**After Compaction**	9.02 %
Top 1" Layer after penetration	16.76 %	**Average after soak**	16.76 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4670.00 g
Soaking Travel	1.780 mm
Swell	1.55 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE ING. CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

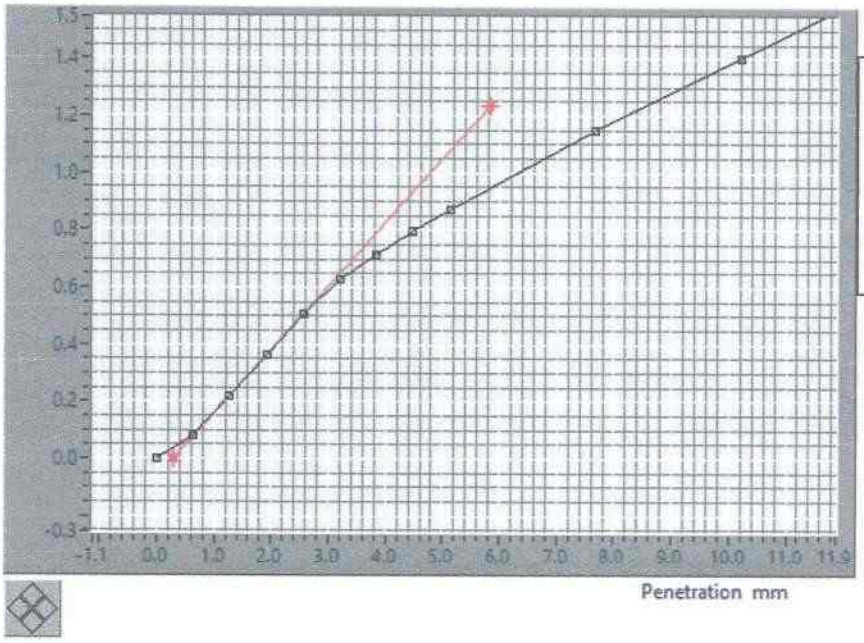
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	0.9	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	8.1	%	8.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01 **MUESTRA:** C1-8%
FECHA: 22/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.902
Humedad Optima (%)	:	9.75

DATOS DE CBR

Molde N°	X		XI		XII	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	12380	12675	12695	12930	11130	11240
Peso del Molde (grs)	8385	8385	8555	8555	6680	6680
Peso del Suelo Humedo (grs)	3995	4290	4140	4375	4450	4560
Volumen del Molde (cm3)	2095	2095	2101	2101	2099	2099
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.907	2.048	1.970	2.082	2.120	2.172
Densidad Seca (grs/cm3)	1.70	1.71	1.76	1.77	1.90	1.90
Tara N°	4		5		2	
Peso del Tara (grs)	36.66		36.32		35.67	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	218.85		224.01		231.62	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	198.86		203.70		210.99	
Peso del Agua (grs)	19.99		20.31		20.63	
Peso del Material Seco (grs)	162.2		167.4		175.3	
Humeda (%)	12.32		12.13		11.77	
(%) Humedad	12.32	19.71	12.13	17.81	11.77	14.24
Densidad Seca (grs/cm3)	1.70	1.71	1.76	1.77	1.90	1.90

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	145	1.45	1.26	118	1.18	1.03	50	0.5	0.43
19/03/2024	15:00	24	148	1.48	1.29	122	1.22	1.06	50	0.5	0.43
20/03/2024	15:00	48	150	1.5	1.30	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48
21/03/2024	15:00	72	153	1.53	1.33	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48
22/03/2024	15:00	96	154	1.54	1.34	130	1.3	1.13	55	0.55	0.48

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		0.627	0.01		0.63	0.01	
0.64	0.030		127.86	3.00		169.228	3.98		212.48	4.99	
1.28	0.050		281.42	6.61		415.549	9.76		708.88	16.65	
1.92	0.080		411.16	9.66		629.277	14.78		1121.92	26.35	
2.56	0.100	70.5	503.92	11.84	16.79	783.463	18.40	26.11	1430.92	33.61	47.68
3.20	0.130		557.83	13.10		888.760	20.88		1688.52	39.66	
3.84	0.150		601.07	14.12		976.508	22.94		1905.38	44.76	
4.48	0.180		636.80	14.96		1049.214	24.65		2114.72	49.68	
5.12	0.200	105.7	673.78	15.83	14.97	1105.623	25.97	24.57	2305.89	54.17	51.25
7.66	0.300		789.73	18.55		1250.407	29.37		2948.95	69.27	
10.19	0.400		893.15	20.98		1365.106	32.07		3453.50	81.13	
12.72	0.500		992.18	23.31		1491.087	35.03		3769.40	88.55	

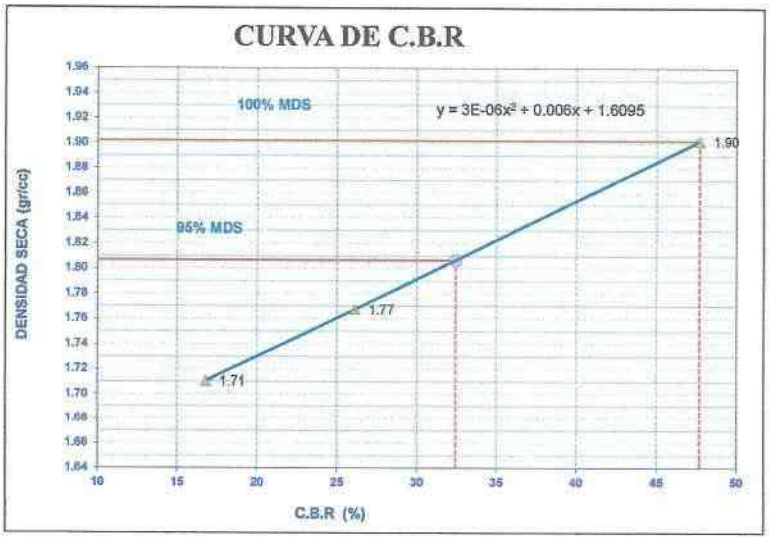
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIONES DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

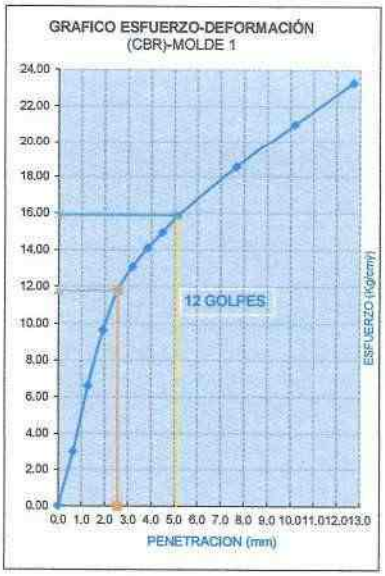
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.902
Humedad Optima (%)	9.75

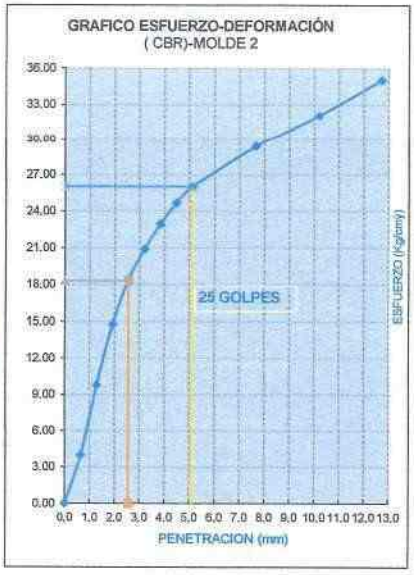
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3)	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	47.68	1.90	0.48	0.1	1.90	47.68
2	25	26.11	1.77	1.13	0.1	1.81	32.45
1	12	16.79	1.71	1.34			



N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.71	16.79	14.97
25	1.77	26.11	24.57
56	1.90	47.68	51.25

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	47.68
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	32.45







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA FIPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.71 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.71 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	19.71 %	**Average after soak**	19.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4290.00 g
Soaking Travel	1.540 mm
Swell	1.34 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Incenduza Soto

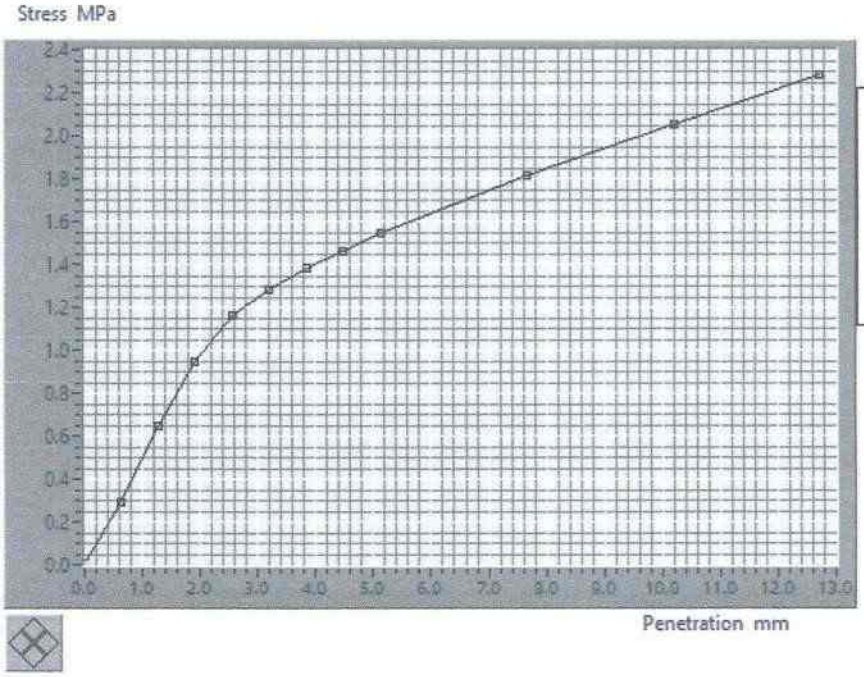
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.2	MPa	1.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	16.7	%	15.0	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE PRODUCCION DE LA FICH

Tec. Lab. Alvaro Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.520 mm		
Height	114.980 mm		
Dry Density before Soak	1.77 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.77 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	17.81 %	**Average after soak**	17.81 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4375.00 g
Soaking Travel	1.300 mm
Swell	1.13 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
AREA DE LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

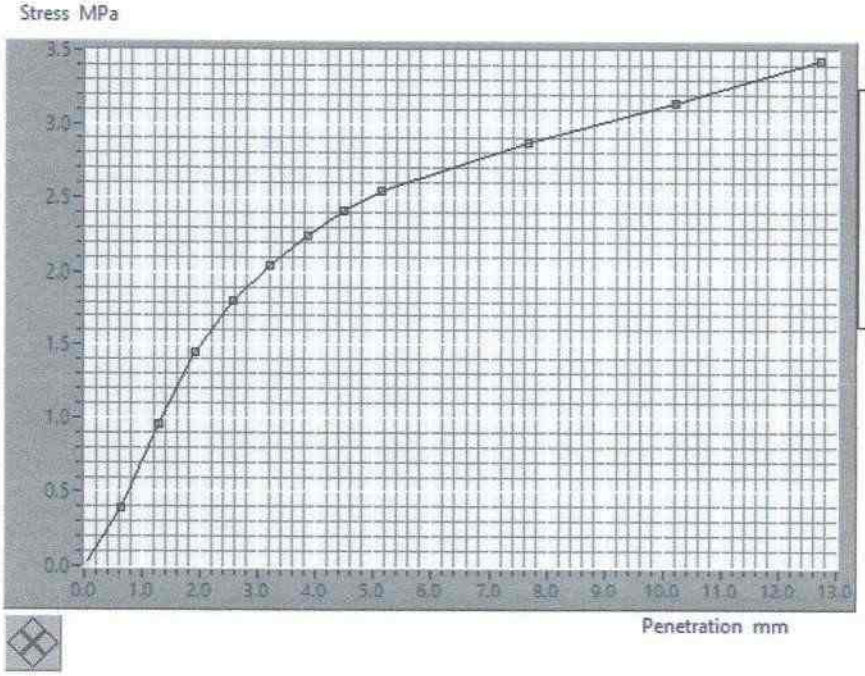
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.8	MPa	2.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	25.9	%	24.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.350 mm		
Height	115.170 mm		
Dry Density before Soak	1.90 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.90 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.75 %	**After Compaction**	9.75 %
Top 1" Layer after penetration	14.24 %	**Average after soak**	14.24 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4560.00 g
Soaking Travel	0.550 mm
Swell	0.48 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION UNIVERSITARIA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

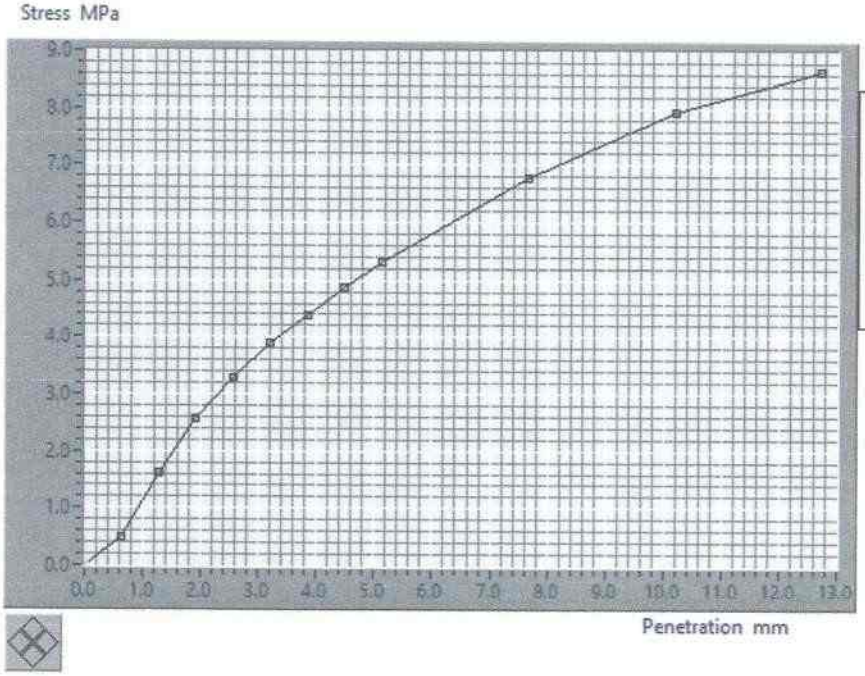
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 8%	**Sample**	01 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.3	MPa	5.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	47.3	%	51.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE [illegible] - LAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01
FECHA: 29/03/2024
MUESTRA: C1-14%
PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	2.017
Humedad Optima (%)	:	9.5

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	12005	11815	12245	12640	12570	12785
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	4075	3885	4340	4735	4635	4850
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.929	1.839	2.066	2.254	2.209	2.312
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.77**	**1.76**	**1.77**	**1.80**	**2.01**	**2.02**
Tara N°	2		18		22	
Peso del Tara (grs)	35.66		36.48		36.41	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	226.56		177.82		228.96	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	210.56		157.87		211.48	
Peso del Agua (grs)	16.00		19.95		17.48	
Peso del Material Seco (grs)	174.9		121.4		175.1	
Humeda (%)	9.15		16.43		9.98	
(%) Humedad	**9.15**	**4.49**	**16.43**	**25.54**	**9.98**	**14.62**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.77**	**1.76**	**1.77**	**1.80**	**2.01**	**2.02**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	174	1.74	1.51	115	1.15	1.00	45	0.45	0.39
26/03/2024	15:00	24	175	1.75	1.52	116	1.16	1.01	47	0.47	0.41
27/03/2024	15:00	48	180	1.8	1.56	118	1.18	1.03	50	0.5	0.43
28/03/2024	15:00	72	182	1.82	1.58	120	1.2	1.04	52	0.52	0.45
29/03/2024	15:00	96	184	1.84	1.60	123	1.23	1.07	54	0.54	0.47

PENETRACIÓN

PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII			MOLDE N° VIII			MOLDE N° IX		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		0.63	0.01		0.00	0.00	
0.64	0.030		47.63	1.12		21.94	0.52		594.18	13.96	
1.28	0.050		84.61	1.99		55.16	1.30		1197.76	28.14	
1.92	0.080		117.83	2.77		119.09	2.80		1647.15	38.69	
2.56	0.100	70.5	149.17	3.50	4.97	212.48	4.99	7.08	1955.52	45.94	65.16
3.20	0.130		172.36	4.05		323.41	7.60		2188.06	51.40	
3.84	0.150		191.79	4.51		414.30	9.73		2354.15	55.30	
4.48	0.180		210.59	4.95		471.96	11.09		2497.05	58.66	
5.12	0.200	105.7	228.14	5.36	5.07	513.95	12.07	11.42	2619.27	61.53	58.21
7.66	0.300		291.45	6.85		619.25	14.55		2854.94	67.06	
10.19	0.400		359.14	8.44		725.80	17.05		3074.94	72.23	
12.72	0.500		420.56	9.88		844.89	19.85		3287.41	77.22	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

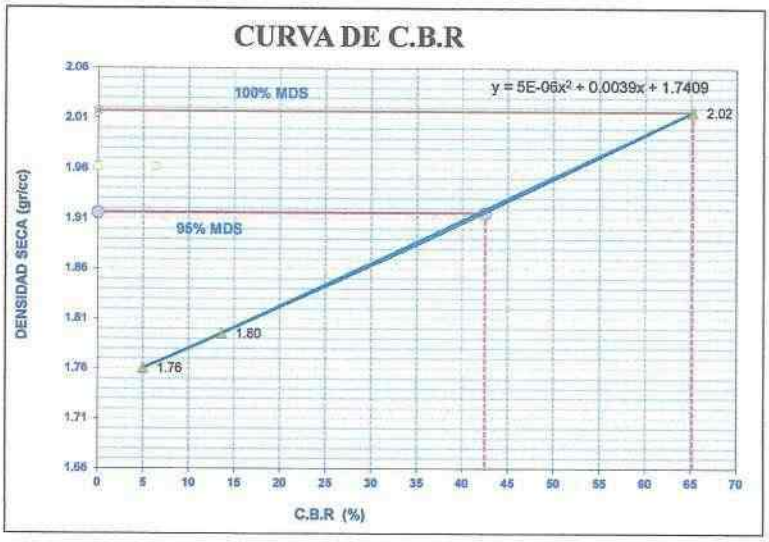
Tec. Lab. Alfredo Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR

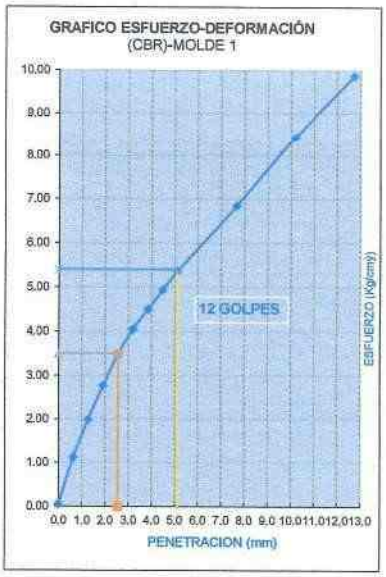
Densidad Máxima (grs/cm3)	2.017
Humedad Optima (%)	9.5

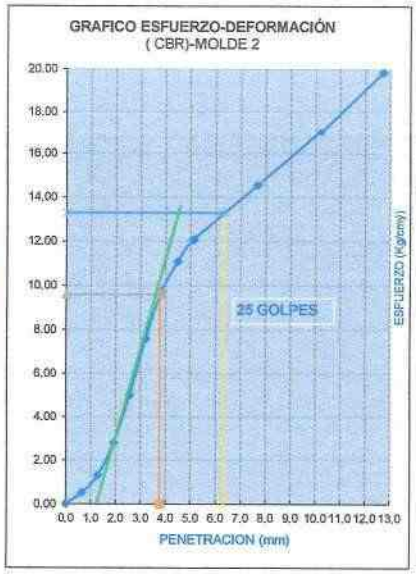
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	65.16	2.02	0.47	0.1	2.02	65.16
2	25	13.62	1.80	1.07	0.1	1.92	42.50
1	12	4.97	1.76	1.60			

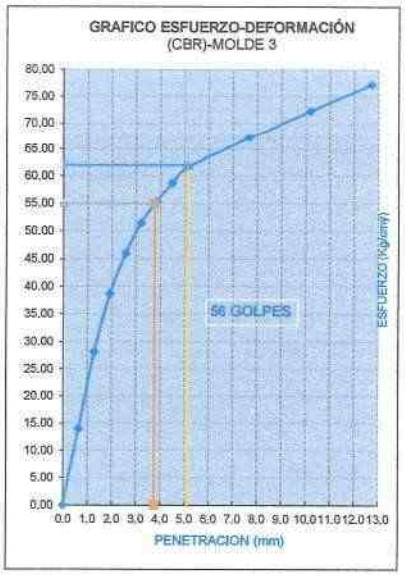


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.76	4.97	5.07
25	1.80	13.62	12.58
56	2.02	65.16	58.21

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	65.16
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	42.50







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.770 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.76 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.76 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	23.61 %	**Average after soak**	23.61 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4205.00 g
Soaking Travel	1.840 mm
Swell	1.60 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCIÓN SOCIAL DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

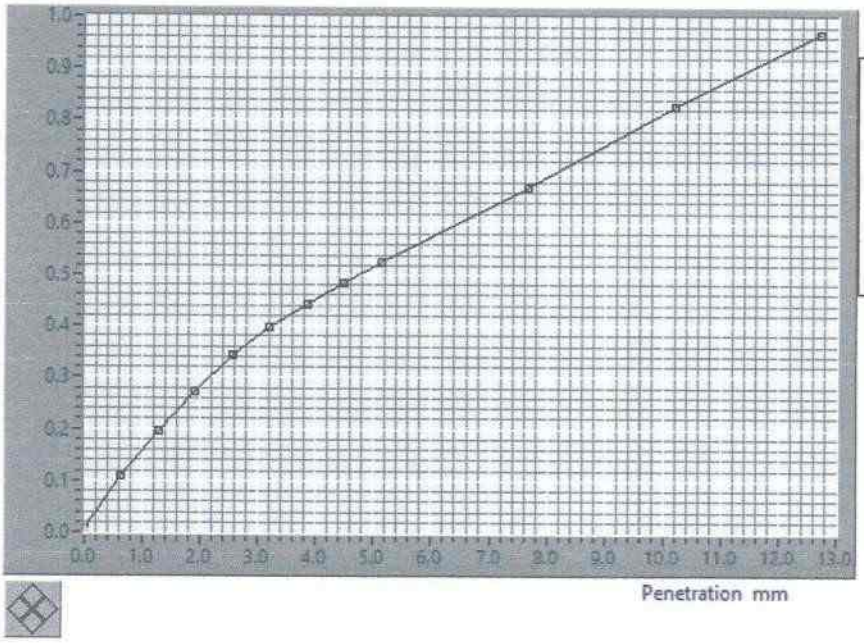
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	4.9	%	5.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE ING. CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN Y GESTIÓN EAPICH

Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.80 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.80 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	20.38 %	**Average after soak**	20.38 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4370.00 g
Soaking Travel	1.230 mm
Swell	1.07 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE MECANICA DE SUELOS DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

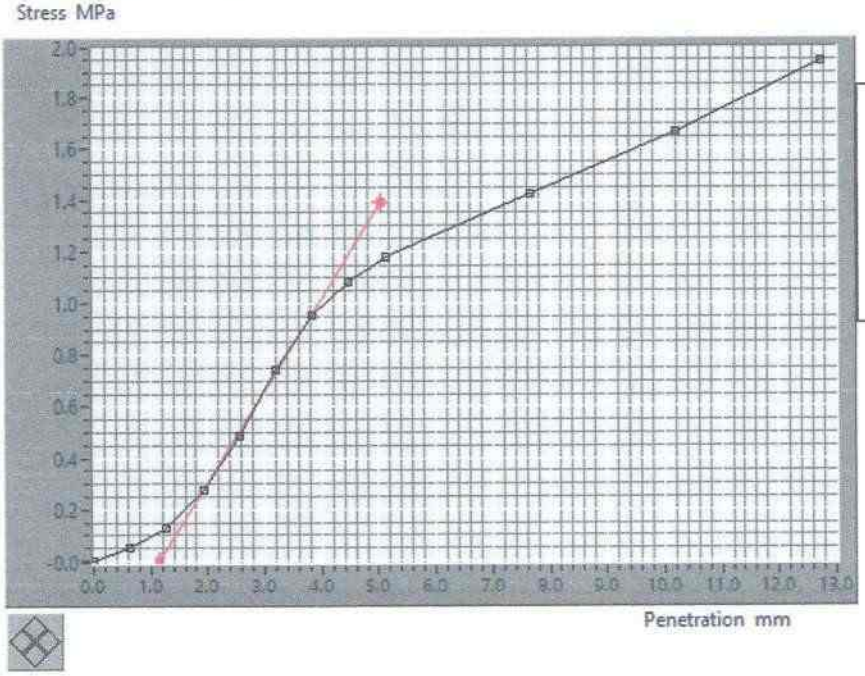
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.9	MPa	1.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	13.1	%	12.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 14% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	2.02 kg/m3	**Dry Density after Soak**	2.02 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	15.03 %	**Average after soak**	15.03 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

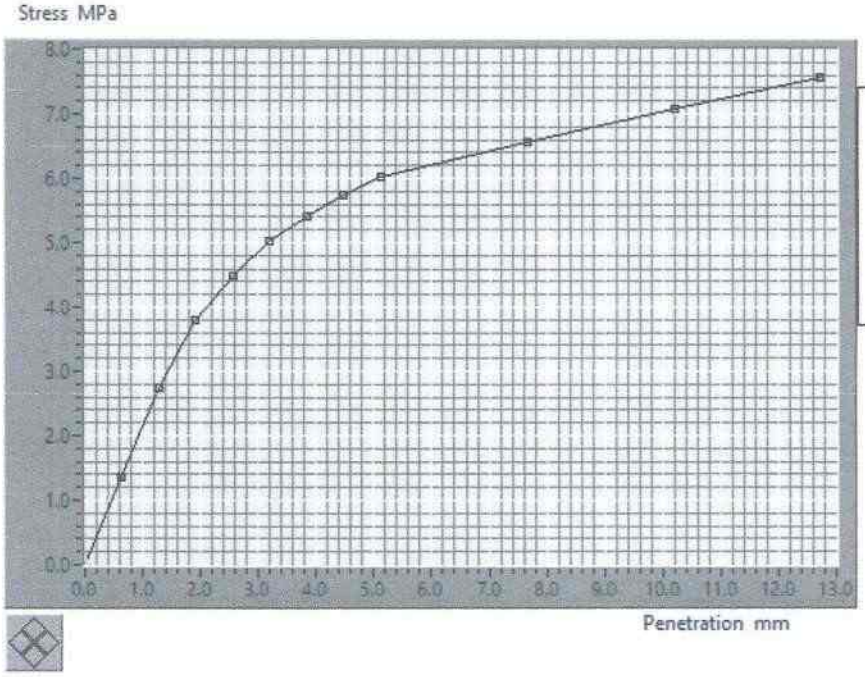
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1	**Sample**	01 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	4.5	MPa	6.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	64.8	%	58.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - FIVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 01 — **MUESTRA:** C1-22%
FECHA: 29/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.792
Humedad Optima (%)	:	12.1

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11735	12060	12020	12200	12190	12310
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	3805	4130	4115	4295	4255	4375
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.802	1.955	1.959	2.044	2.028	2.085
Densidad Seca (grs/cm3)	1.58	1.59	1.70	1.71	1.79	1.79
Tara N°	4		5		15	
Peso del Tara (grs)	36.65		36.30		35.64	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	186.19		193.56		187.44	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.45		172.95		169.30	
Peso del Agua (grs)	18.74		20.61		18.14	
Peso del Material Seco (grs)	130.8		136.7		133.7	
Humeda (%)	14.33		15.08		13.57	
(%) Humedad	14.33	22.87	15.08	19.46	13.57	16.39
Densidad Seca (grs/cm3)	1.58	1.59	1.70	1.71	1.79	1.79

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	85	0.85	0.74	43	0.43	0.37	24	0.24	0.21
26/03/2024	15:00	24	87	0.87	0.76	47	0.47	0.41	26	0.26	0.23
27/03/2024	15:00	48	90	0.9	0.78	52	0.52	0.45	28	0.28	0.24
28/03/2024	15:00	72	93	0.93	0.81	53	0.53	0.46	31	0.31	0.27
29/03/2024	15:00	96	95	0.95	0.83	54	0.54	0.47	35	0.35	0.30

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		1.88	0.04		1.88	0.04	
0.64	0.030		5.64	0.13		362.90	8.52		512.70	12.04	
1.28	0.050		53.28	1.25		715.15	16.80		970.87	22.81	
1.92	0.080		198.06	4.65		955.20	22.44		1331.26	31.27	
2.56	0.100	70.5	329.68	7.74	10.99	1131.32	26.58	37.70	1606.41	37.74	53.53
3.20	0.130		418.68	9.84		1262.94	29.67		1836.44	43.14	
3.84	0.150		482.61	11.34		1353.20	31.79		2030.74	47.70	
4.48	0.180		531.50	12.49		1441.57	33.86		2198.71	51.65	
5.12	0.200	105.7	567.23	13.32	12.61	1518.66	35.67	33.75	2346.00	55.11	52.14
7.66	0.300		680.05	15.97		1726.75	40.56		2747.76	64.55	
10.19	0.400		786.60	18.48		1804.47	42.39		2988.44	70.20	
12.72	0.500		890.01	20.91		1936.09	45.48		3152.03	74.04	

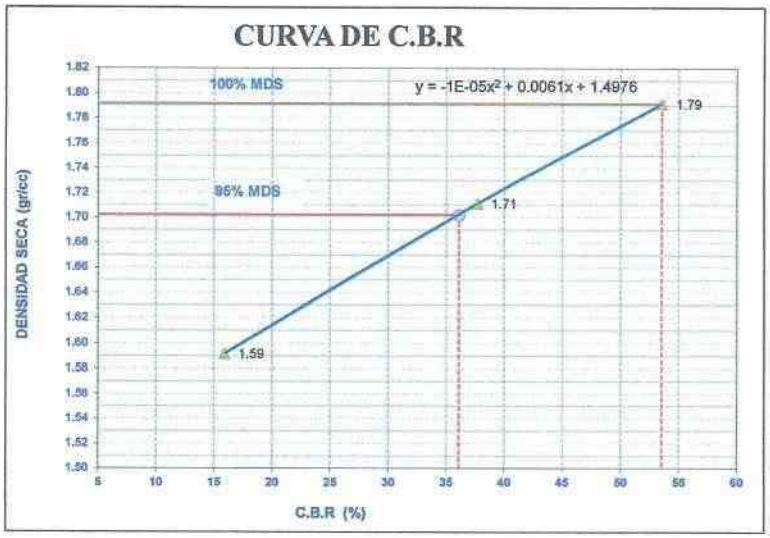
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.792
Humedad Optima (%)	12.1

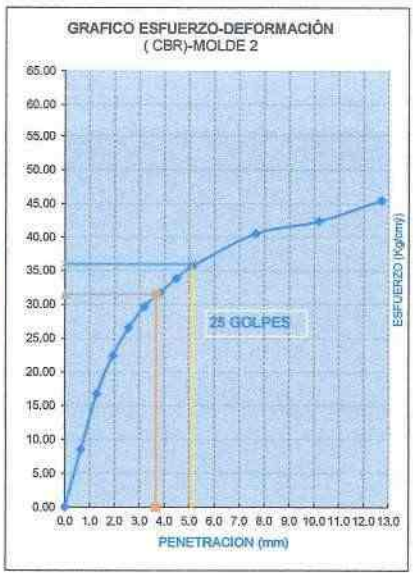
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	53.53	1.79	0.30	0.1	1.79	53.53
2	25	37.70	1.71	0.47	0.1	1.70	36.12
1	12	15.89	1.59	0.83			

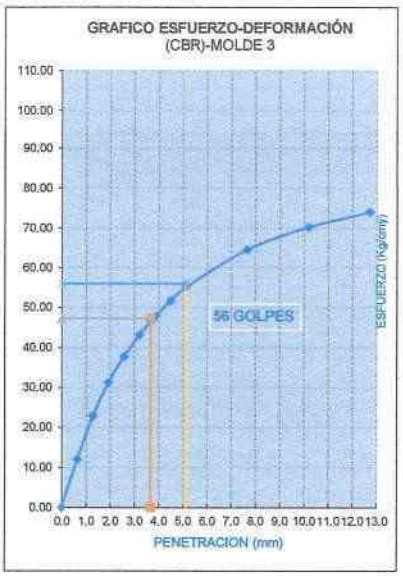


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.59	15.89	13.91
25	1.71	37.70	33.75
56	1.79	53.53	52.14

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	53.53
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	36.12







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE GEOTECNIA - LABORATORIO DE LA FACULTAD
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12 GOLPES
Diameter	152.770 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.59 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.59 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	22.87 %	**Average after soak**	22.87 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4130.00 g
Soaking Travel	0.950 mm
Swell	0.82 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

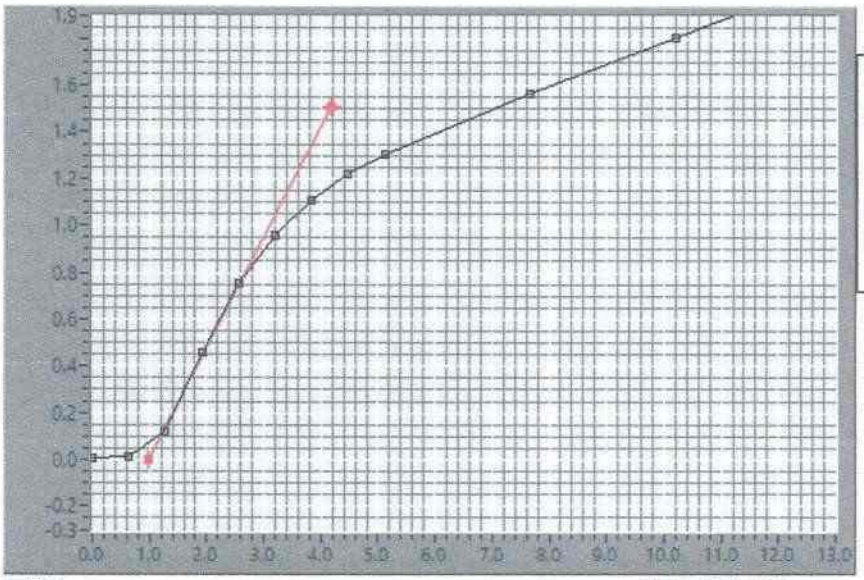
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.0	MPa	1.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	15.0	%	13.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN - LIMAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.71 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.71 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	18.15 %	**Average after soak**	18.15 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4295.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - FICA
AREA DE INVESTIGACION DE LEAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

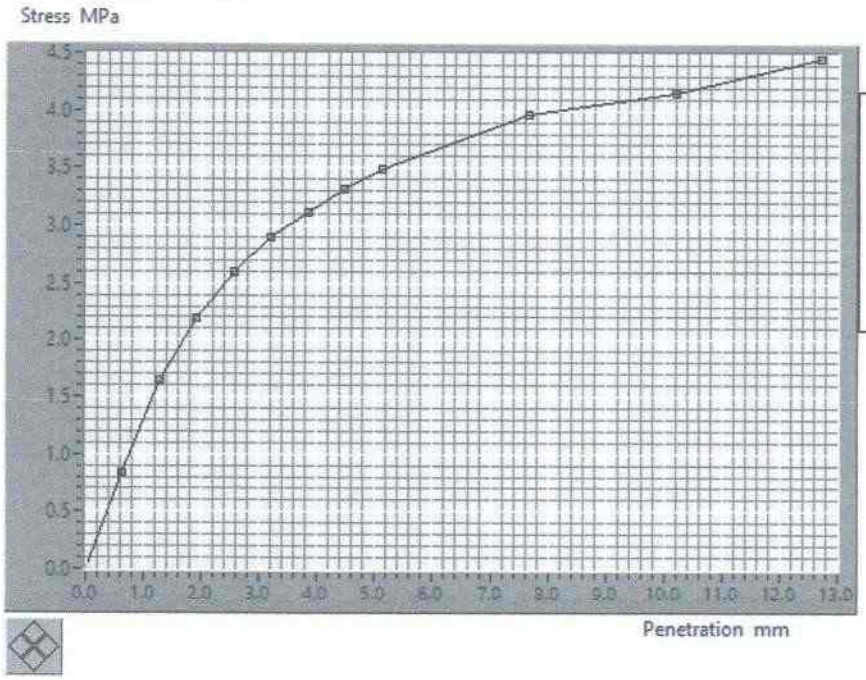
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.6	MPa	3.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	37.5	%	33.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION Y LABORATORIO
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA AL 22 %
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 56 GOLPES
Diameter	152.200 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	12.10 %	**After Compaction**	12.10 %
Top 1" Layer after penetration	16.39 %	**Average after soak**	16.39 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4375.00 g
Soaking Travel	0.350 mm
Swell	0.30 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

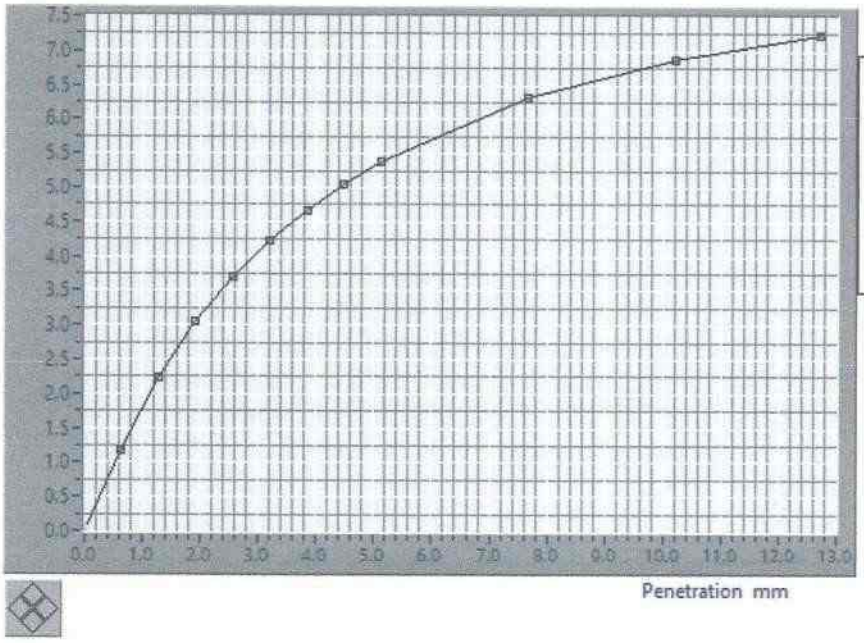
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 1 22%	**Sample**	01 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.7	MPa	5.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	53.2	%	52.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL - UNCA
AREA DE PRODUCCIÓN Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 — **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 22/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.878
Humedad Optima (%)	:	8.4

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11520	11625	11030	11195	11245	11295
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	4320	4425	4300	4465	4495	4545
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.063	2.113	2.046	2.124	2.145	2.168
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.77**	**1.77**	**1.79**	**1.79**	**1.88**	**1.88**
Tara N°	15		13		18	
Peso del Tara (grs)	35.62		35.67		36.31	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	235.01		211.10		209.40	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	206.52		188.76		187.70	
Peso del Agua (grs)	28.49		22.34		21.70	
Peso del Material Seco (grs)	170.9		153.1		151.4	
Humeda (%)	16.67		14.59		14.33	
(%) Humedad	**16.67**	**19.10**	**14.59**	**18.43**	**14.33**	**15.45**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.77**	**1.77**	**1.79**	**1.79**	**1.88**	**1.88**

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	29	0.29	0.25	80	0.8	0.70	35	0.35	0.30
19/03/2024	15:00	24	31	0.31	0.27	85	0.85	0.74	39	0.39	0.34
20/03/2024	15:00	48	38	0.38	0.33	117	1.17	1.02	48	0.48	0.42
21/03/2024	15:00	72	43	0.43	0.37	131	1.31	1.14	52	0.52	0.45
22/03/2024	15:00	96	45	0.45	0.39	136	1.36	1.18	54	0.54	0.47

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV CARGA (lb)	MOLDE N° IV ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IV CBR (%) Corregido	MOLDE N° V CARGA (lb)	MOLDE N° V ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° V CBR (%) Corregido	MOLDE N° VI CARGA (lb)	MOLDE N° VI ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VI CBR (%) Corregido
0.00	0.000		0.00	0.00		3.134	0.07		5.64	0.13	
0.64	0.030		60.17	1.41		43.874	1.03		38.23	0.90	
1.28	0.050		105.92	2.49		91.508	2.15		99.66	2.34	
1.92	0.080		125.98	2.96		116.579	2.74		153.56	3.61	
2.56	0.100	70.5	160.45	3.77	5.35	156.693	3.68	5.22	205.77	4.83	6.86
3.20	0.130		171.11	4.02		178.630	4.20		224.38	5.27	
3.84	0.150		181.76	4.27		200.567	4.71		240.05	5.64	
4.48	0.180		204.33	4.80		228.771	5.37		265.75	6.24	
5.12	0.200	105.7	215.61	5.06	4.79	235.666	5.54	5.24	293.51	6.89	6.54
7.66	0.300		266.38	6.26		295.209	6.93		348.48	8.19	
10.19	0.400		299.60	7.04		335.322	7.88		415.55	9.76	
12.72	0.500		347.86	8.17		367.287	8.63		470.08	11.04	

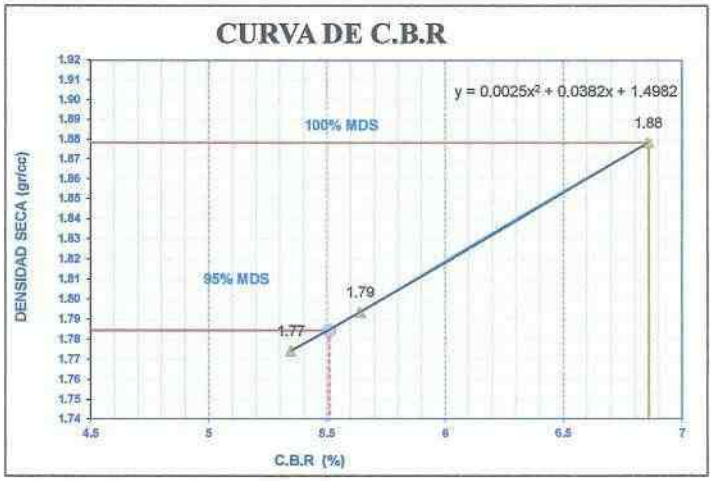
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.4

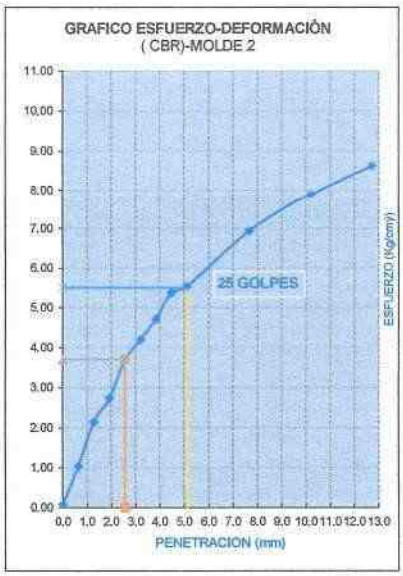
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	ón (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	6.86	1.88	0.47	0.1	1.88	6.86
2	25	5.64	1.79	1.18	0.1	1.78	5.51
1	12	5.35	1.77	0.39			

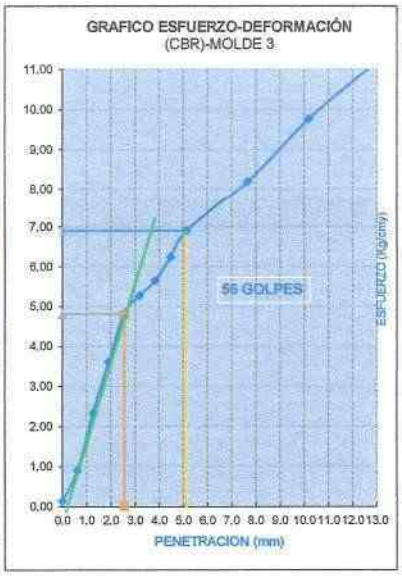


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.77	5.35	4.79
25	1.79	5.64	5.24
56	1.88	6.86	6.52

Resultados	0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	6.86
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	5.51







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.40 %	**After Compaction**	8.40 %
Top 1" Layer after penetration	11.08 %	**Average after soak**	11.08 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4525.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

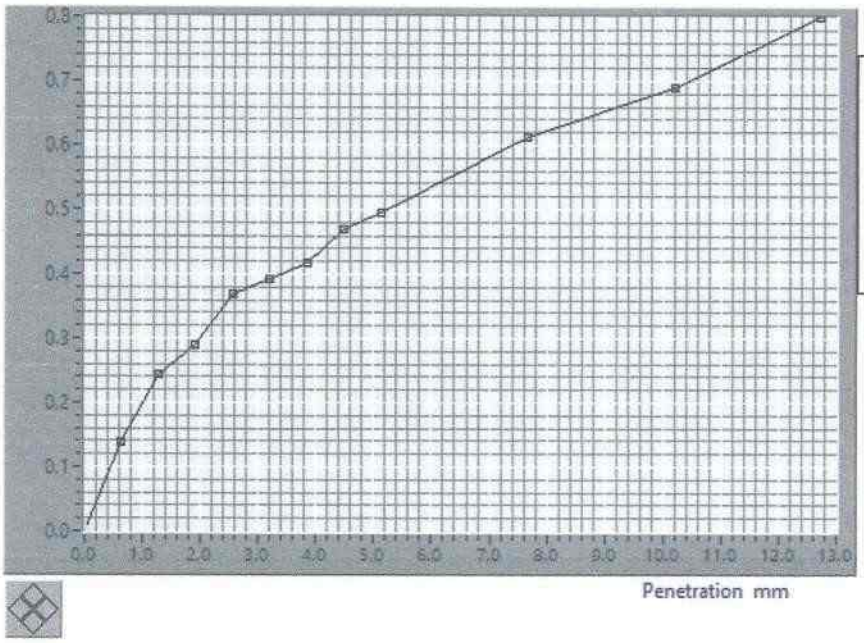
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.3	%	4.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACIÓN Y DE LA EAPICH

Ted. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.40 %	**After Compaction**	8.40 %
Top 1" Layer after penetration	11.08 %	**Average after soak**	12.58 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4555.00 g
Soaking Travel	1.360 mm
Swell	1.18 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PROYECCIÓN SOCIAL DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

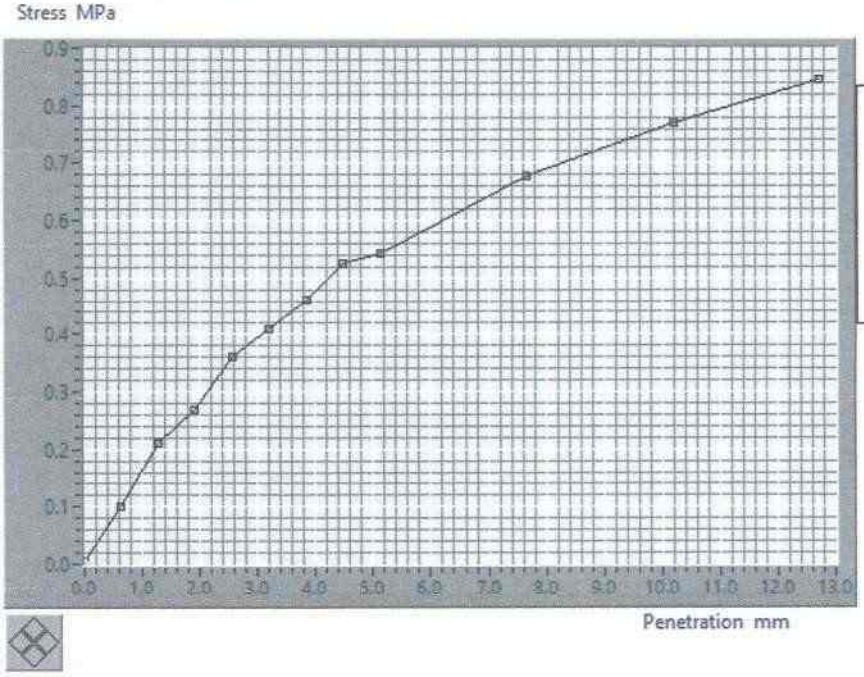
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.4	MPa	0.5	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	5.2	%	5.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.98 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.98 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.50 %	**After Compaction**	8.50 %
Top 1" Layer after penetration	9.71 %	**Average after soak**	9.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4545.00 g
Soaking Travel	0.540 mm
Swell	0.47 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE INVESTIGACIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

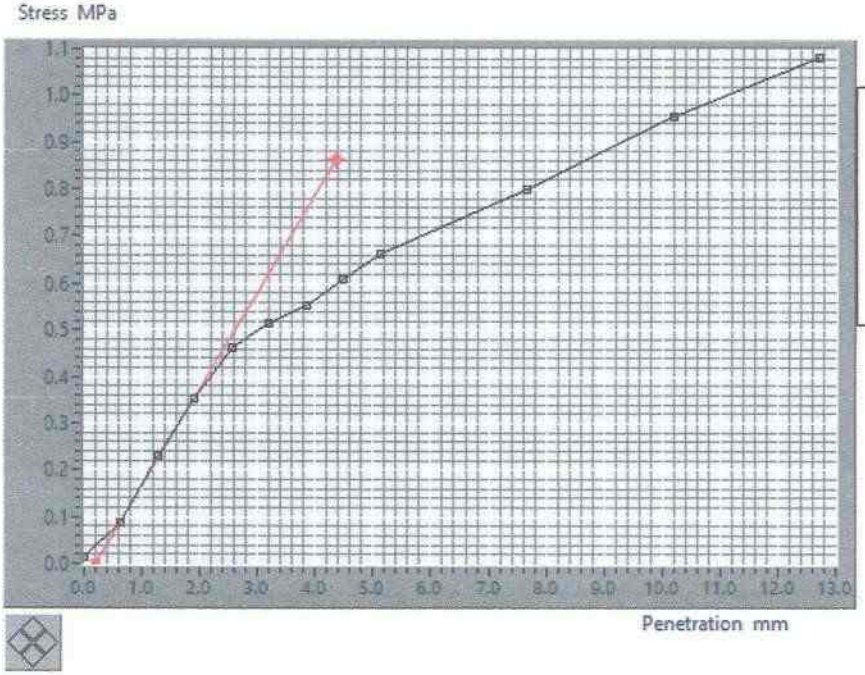
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.5	MPa	0.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	6.9	%	6.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: Nº 02 — **MUESTRA:** C2-8%
FECHA: 22/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.935
Humedad Optima (%)	:	9.50

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11385	11555	11535	11615	11625	11675
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4225	4395	4395	4475	4465	4515
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.015	2.096	2.097	2.135	2.128	2.152
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.82**	**1.83**	**1.88**	**1.88**	**1.93**	**1.93**
Tara N°	13		4		4	
Peso del Tara (grs)	35.67		36.41		36.64	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	204.76		225.30		233.79	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	188.81		205.83		215.67	
Peso del Agua (grs)	15.95		19.47		18.12	
Peso del Material Seco (grs)	153.1		169.4		179.0	
Humeda (%)	10.42		11.49		10.12	
(%) Humedad	**10.42**	**14.44**	**11.49**	**13.31**	**10.12**	**11.24**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.82**	**1.83**	**1.88**	**1.88**	**1.93**	**1.93**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	128	1.28	1.11	40	0.4	0.35	36	0.36	0.31
19/03/2024	15:00	24	130	1.3	1.13	42	0.42	0.37	38	0.38	0.33
20/03/2024	15:00	48	134	1.34	1.16	43	0.43	0.37	40	0.4	0.35
21/03/2024	15:00	72	137	1.37	1.19	45	0.45	0.39	43	0.43	0.37
22/03/2024	15:00	96	139	1.39	1.21	45	0.45	0.39	45	0.45	0.39

PENETRACIÓN

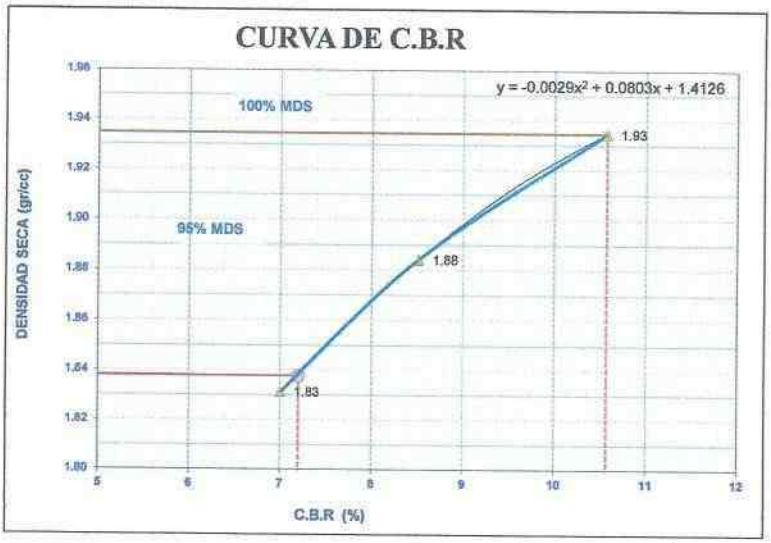
PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		0.00	0.00		0.627	0.01		0.63	0.01	
0.64	0.030		57.04	1.34		3.134	0.07		56.41	1.33	
1.28	0.050		152.93	3.59		0.627	0.01		140.40	3.30	
1.92	0.080		268.88	6.32		3.761	0.09		235.67	5.54	
2.56	0.100	70.5	362.90	8.52	12.09	25.698	0.60	0.86	317.15	7.45	10.57
3.20	0.130		429.96	10.10		77.093	1.81		379.82	8.92	
3.84	0.150		481.36	11.31		149.171	3.50		436.23	10.25	
4.48	0.180		522.73	12.28		213.102	5.01		481.99	11.32	
5.12	0.200	105.7	565.97	13.30	12.58	267.004	6.27	5.93	525.86	12.35	11.69
7.66	0.300		683.18	16.05		401.760	9.44		658.11	15.46	
10.19	0.400		779.08	18.30		497.656	11.69		783.46	18.40	
12.72	0.500		868.08	20.39		585.404	13.75		895.65	21.04	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

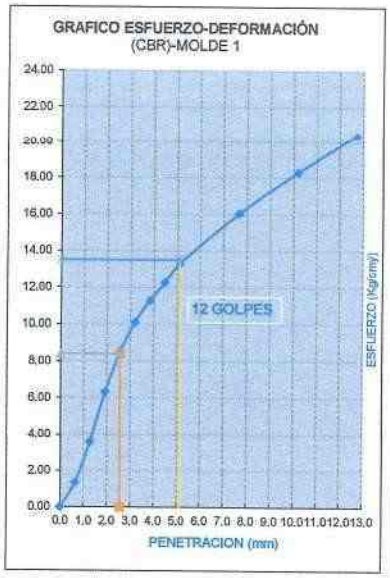
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.935
Humedad Optima (%)	9.5

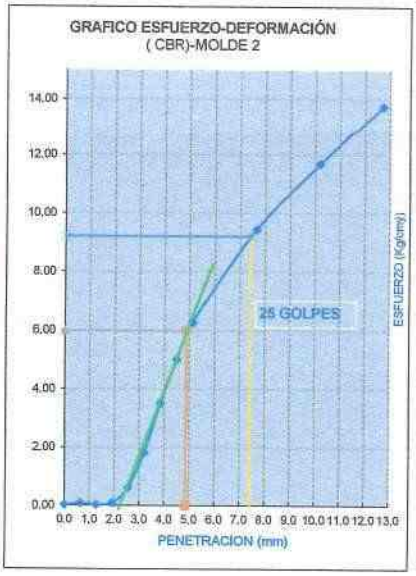
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	10.57	1.93	0.39	0.1	1.93	10.57
2	25	8.51	1.88	0.39	0.1	1.84	7.20
1	12	7.00	1.83	1.21			

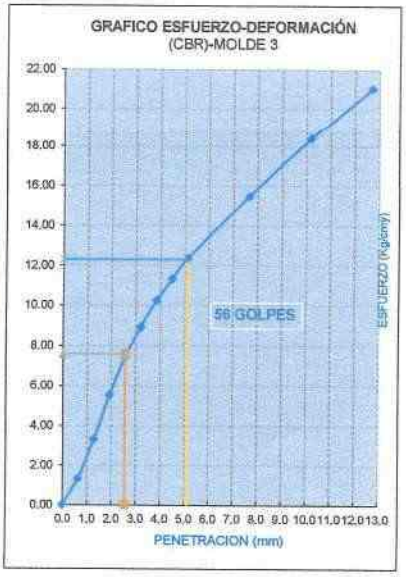


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.83	7.00	12.58
25	1.88	8.51	8.70
56	1.93	10.57	11.69

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	10.57
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	7.20







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.83 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.83 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.5 %	**After Compaction**	9.5 %
Top 1" Layer after penetration	14.44 %	**Average after soak**	14.44 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4395.00 g
Soaking Travel	1.390 mm
Swell	1.21 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE INVESTIGACION DE LABORATORIO

Tec. Ibk. Alfredo Mendoza Soto

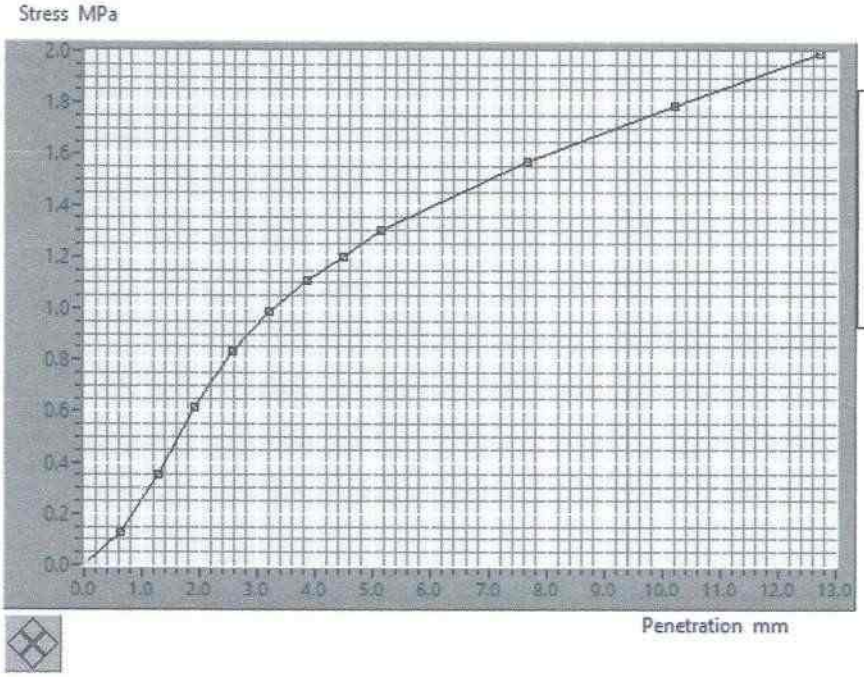
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.8	MPa	1.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	12.0	%	12.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - FIVCA
AREA DE TRANSPORTES Y GEOTECNIA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO A 25 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.5 %	**After Compaction**	9.5 %
Top 1" Layer after penetration	12.01 %	**Average after soak**	12.01 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

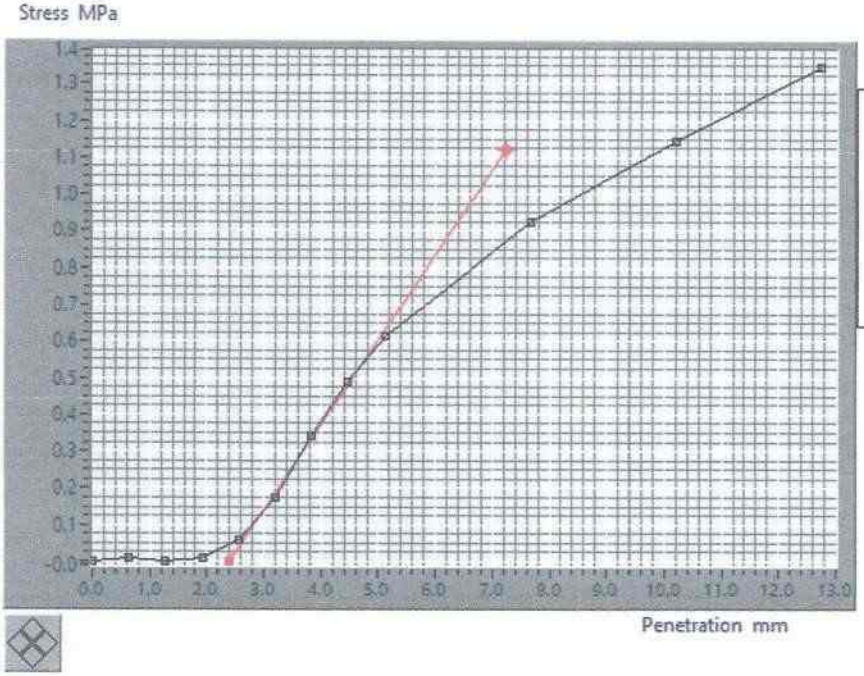
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	0.9	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	8.4	%	8.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sota

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA CON CENIZA 8%
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	1.93 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.93 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.50 %	**After Compaction**	9.50 %
Top 1" Layer after penetration	11.24 %	**Average after soak**	11.24 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4515.00 g
Soaking Travel	0.450 mm
Swell	0.39 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE LABORATORIO DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

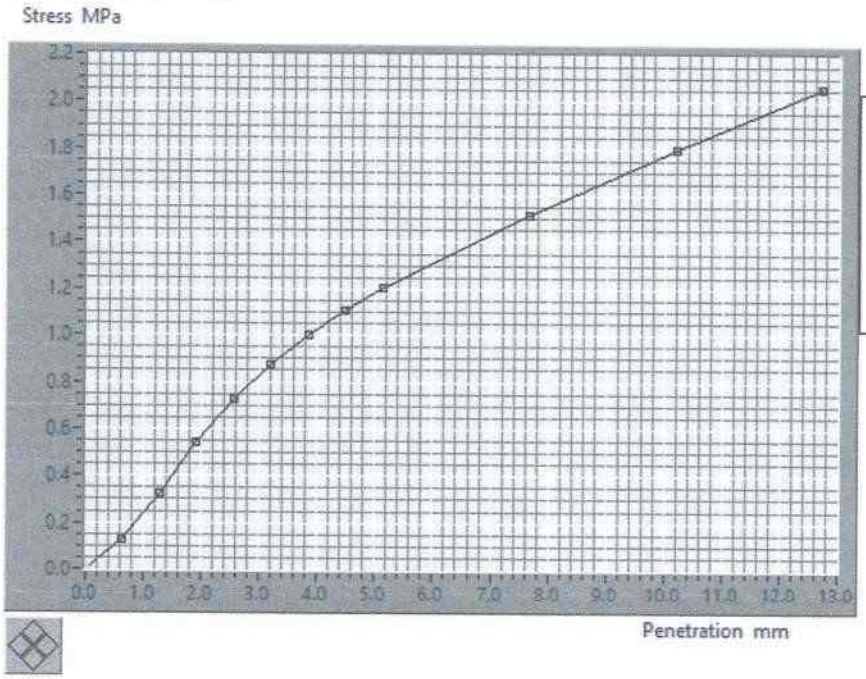
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2	**Sample**	02 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.7	MPa	1.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	10.5	%	11.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION SOCIAL EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA
CALICATA: N° 02
FECHA: 29/03/2024
MUESTRA: C2-14%
PROFUNDIDA: 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	2.042
Humedad Optima (%)	:	10.30

DATOS DE CBR

Molde N°	I		II		III	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11445	11665	11595	11765	11865	11930
Peso del Molde (grs)	7160	7160	7140	7140	7160	7160
Peso del Suelo Humedo (grs)	4285	4505	4455	4625	4705	4770
Volumen del Molde (cm3)	2097	2097	2096	2096	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	2.043	2.148	2.125	2.207	2.243	2.274
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.85**	**1.86**	**1.87**	**1.88**	**2.04**	**2.04**
Tara N°	1		2		13	
Peso del Tara (grs)	36.22		35.67		35.68	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	202.45		188.76		175.09	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	186.89		170.65		162.49	
Peso del Agua (grs)	15.56		18.11		12.60	
Peso del Material Seco (grs)	150.7		135.0		126.8	
Humeda (%)	10.33		13.42		9.94	
(%) Humedad	**10.33**	**15.46**	**13.42**	**17.23**	**9.94**	**11.32**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.85**	**1.86**	**1.87**	**1.88**	**2.04**	**2.04**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	30	0.3	0.26	68	0.68	0.59	15	0.15	0.13
26/03/2024	15:00	24	34	0.34	0.30	71	0.71	0.62	15	0.15	0.13
27/03/2024	15:00	48	36	0.36	0.31	74	0.74	0.64	17	0.17	0.15
28/03/2024	15:00	72	38	0.38	0.33	76	0.76	0.66	18	0.18	0.16
29/03/2024	15:00	96	40	0.4	0.35	80	0.8	0.70	19	0.19	0.17

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° I CARGA (lb)	MOLDE N° I ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° I CBR (%) Corregido	MOLDE N° II CARGA (lb)	MOLDE N° II ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° II CBR (%) Corregido	MOLDE N° III CARGA (lb)	MOLDE N° III ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° III CBR (%) Corregido
0.00	0.000		1.88	0.04		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		62.68	1.47		125.35	2.94		309.62	7.27	
1.28	0.050		362.27	8.51		456.29	10.72		1014.11	23.82	
1.92	0.080		594.81	13.97		723.92	17.01		1633.36	38.37	
2.56	0.100	70.5	735.20	17.27	24.50	910.70	21.39	30.34	2089.03	49.07	69.61
3.20	0.130		830.47	19.51		1036.05	24.34		2440.02	57.32	
3.84	0.150		905.68	21.28		1117.53	26.25		2720.81	63.91	
4.48	0.180		972.12	22.84		1171.43	27.52		2945.19	69.18	
5.12	0.200	105.7	1027.28	24.13	22.83	1224.71	28.77	27.22	3130.09	73.53	69.56
7.66	0.300		1175.19	27.61		1410.86	33.14		3114.42	73.16	
10.19	0.400		1274.85	29.95		1556.27	36.56		3142.63	73.82	
12.72	0.500		1356.96	31.88		1686.64	39.62		3342.57	78.52	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION DE LA EAPICH

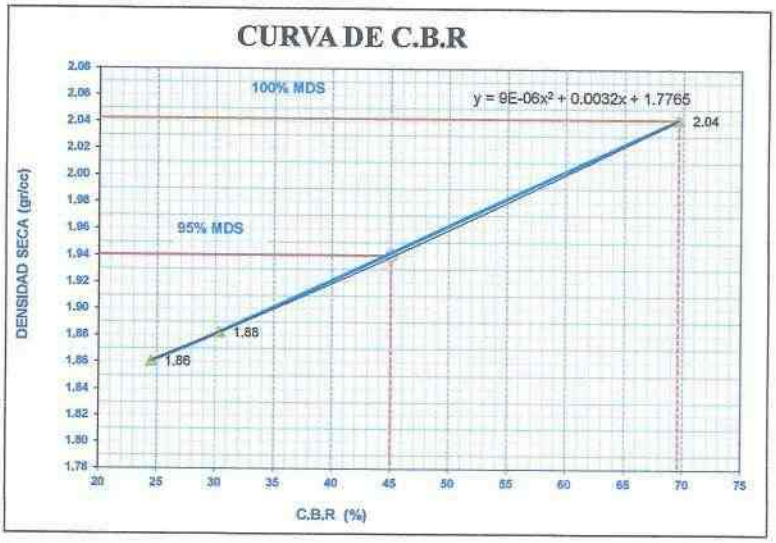
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Sote

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	2.042
Humedad Optima (%)	10.3

especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	69.61	2.04	0.17	0.1	2.04	69.61
2	25	30.34	1.88	0.70	0.1	1.94	45.03
1	12	24.50	1.86	0.35			

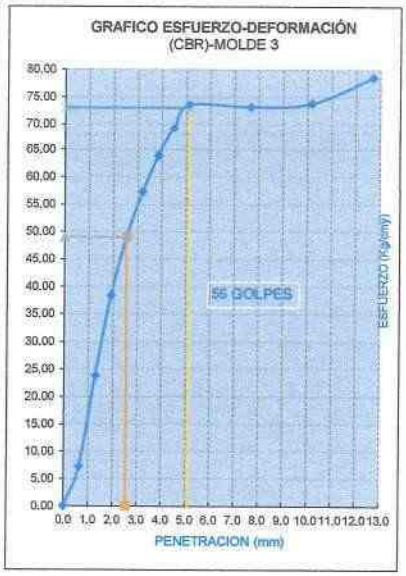


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.86	24.50	22.83
25	1.88	30.34	27.22
56	2.04	69.61	69.56

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	69.61
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	45.03







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA E.A.P.I.C.H.

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.300 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.86 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.86 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	15.71 %	**Average after soak**	15.71 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4305.00 g
Soaking Travel	0.400 mm
Swell	0.35 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
ARCHIVO DE PROCEDENCIA DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

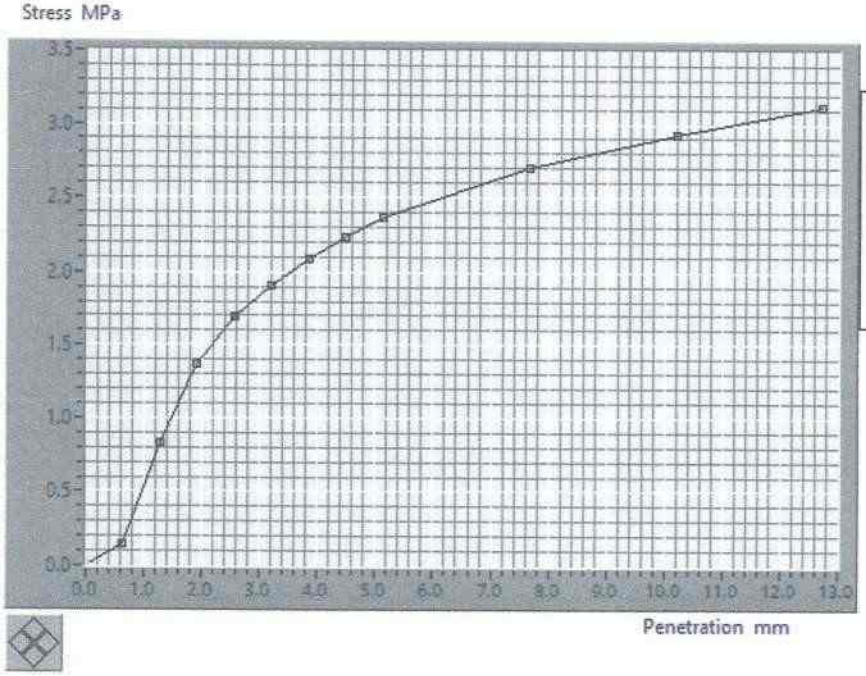
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.7	MPa	2.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	24.3	%	22.8	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EXPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	
Diameter	152.310 mm		
Height	115.050 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	14.19 %	**Average after soak**	14.19 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4425.00 g
Soaking Travel	0.800 mm
Swell	0.70 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

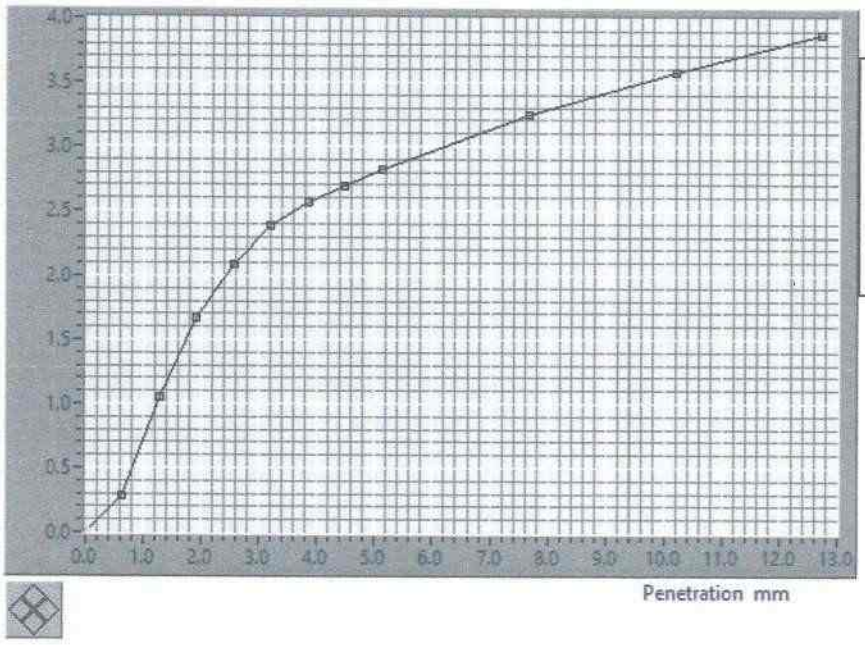
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.1	MPa	2.8	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	30.1	%	27.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Luis Alfredo Mendoza Sota

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	115.090 mm		
Dry Density before Soak	2.04 kg/m3	**Dry Density after Soak**	2.04 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	10.30 %	**After Compaction**	10.30 %
Top 1" Layer after penetration	11.38 %	**Average after soak**	11.38 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4570.00 g
Soaking Travel	0.190 mm
Swell	0.17 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

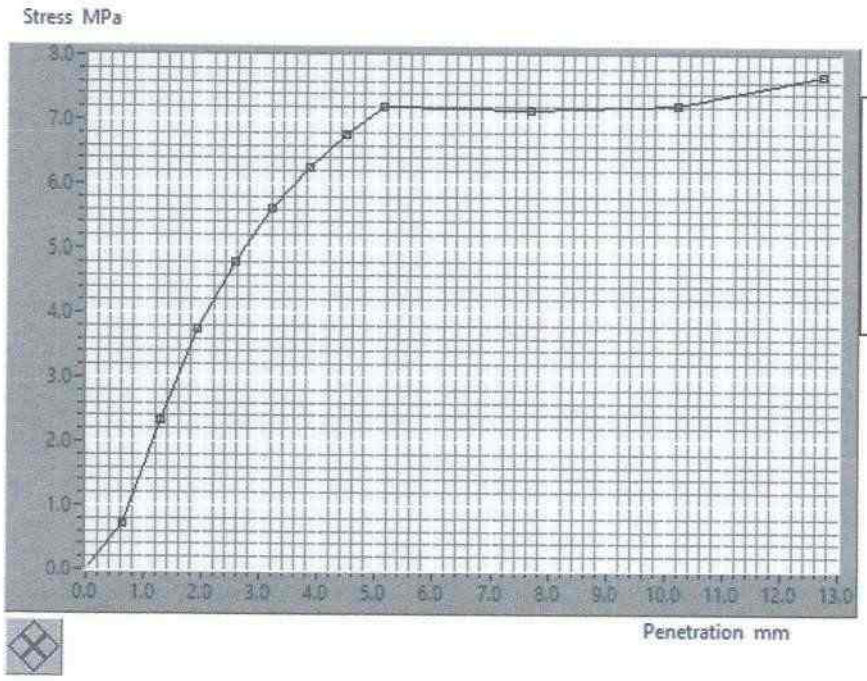
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 14%	**Sample**	02 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	4.8	MPa	7.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	69.1	%	69.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION DE LA EAPICH

Tec. Ing. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 02 **MUESTRA:** C2-22%

FECHA: 29/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	867
Humedad Optima (%)	:	9.52

DATOS DE CBR

Molde N°	**XII**		**XI**		**X**	
Ensayo	**5**		**5**		5	
Golpes por capa N°	**12**		**25**		56	
COND. DE LA MUESTRA	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**	**NO SATURADO**	**SATURADO**
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	10605	10950	12670	12925	12685	12855
Peso del Molde (grs)	6680	6680	8555	8555	8385	8385
Peso del Suelo Humedo (grs)	3925	4270	4115	4370	4300	4470
Volumen del Molde (cm3)	2099	2099	2101	2101	2095	2095
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.870	2.034	1.959	2.080	2.053	2.134
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.76**	**1.77**	**1.86**	**1.87**
Tara N°	12		18		13	
Peso del Tara (grs)	35.55		36.35		35.67	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	213.74		182.48		209.08	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	196.38		167.76		192.86	
Peso del Agua (grs)	17.36		14.72		16.22	
Peso del Material Seco (grs)	160.8		131.4		157.2	
Humeda (%)	**10.79**		**11.20**		**10.32**	
(%) Humedad	**10.79**	**19.58**	**11.20**	**17.40**	**10.32**	**14.27**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.76**	**1.77**	**1.86**	**1.87**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	100	1	0.87	314	3.14	2.73	195	1.95	1.69
26/03/2024	15:00	24	106	1.06	0.92	316	3.16	2.75	198	1.98	1.72
27/03/2024	15:00	48	109	1.09	0.95	318	3.18	2.76	200	2	1.74
28/03/2024	15:00	72	111	1.11	0.96	320	3.2	2.78	203	2.03	1.76
29/03/2024	15:00	96	115	1.15	1.00	322	3.22	2.80	205	2.05	1.78

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° XII CARGA (lb)	MOLDE N° XII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° XII CBR (%) Corregido	MOLDE N° XI CARGA (lb)	MOLDE N° XI ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° XI CBR (%) Corregido	MOLDE N° X CARGA (lb)	MOLDE N° X ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° X CBR (%) Corregido
0.00	0.000		-31.97	-0.75		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		68.94	1.62		265.12	6.23		298.34	7.01	
1.28	0.050		287.69	6.76		559.71	13.15		805.40	18.92	
1.92	0.080		473.21	11.12		789.10	18.54		1233.48	28.98	
2.56	0.100	70.5	601.70	14.13	20.05	990.92	23.28	33.02	1546.87	36.34	51.54
3.20	0.130		689.45	16.20		1153.88	27.11		1808.23	42.48	
3.84	0.150		755.89	17.76		1274.85	29.95		2024.47	47.56	
4.48	0.180		817.31	19.20		1372.00	32.23		2204.98	51.80	
5.12	0.200	105.7	869.96	20.44	19.33	1460.37	34.31	32.46	2351.02	55.23	52.25
7.66	0.300		1014.11	23.82		1729.26	40.62		2767.19	65.00	
10.19	0.400		1118.79	26.28		1915.41	44.99		3018.53	70.91	
12.72	0.500		1220.95	28.68		2053.30	48.23		3242.28	76.16	

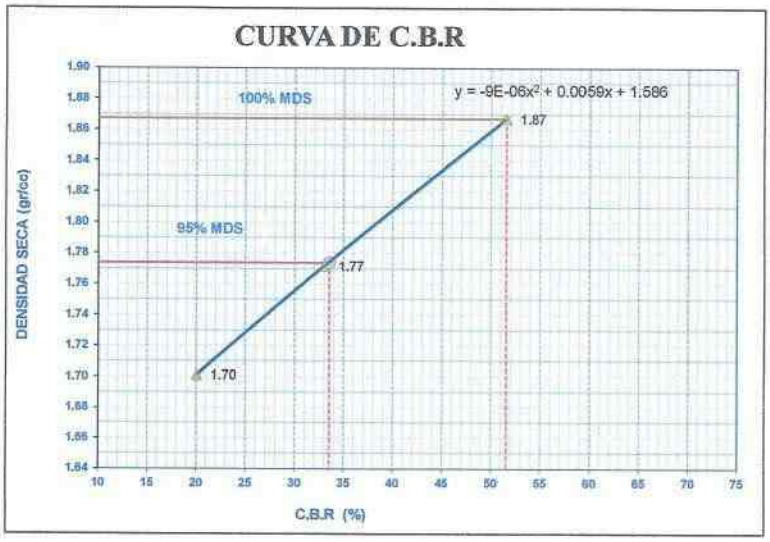
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

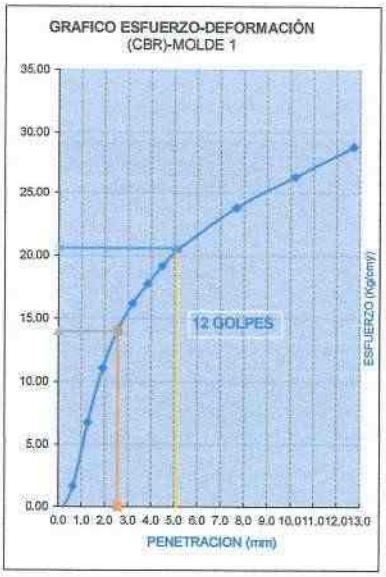
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	867
Humedad Optima (%)	9.52

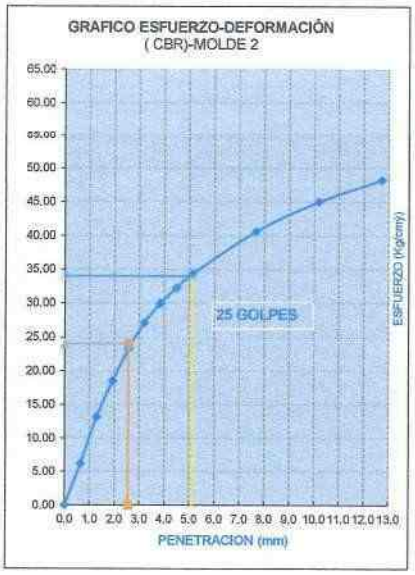
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	51.54	1.87	1.78	0.1	1.87	51.54
2	25	33.02	1.77	2.80	0.1	1.77	33.52
1	12	20.05	1.70	1.00			

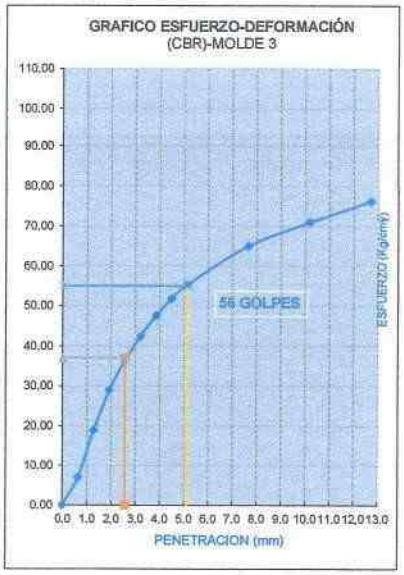


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.70	20.05	19.33
25	1.77	33.02	32.46
56	1.87	51.54	52.25

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	51.54
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	33.52







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.350 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.70 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.70 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	19.58 %	**Average after soak**	19.58 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4270.00 g
Soaking Travel	1.150 mm
Swell	1.00 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

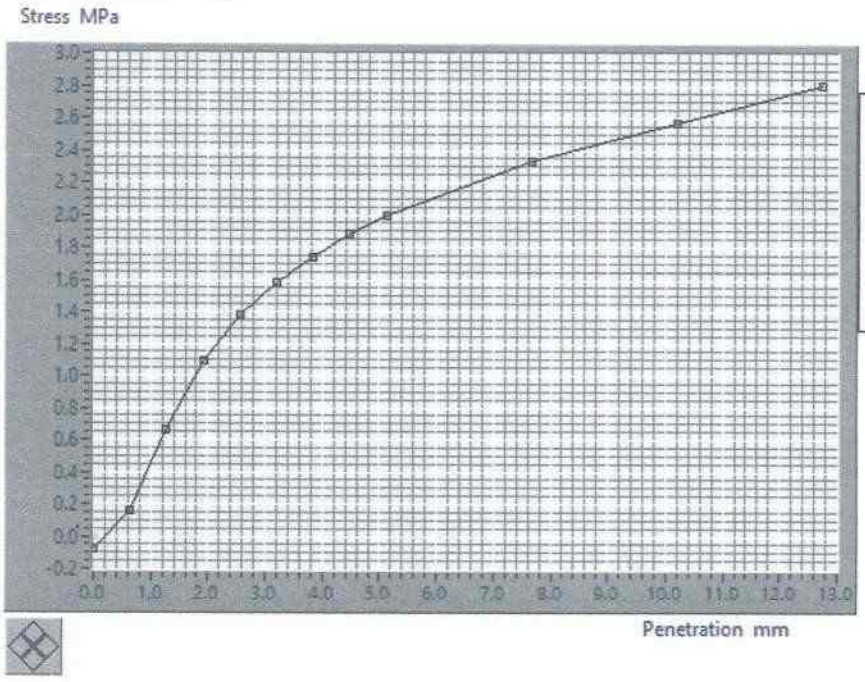
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 - 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.4	MPa	2.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	19.9	%	19.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.520 mm		
Height	114.980 mm		
Dry Density before Soak	1.77 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.77 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	16.73 %	**Average after soak**	16.73 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4370.00 g
Soaking Travel	3.220 mm
Swell	2.80 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

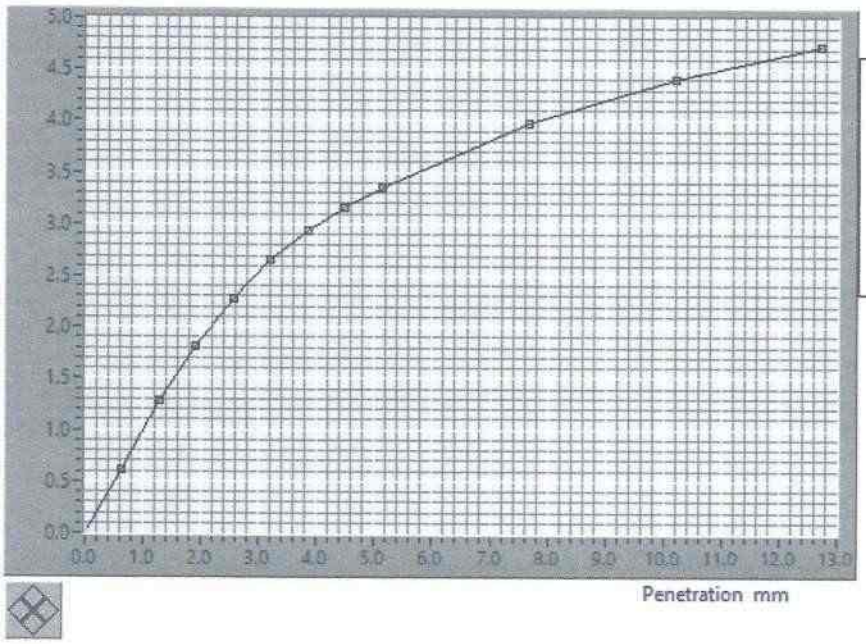
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 - 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.3	MPa	3.3	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	32.8	%	32.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADA AL 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.360 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.87 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.87 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.52 %	**After Compaction**	9.52 %
Top 1" Layer after penetration	14.27 %	**Average after soak**	14.27 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4470.00 g
Soaking Travel	2.050 mm
Swell	1.78 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Ldo. Alfredo Mendoza Solis

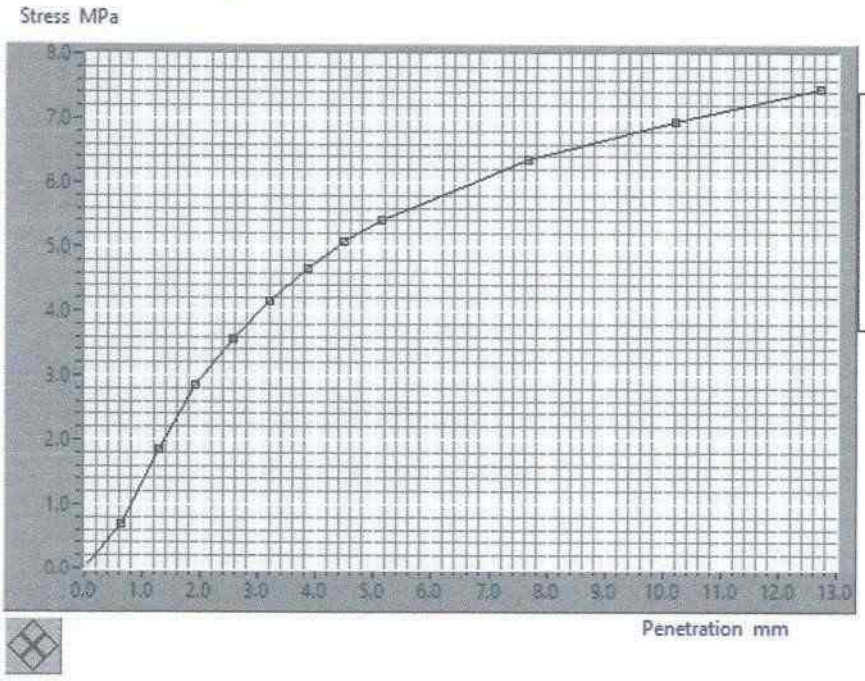
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 2 22%	**Sample**	02 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.5	MPa	5.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	51.2	%	52.3	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCIÓN DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — **MUESTRA:** NATURAL

FECHA: 22/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.787
Humedad Optima (%)	:	8.65

DATOS DE CBR

Molde N°	VII		VIII		IX	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11445	12205	11650	12355	12025	12690
Peso del Molde (grs)	7930	7930	7905	7905	7935	7935
Peso del Suelo Humedo (grs)	3515	4275	3745	4450	4090	4755
Volumen del Molde (cm3)	2112	2112	2101	2101	2098	2098
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.664	2.024	1.782	2.118	1.949	2.266
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.50**	**1.53**	**1.67**	**1.69**	**1.77**	**1.79**
Tara N°	15		13		18	
Peso del Tara (grs)	36.49		36.40		36.41	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	208.97		207.04		208.99	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	191.95		196.20		192.74	
Peso del Agua (grs)	17.02		10.84		16.25	
Peso del Material Seco (grs)	155.5		159.8		156.3	
Humeda (%)	10.95		6.78		10.39	
(%) Humedad	**10.95**	**32.57**	**6.78**	**25.61**	**10.39**	**26.65**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.50**	**1.53**	**1.67**	**1.69**	**1.77**	**1.79**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	186	1.86	1.62	290	2.9	2.52	258	2.58	2.24
19/03/2024	15:00	24	195	1.95	1.69	303	3.03	2.63	261	2.61	2.27
20/03/2024	15:00	48	206	2.06	1.79	315	3.15	2.74	345	3.45	3.00
21/03/2024	15:00	72	210	2.1	1.82	320	3.2	2.78	369	3.69	3.21
22/03/2024	15:00	96	212	2.12	1.84	321	3.21	2.79	375	3.75	3.26

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° VII CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido	MOLDE N° IX CARGA (lb)	ESFUERZO (kgf/cm²)	CBR (%) Corregido
0.00	0.000		-10.03	-0.24		2.507	0.06		1.88	0.04	
0.64	0.030		-9.40	-0.22		20.683	0.49		24.44	0.57	
1.28	0.050		1.88	0.04		31.339	0.74		40.74	0.96	
1.92	0.080		3.76	0.09		45.754	1.07		47.63	1.12	
2.56	0.100	70.5	22.56	0.53	0.75	53.902	1.27	1.80	55.16	1.30	1.84
3.20	0.130		36.35	0.85		58.916	1.38		62.68	1.47	
3.84	0.150		34.47	0.81		61.423	1.44		72.08	1.69	
4.48	0.180		40.11	0.94		68.318	1.60		77.09	1.81	
5.12	0.200	105.7	55.16	1.30	1.23	66.438	1.56	1.48	85.24	2.00	1.89
7.66	0.300		53.90	1.27		83.360	1.96		119.71	2.81	
10.19	0.400		68.32	1.60		100.910	2.37		160.45	3.77	
12.72	0.500		77.72	1.83		116.579	2.74		206.83	4.86	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
AREA DE PROFESIONAL DE LA EAPICH

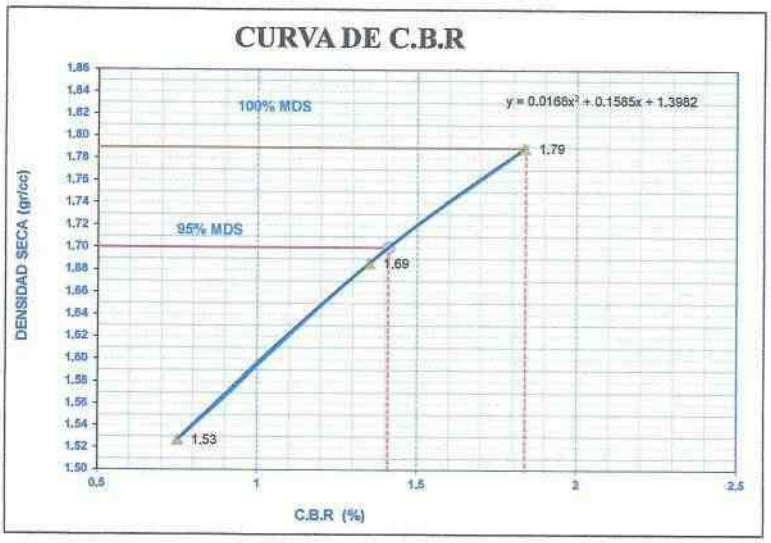
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR

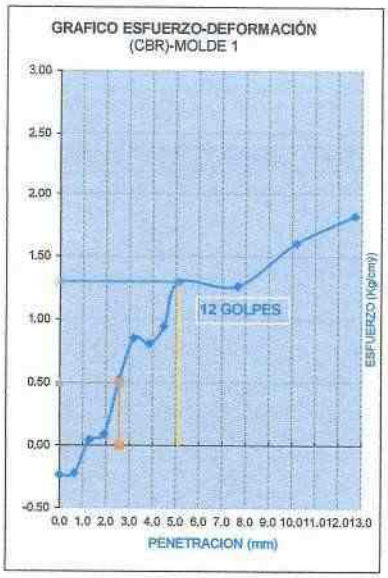
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.787
Humedad Optima (%)	8.65

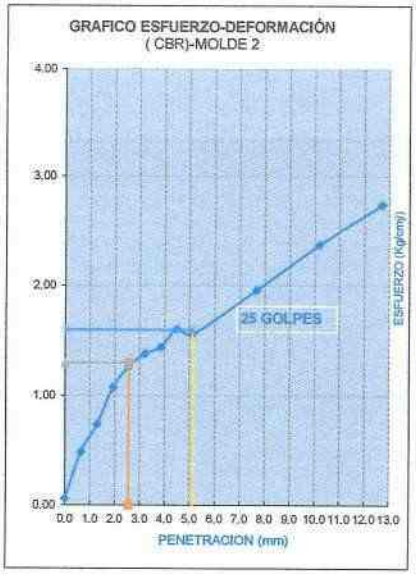
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	1.84	1.79	3.26	0.1	1.79	1.84
2	25	1.35	1.69	2.79	0.1	1.70	1.41
1	12	0.75	1.53	1.84			

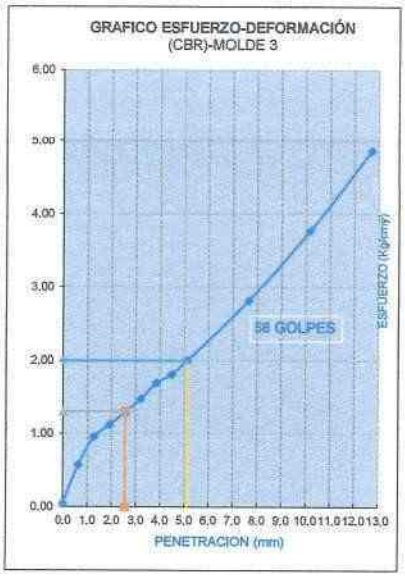


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.53	0.75	1.23
25	1.69	1.35	1.48
56	1.79	1.84	1.89

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	1.84
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	1.41







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 12 GOLPES
Diameter	152.270 mm		
Height	115.230 mm		
Dry Density before Soak	1.53 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.53 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	32.29 %	**Average after soak**	32.29 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4275.00 g
Soaking Travel	2.120 mm
Swell	1.84 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCIÓN DE LA FIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

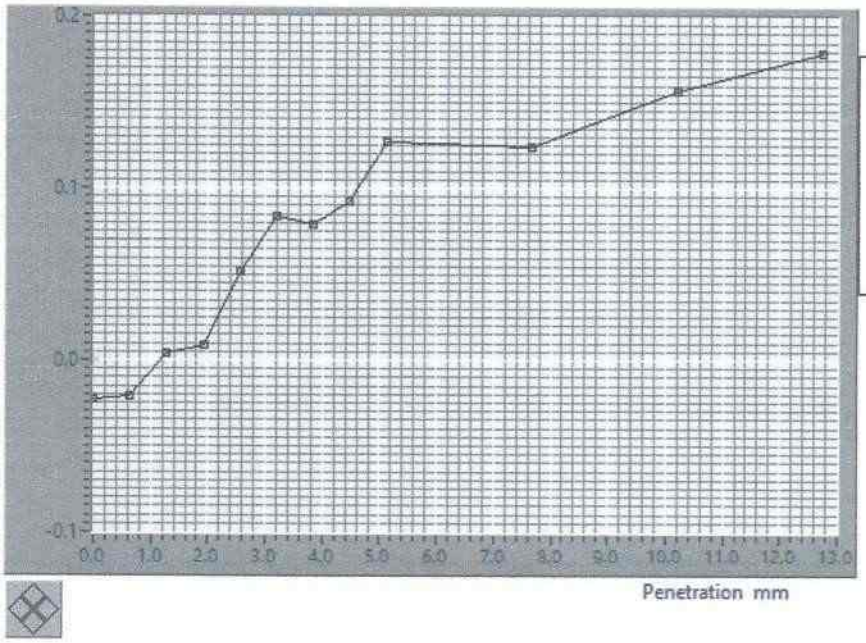
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.1	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	0.7	%	1.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.69 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.69 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	29.25 %	**Average after soak**	29.25 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4450.00 g
Soaking Travel	3.210 mm
Swell	2.79 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

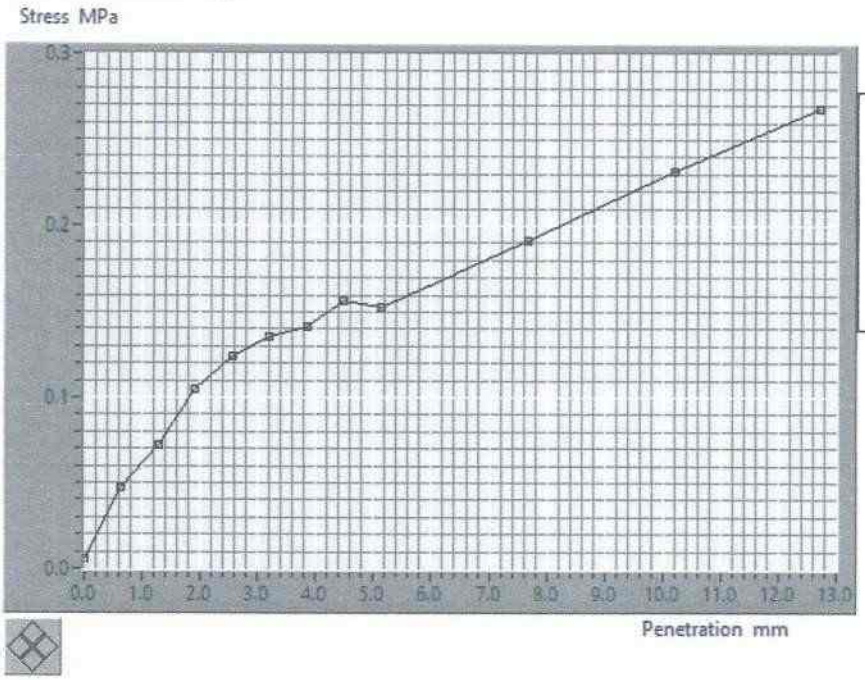
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	1.8	%	1.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA NATURAL
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.79 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.79 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.65 %	**After Compaction**	8.65 %
Top 1" Layer after penetration	27.06 %	**Average after soak**	27.06 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4661.00 g
Soaking Travel	3.740 mm
Swell	3.25 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

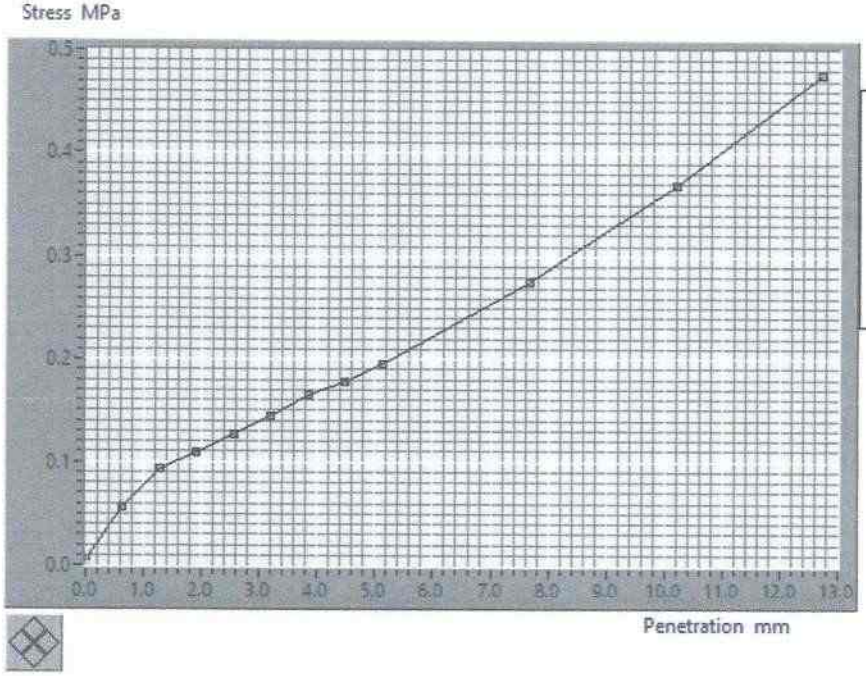
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.1	MPa	0.2	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	1.8	%	1.9	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Luis Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 **MUESTRA:** C3-8%

FECHA: 22/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.878
Humedad Optima (%)	:	8.77

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11095	11465	10885	11205	11045	11330
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	3895	4265	4155	4475	4295	4580
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.860	2.037	1.977	2.129	2.049	2.185
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.83**	**1.84**	**1.87**	**1.88**
Tara N°	1		5		21	
Peso del Tara (grs)	36.25		36.32		36.84	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	213.10		198.18		186.04	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	197.02		186.20		172.80	
Peso del Agua (grs)	16.08		11.98		13.24	
Peso del Material Seco (grs)	160.8		149.9		136.0	
Humeda (%)	10.00		7.99		9.74	
(%) Humedad	**10.00**	**19.50**	**7.99**	**15.69**	**9.74**	**16.37**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.69**	**1.70**	**1.83**	**1.84**	**1.87**	**1.88**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
18/03/2024	15:00	0	70	0.7	0.61	236	2.36	2.05	143	1.43	1.24
19/03/2024	15:00	24	73	0.73	0.63	238	2.38	2.07	145	1.45	1.26
20/03/2024	15:00	48	75	0.75	0.65	240	2.4	2.09	148	1.48	1.29
21/03/2024	15:00	72	78	0.78	0.68	243	2.43	2.11	150	1.5	1.30
22/03/2024	15:00	96	80	0.8	0.69	245	2.45	2.13	155	1.55	1.35

PENETRACIÓN

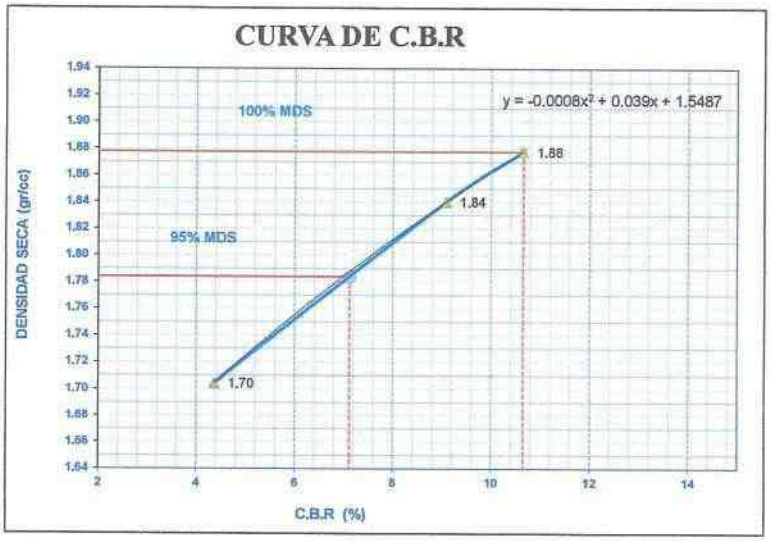
PENETRACION		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV			MOLDE N° V			MOLDE N° VI		
			CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)	CARGA	ESFUERZO	CBR (%)
mm	pulg		(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido	(lb)	(kgf/cm²)	Corregido
0.00	0.000		0.63	0.01		3.134	0.07		3.76	0.09	
0.64	0.030		25.07	0.59		55.156	1.30		60.17	1.41	
1.28	0.050		55.16	1.30		122.220	2.87		141.65	3.33	
1.92	0.080		94.02	2.21		203.074	4.77		229.40	5.39	
2.56	0.100	70.5	131.00	3.08	4.36	272.645	6.40	9.08	319.65	7.51	10.65
3.20	0.130		165.47	3.89		328.428	7.72		413.04	9.70	
3.84	0.150		194.93	4.58		374.809	8.80		492.64	11.57	
4.48	0.180		221.88	5.21		413.042	9.70		560.96	13.18	
5.12	0.200	105.7	241.31	5.67	5.36	445.634	10.47	9.90	616.12	14.47	13.69
7.66	0.300		300.85	7.07		553.438	13.00		783.46	18.40	
10.19	0.400		347.23	8.16		641.186	15.06		918.22	21.57	
12.72	0.500		387.97	9.11		727.680	17.09		1062.38	24.96	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA SAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

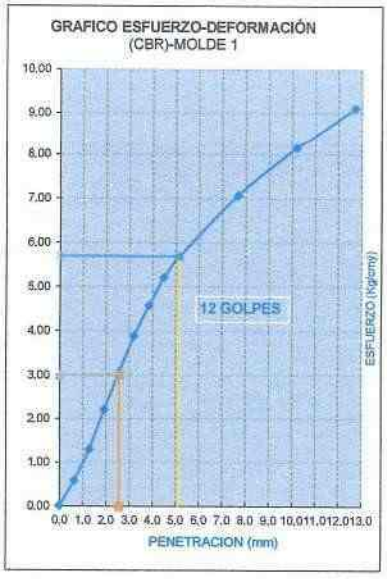
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.878
Humedad Optima (%)	8.77

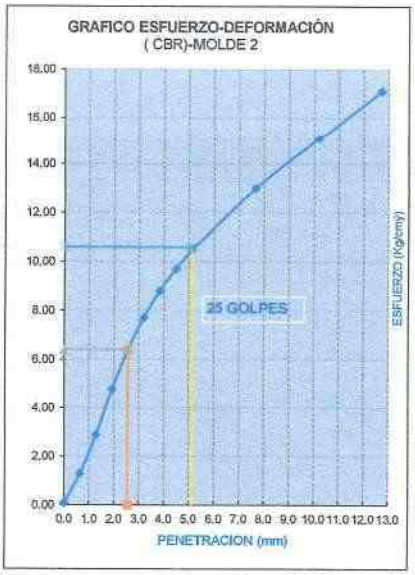
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	10.65	1.88	1.35	0.1	1.88	10.65
2	25	9.08	1.84	2.13	0.1	1.78	7.12
1	12	4.36	1.70	0.69			

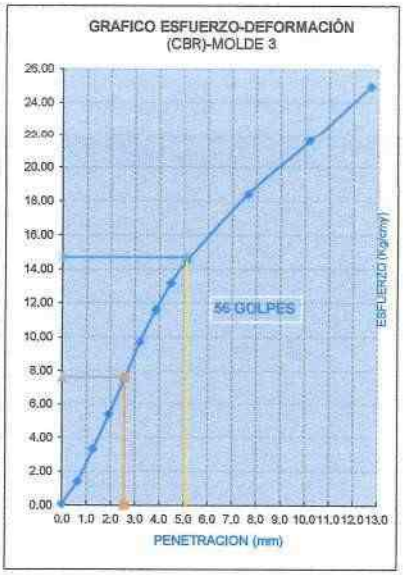


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.70	4.36	5.36
25	1.84	9.08	9.90
56	1.88	10.65	13.69

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	10.65
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	7.12







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE GEOTECNIA Y CAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 12
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.70 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.70 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	19.50 %	**Average after soak**	19.50 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4265.00 g
Soaking Travel	0.800 mm
Swell	0.70 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA UNCH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

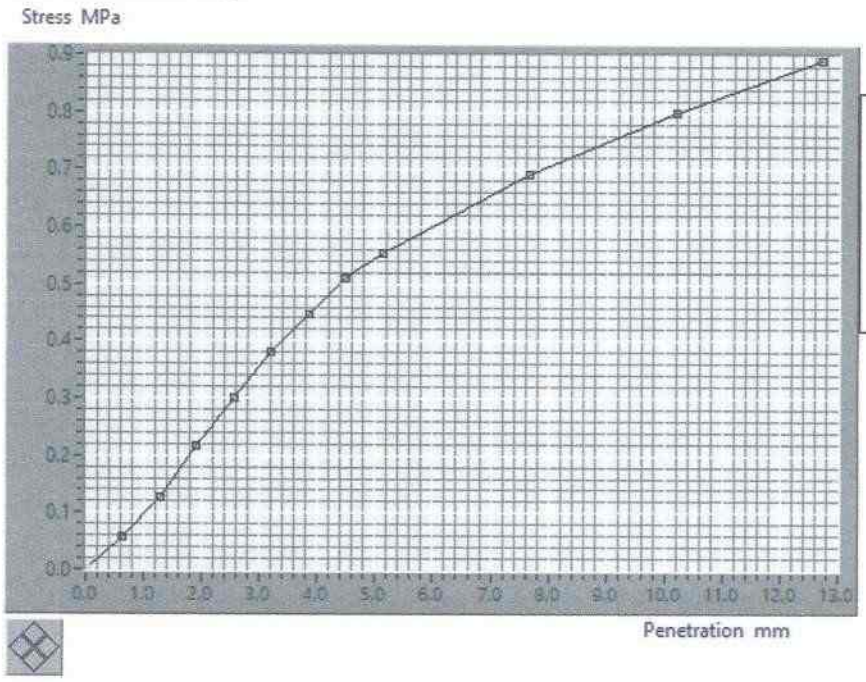
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.3	MPa	0.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	4.3	%	5.4	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LOS LABORATORIOS

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.84 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.84 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	17.53 %	**Average after soak**	17.53 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4475.00 g
Soaking Travel	2.450 mm
Swell	2.13 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

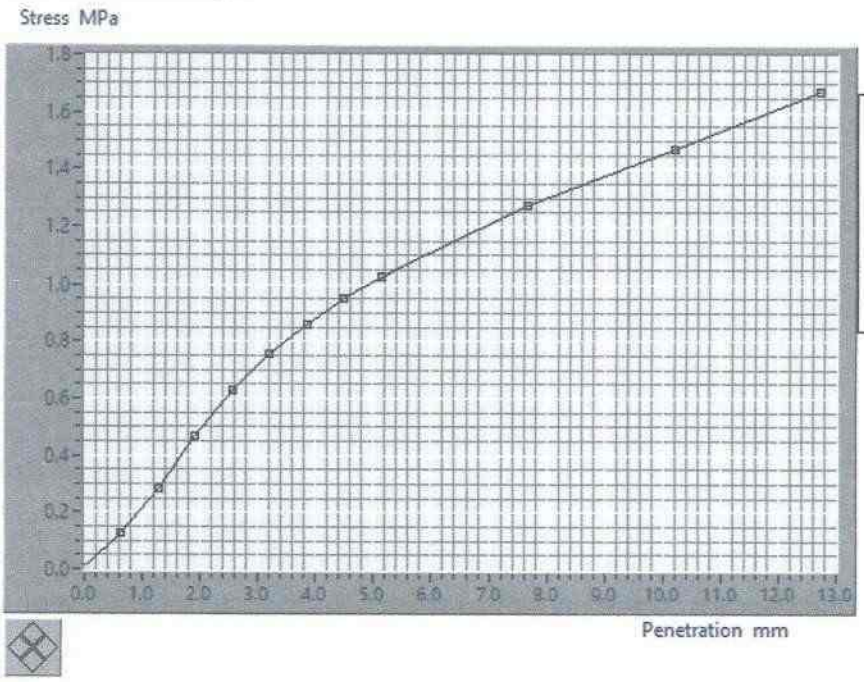
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.6	MPa	1.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	9.0	%	9.9	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 8% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA A 56 GOLPES
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.88 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.88 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	8.77 %	**After Compaction**	8.77 %
Top 1" Layer after penetration	16.37 %	**Average after soak**	16.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4580.00 g
Soaking Travel	1.550 mm
Swell	1.35 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROYECCION SOCIAL Y LABORATORIO

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

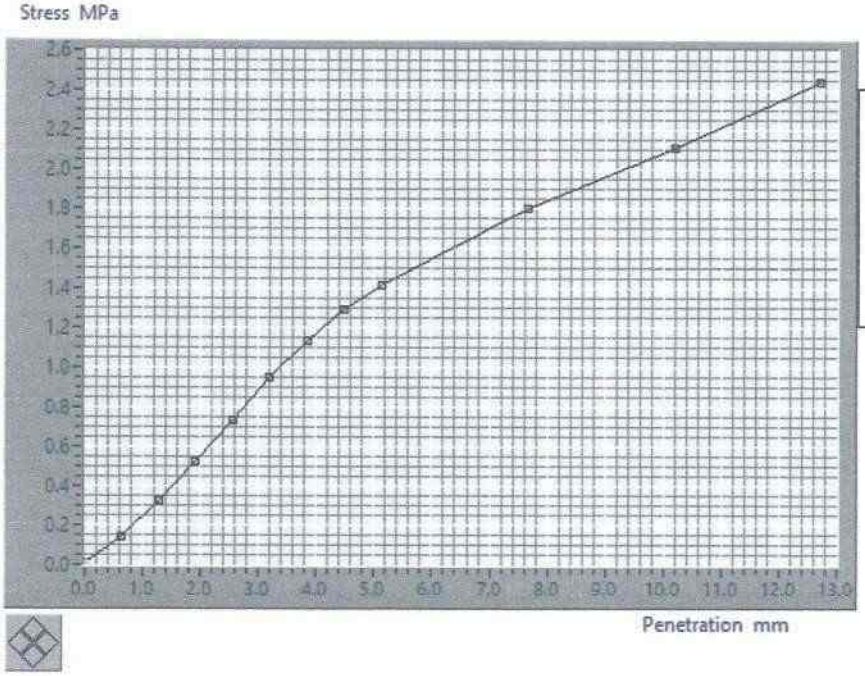
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3	**Sample**	03 - 8%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	0.7	MPa	1.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	10.6	%	13.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: N° 03 — **MUESTRA:** C3-14%

FECHA: 29/03/2024 — **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.981
Humedad Optima (%)	:	9.65

DATOS DE CBR

Molde N°	IV		V		VI	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11250	11545	11150	11325	11410	11495
Peso del Molde (grs)	7200	7200	6730	6730	6750	6750
Peso del Suelo Humedo (grs)	4050	4345	4420	4595	4660	4745
Volumen del Molde (cm3)	2094	2094	2102	2102	2096	2096
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.934	2.075	2.103	2.186	2.223	2.264
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.72**	**1.73**	**1.79**	**1.80**	**1.98**	**1.98**
Tara N°	18		20		3	
Peso del Tara (grs)	36.36		36.50		36.42	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	183.67		184.61		187.86	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	167.33		162.74		171.09	
Peso del Agua (grs)	16.34		21.87		16.77	
Peso del Material Seco (grs)	131.0		126.2		134.7	
Humeda (%)	12.48		17.32		12.45	
(%) Humedad	**12.48**	**19.76**	**17.32**	**21.28**	**12.45**	**14.28**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.72**	**1.73**	**1.79**	**1.80**	**1.98**	**1.98**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	32	0.32	0.28	14	0.14	0.12	13	0.13	0.11
26/03/2024	15:00	24	37	0.37	0.32	16	0.16	0.14	14	0.14	0.12
27/03/2024	15:00	48	40	0.4	0.35	17	0.17	0.15	16	0.16	0.14
28/03/2024	15:00	72	41	0.41	0.36	20	0.2	0.17	18	0.18	0.16
29/03/2024	15:00	96	41	0.41	0.36	21	0.21	0.18	18	0.18	0.16

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IV CARGA (lb)	MOLDE N° IV ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IV CBR (%) Corregido	MOLDE N° V CARGA (lb)	MOLDE N° V ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° V CBR (%) Corregido	MOLDE N° VI CARGA (lb)	MOLDE N° VI ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VI CBR (%) Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		0.63	0.01		1.88	0.04	
0.64	0.030		315.27	7.41		504.55	11.85		670.02	15.74	
1.28	0.050		498.28	11.71		975.25	22.91		1607.67	37.77	
1.92	0.080		605.46	14.22		1239.75	29.12		2415.57	56.74	
2.56	0.100	70.5	685.06	16.09	22.83	1403.34	32.97	46.76	3032.94	71.25	101.06
3.20	0.130		745.23	17.51		1544.99	36.29		3478.58	81.71	
3.84	0.150		796.00	18.70		1676.61	39.38		3765.64	88.46	
4.48	0.180		826.08	19.41		1801.34	42.31		3969.34	93.24	
5.12	0.200	105.7	859.30	20.19	19.10	1914.16	44.96	42.54	4110.36	96.56	91.35
7.66	0.300		952.69	22.38		2291.47	53.83		4484.54	105.35	
10.19	0.400		1061.75	24.94		2579.16	60.59		4917.64	115.52	
12.72	0.500		1163.29	27.33		2720.18	63.90		5364.53	126.02	

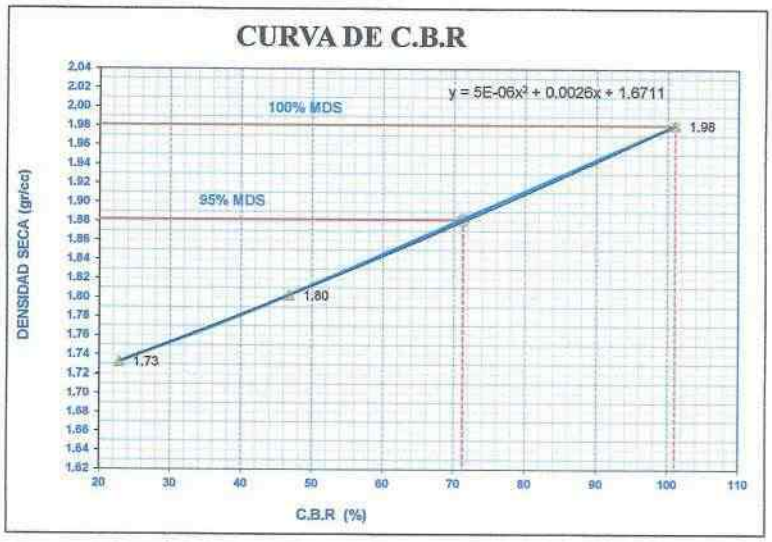
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE INVESTIGACION DE LA ESCUELA

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

REPRESENTACIÓN GRAFICA DEL CBR

DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.981
Humedad Optima (%)	9.65

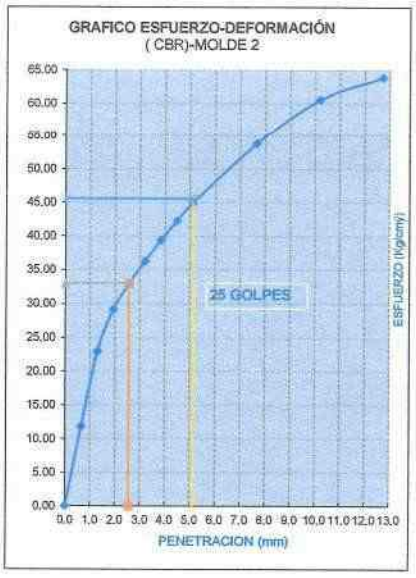
especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	101.06	1.98	0.16	0.1	1.98	101.06
2	25	46.76	1.80	0.18	0.1	1.88	71.25
1	12	22.83	1.73	0.36			

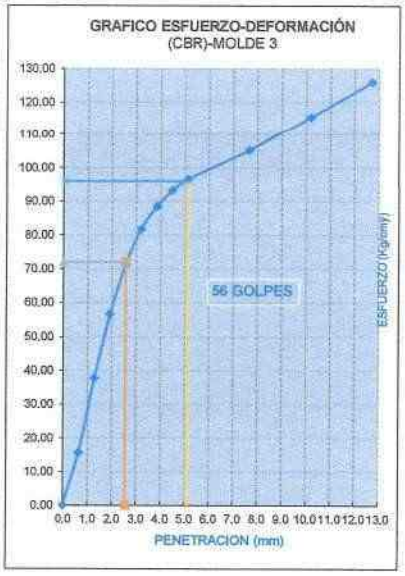


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.73	22.83	19.10
25	1.80	46.76	42.54
56	1.98	101.06	91.35

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	101.06
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	71.25







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA FACULTAD

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 12 GOLPES
Diameter	152.310 mm		
Height	114.920 mm		
Dry Density before Soak	1.73 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.73 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	20.04 %	**Average after soak**	20.04 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4195.00 g
Soaking Travel	0.410 mm
Swell	0.36 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA UNCH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

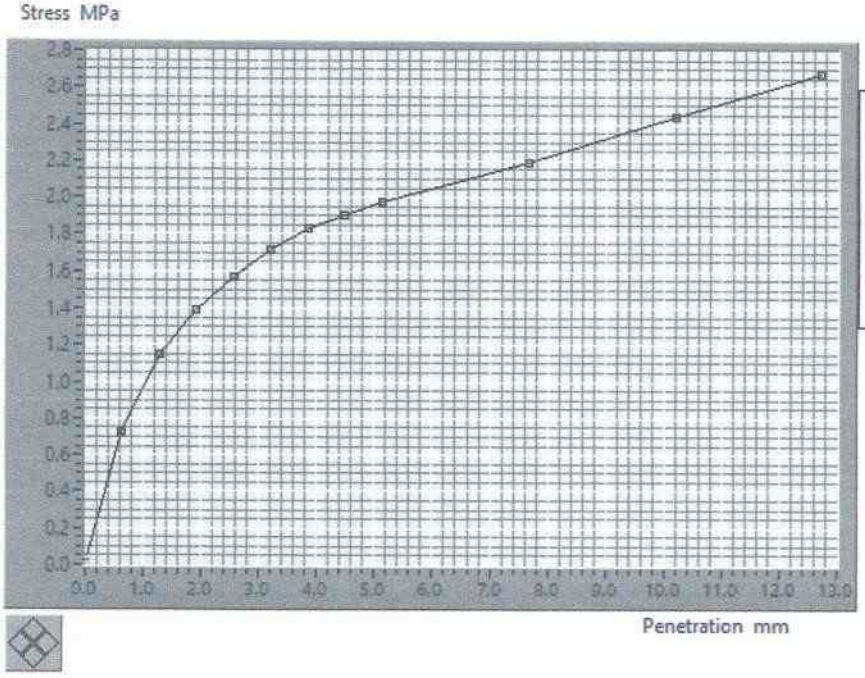
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.6	MPa	2.0	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	22.7	%	19.1	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADO 25 GOLPES
Diameter	152.460 mm		
Height	115.130 mm		
Dry Density before Soak	1.80 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.80 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	16.17 %	**Average after soak**	16.17 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4445.00 g
Soaking Travel	0.210 mm
Swell	0.18 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

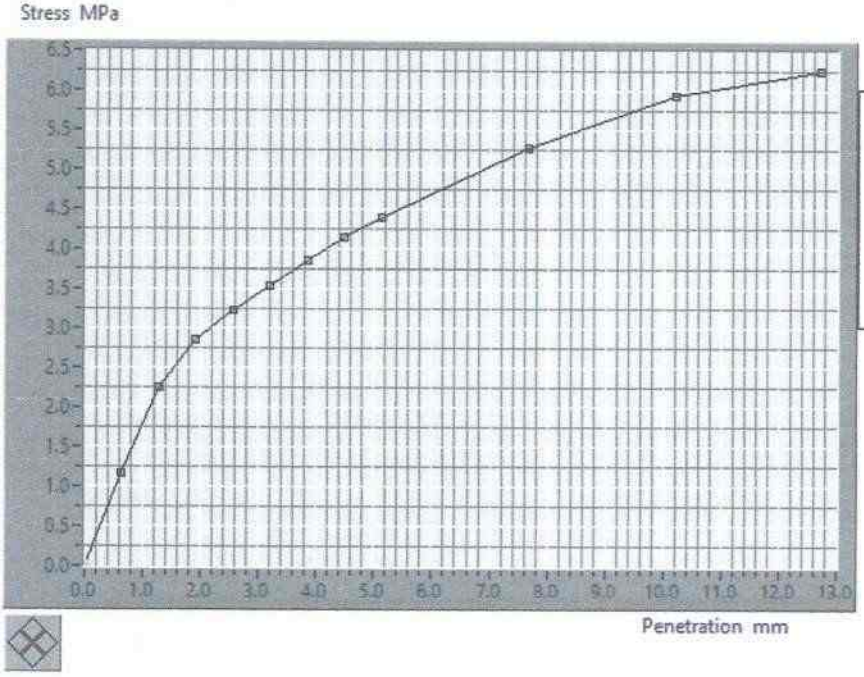
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	3.2	MPa	4.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	46.6	%	42.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LABORATORIO

Tec. Ldo. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	14 % CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLPES
Diameter	152.380 mm		
Height	114.950 mm		
Dry Density before Soak	1.98 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.98 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.65 %	**After Compaction**	9.65 %
Top 1" Layer after penetration	14.34 %	**Average after soak**	14.34 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4585.00 g
Soaking Travel	0.180 mm
Swell	0.16 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

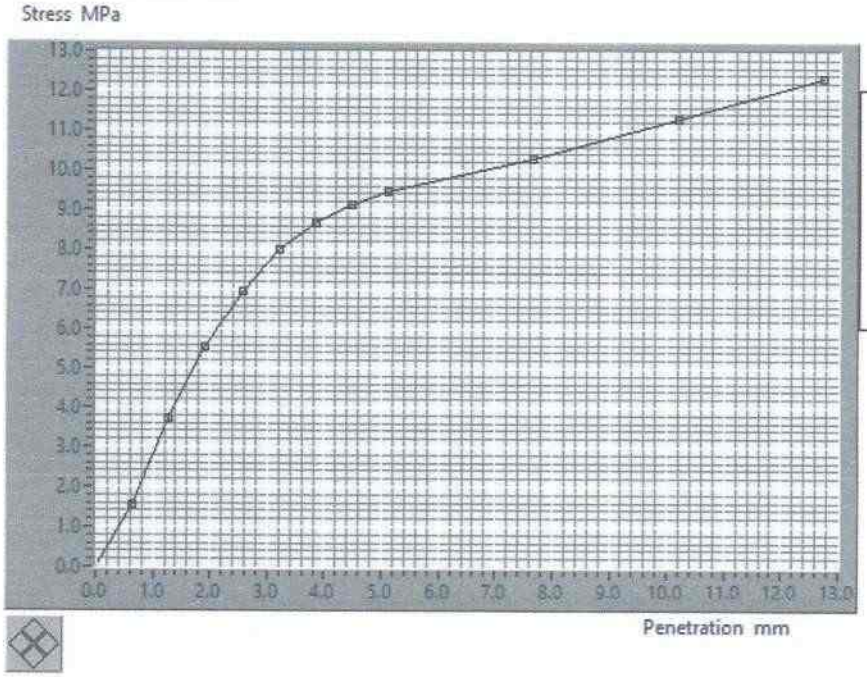
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 14%	**Sample**	03 - 14%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	6.9	MPa	9.4	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	100.4	%	91.5	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN Y GESTIÓN EMPRESARIAL
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)

MTC E 132 - ASTM D 1883 - AASHTO T 193

TESIS: "ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024"

UBICACIÓN: QUIRALQUIQUI-HUANCAVELICA

CALICATA: Nº 03 **MUESTRA:** C3-22%

FECHA: 29/03/2024 **PROFUNDIDA:** 1.50 m

DATOS DE PROCTOR

Densidad Máxima (grs/cm3)	:	1.892
Humedad Optima (%)	:	9.87

DATOS DE CBR

Molde N°	IX		VIII		VII	
Ensayo	5		5		5	
Golpes por capa N°	12		25		56	
COND. DE LA MUESTRA	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso Molde+Suelo Húmedo (grs)	11615	12065	12025	12295	12325	12505
Peso del Molde (grs)	7935	7935	7905	7905	7930	7930
Peso del Suelo Humedo (grs)	3680	4130	4120	4390	4395	4575
Volumen del Molde (cm3)	2098	2098	2101	2101	2114	2114
Densidad Húmeda (grs/cm3)	1.754	1.969	1.961	2.089	2.079	2.164
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.58**	**1.60**	**1.65**	**1.67**	**1.89**	**1.89**
Tara N°	16		22		23	
Peso del Tara (grs)	35.62		36.43		36.49	
Peso de la Tara+Muestra Húmeda (grs)	197.76		182.64		177.32	
Peso de la Tara + Muestra Seca (grs)	181.58		159.54		164.20	
Peso del Agua (grs)	16.18		23.10		13.12	
Peso del Material Seco (grs)	146.0		123.1		127.7	
Humeda (%)	11.09		18.76		10.27	
(%) Humedad	**11.09**	**23.31**	**18.76**	**25.32**	**10.27**	**14.37**
Densidad Seca (grs/cm3)	**1.58**	**1.60**	**1.65**	**1.67**	**1.89**	**1.89**

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %	DIAL	EXPANSION mm	EXPANSION %
25/03/2024	15:00	0	218	2.18	1.89	95	0.95	0.83	310	3.1	2.69
26/03/2024	15:00	24	220	2.2	1.91	98	0.98	0.85	312	3.12	2.71
27/03/2024	15:00	48	223	2.23	1.94	100	1	0.87	315	3.15	2.74
28/03/2024	15:00	72	226	2.26	1.96	102	1.02	0.89	318	3.18	2.76
29/03/2024	15:00	96	227	2.27	1.97	106	1.06	0.92	320	3.2	2.78

PENETRACIÓN

PENETRACION mm	PENETRACION pulg	CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° IX CARGA (lb)	MOLDE N° IX ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° IX CBR (%) Corregido	MOLDE N° VIII CARGA (lb)	MOLDE N° VIII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VIII CBR (%) Corregido	MOLDE N° VII CARGA (lb)	MOLDE N° VII ESFUERZO (kgf/cm²)	MOLDE N° VII CBR (%) Corregido
0.00	0.000		2.51	0.06		2.51	0.06		0.00	0.00	
0.64	0.030		203.07	4.77		298.34	7.01		407.40	9.57	
1.28	0.050		354.75	8.33		614.86	14.44		1440.95	33.85	
1.92	0.080		461.30	10.84		870.58	20.45		2242.58	52.68	
2.56	0.100	70.5	536.52	12.60	17.88	1045.45	24.56	34.83	2841.15	66.74	94.67
3.20	0.130		587.91	13.81		1160.15	27.25		3306.84	77.68	
3.84	0.150		627.40	14.74		1240.38	29.14		3679.77	86.44	
4.48	0.180		663.75	15.59		1293.65	30.39		3991.27	93.76	
5.12	0.200	105.7	699.48	16.43	15.55	1331.89	31.29	29.60	4234.46	99.47	94.11
7.66	0.300		814.80	19.14		1434.68	33.70		4337.25	101.89	
10.19	0.400		911.95	21.42		1548.75	36.38		4341.01	101.97	
12.72	0.500		1004.71	23.60		1704.82	40.05		4615.54	108.42	

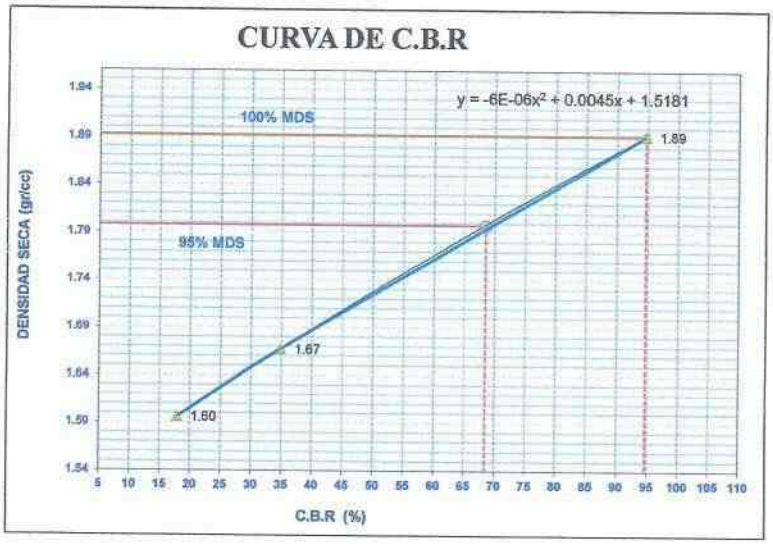
UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROMOCIÓN DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Medrano Soto

REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR

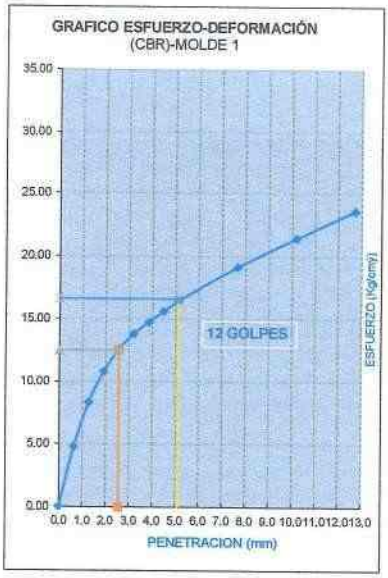
DATOS DE PROCTOR	
Densidad Máxima (grs/cm3)	1.892
Humedad Optima (%)	9.87

especimen	Numero de Golpes	CBR %	Densida Seca (gr/cm3	Expansión %	Penetración (pulg)	% M.D.S	CBR %
3	56	94.67	1.89	2.78	0.1	1.89	94.67
2	25	34.83	1.67	0.92	0.1	1.80	68.48
1	12	17.88	1.60	1.97			

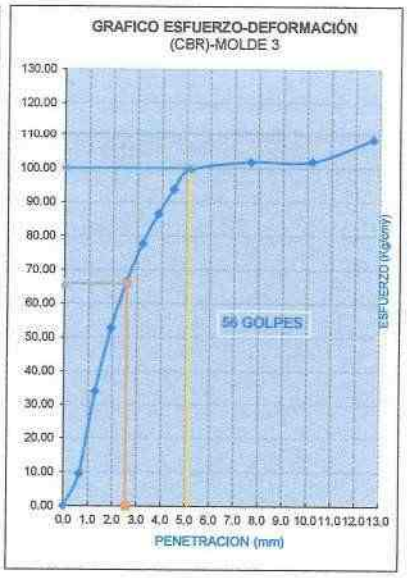


N° GOLPES	Densidad (gr/cm3)	CBR 0.1" (%)	CBR 0.2" (%)
12	1.60	17.88	15.55
25	1.67	34.83	29.60
56	1.89	94.67	94.11

Resultados	CBR (%) 0.1"
CBR AL 100% DE LA M.D.S 1":	94.67
CBR AL 95% DE LA M.D.S 1":	68.48







UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION DE LA EAPICH
Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	A	**Method of Sample Preparation**	REMOLDADA A 12 GOLPES
Diameter	152.320 mm		
Height	115.120 mm		
Dry Density before Soak	1.60 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.60 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	23.31 %	**Average after soak**	23.31 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4130.00 g
Soaking Travel	2.270 mm
Swell	1.97 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

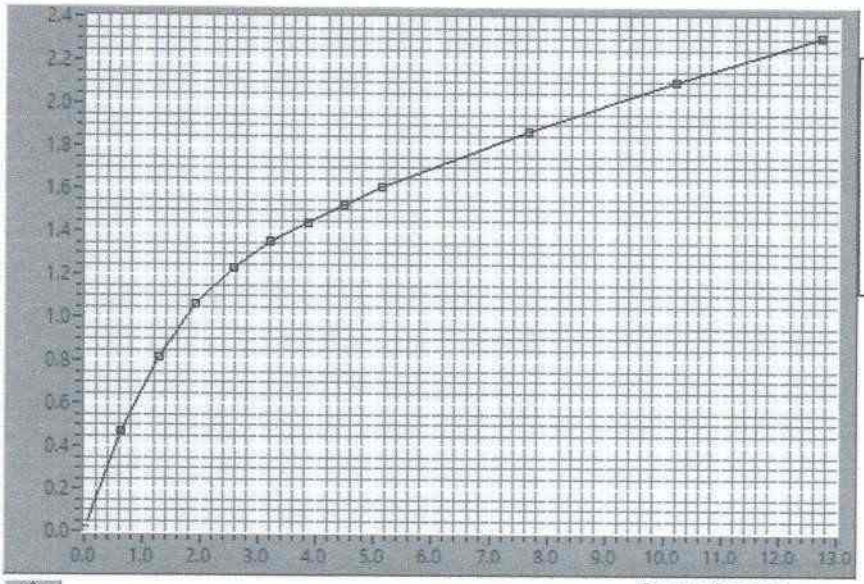
ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

Stress MPa



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	1.2	MPa	1.6	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	17.8	%	15.6	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA FACULTAD

Tec. Lab. Alfredo Men[illegible]za Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	B	**Method of Sample Preparation**	REMOLDAEDA A 25 GOLPES
Diameter	152.440 mm		
Height	115.100 mm		
Dry Density before Soak	1.67 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.67 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	17.07 %	**Average after soak**	17.07 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4390.00 g
Soaking Travel	1.060 mm
Swell	0.92 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA.
AREA DE PROFESIONALIZACION DE LA EAPIC

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

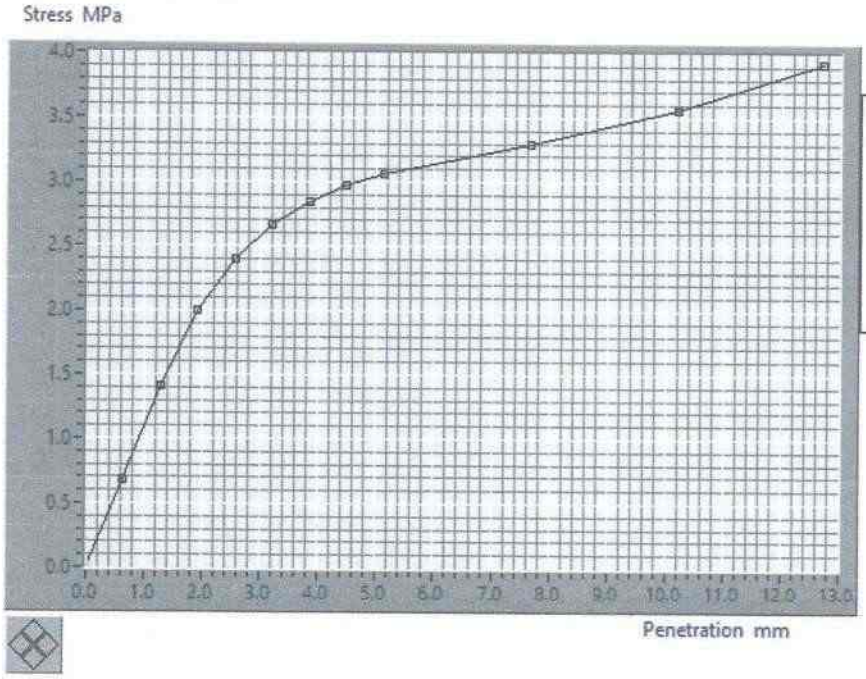
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage



Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	2.4	MPa	3.1	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	34.6	%	29.7	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICA DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PRODUCCION DE LA EAPICH

Tec. Lab. Alfredo Mendoza Soto

California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

Test Details	
Standard	ASTM D1883-99 / AASHTO T193-98
Sample Type	Core sample
Sample Description	MUESTRA ALTERADO A 22% DE CENIZA
Location	QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA
Variations from Procedure	None

Specimen & Equipment Details			
Specimen Reference	C	**Method of Sample Preparation**	REMOLDEADA 56 GOLEPS
Diameter	152.770 mm		
Height	115.320 mm		
Dry Density before Soak	1.89 kg/m3	**Dry Density after Soak**	1.89 kg/m3
Surcharge Weight	5000.00 g	**Comments**	
Moisture Content			
Before Compaction	9.87 %	**After Compaction**	9.87 %
Top 1" Layer after penetration	14.37 %	**Average after soak**	14.37 %

Soaking Details	
Soaking Time	96.00 hrs
Sample Weight after Soaking	4575.00 g
Soaking Travel	3.200 mm
Swell	2.77 %

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL - HVCA
ÁREA DE PRODUCCIÓN

Tec. Lab. Alfredo Mer... Soto

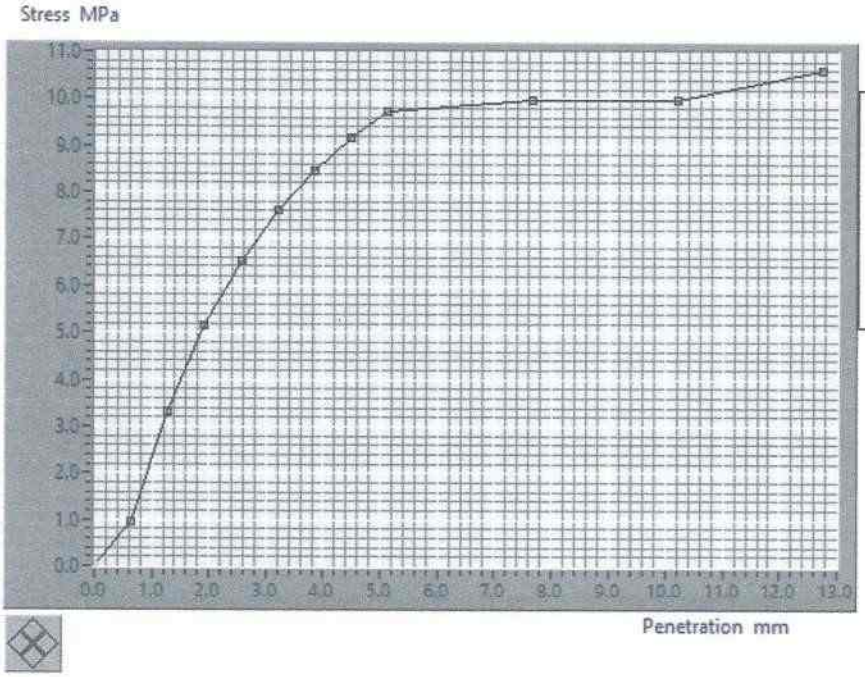
California Bearing Ratio of Laboratory Compacted Soils (CBR)

ELE International

Client	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO	**Lab Ref**	UNH
Project	ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUB RAZANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI CORRAL PAMPA HUANCAVELICA 2024	**Job**	TESISTAS HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCIA ALFONZO
Borehole	C 3 22%	**Sample**	03 - 22%

ASTM-D1883-99 / AASHTO-T193-98

Penetration Stage

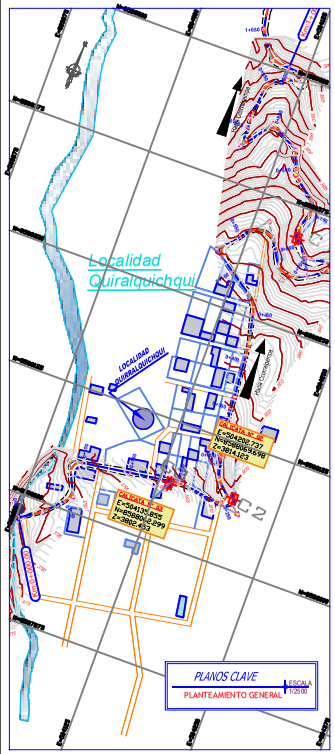


Penetration	2.54	m	5.08	m
Stress	6.5	MPa	9.7	MP
Standard Stress	6.9	MPa	10.3	MP
CBR	94.0	%	94.2	%

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA
ESCUELA ACADEMICO DE INGENIERIA CIVIL - HVCA
AREA DE PROYECCION DE LA EAPICH

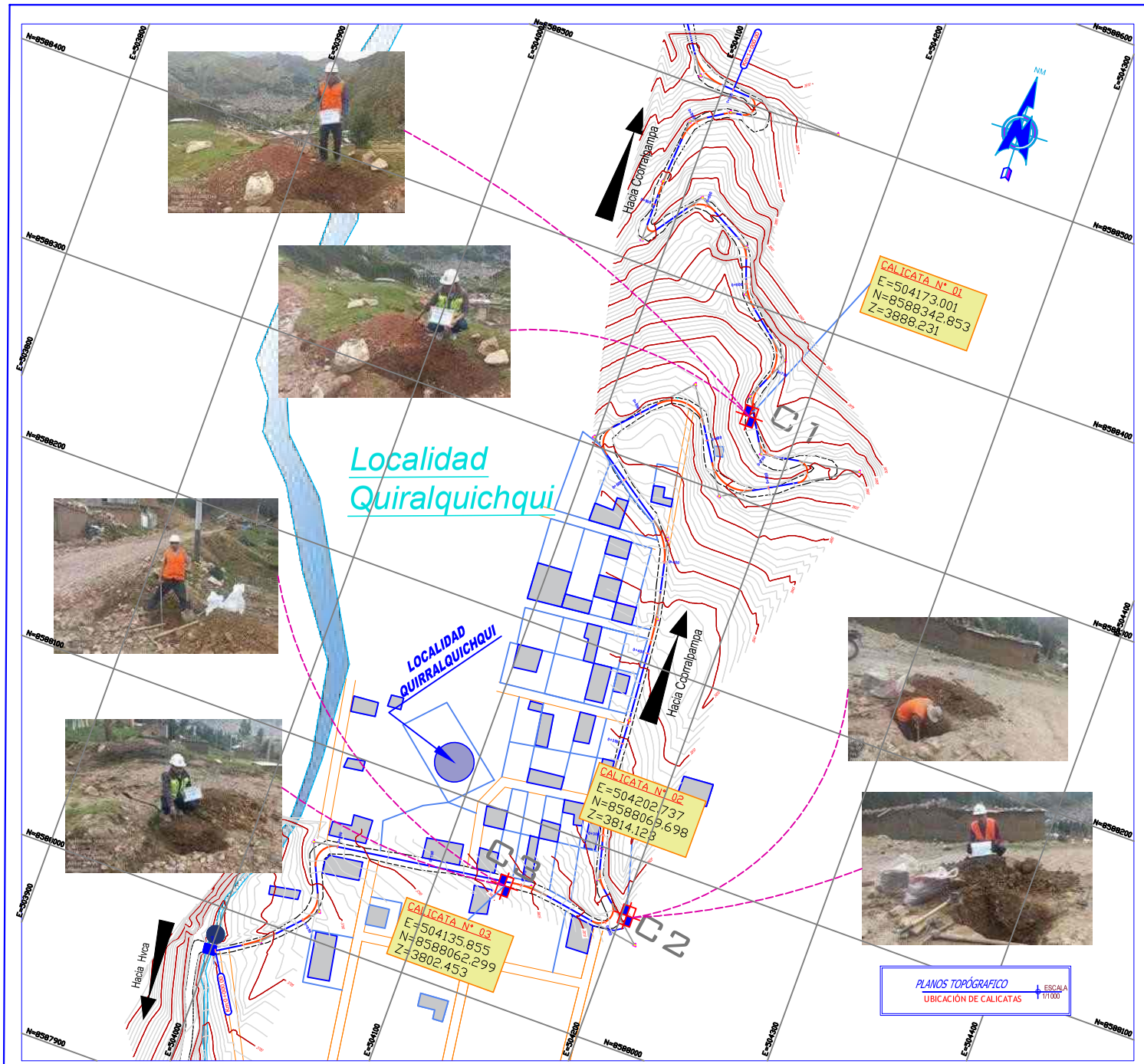
Tec. Lab. Alfredo M. Soto

A.3. Planos



LEYENDA USUARIOS	
SIMBOLO	DESCRIPCION
	CALICATAS
	FUENTES DE AGUA
	LOC. QUIRALQUICHQUI
	PERIMETRO DE VIVIENDA

LEYENDA PLANO GENERAL		
No	DESCRIPCIÓN	SIMBOLO
01	CURVA PRIMARIAS	
02	CURVA SECUNDARIAS	
03	ALINEAMIENTO	
04	CARRETERA PRINCIPAL	
05	TROCHA CARROZABLE	
06	ARBOL	
07	VIVIENDAS DE LAS LOCALIDADES	
08	PERIMETRO DE VIVIENDA	
09	NORTE MAGNETICO	



258

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - HUANCAVELICA

TESIS:

"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"

TESISTAS:
Heber, ALVARO CCENTE
Roger, GARCIA ALFONZO

DEPARTAMENTO: HUANCAVELICA
REGION: HUANCAVELICA
DISTRITO: HUANCAVELICA
LUGAR: QUIRALQUICHQUI

NOMBRE DEL PLANO: PLANO TOPÓGRAFICO
CARACTERISTICAS: UBICACION DE CALICATAS

ESCALA: INDICADA
FECHA: NOVIEMBRE - 2025

CODIGO: PT-01

A.4. Constancia de Laboratorio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAVELICA

ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA EPICH

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"

EL RESPONSABLE DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN DE LA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA, DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA, otorga la presente:

CONSTANCIA

A: ***ALVARO CCENTE, Heber y GARCIA ALFONZO, Roger.*** *bachilleres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil - Huancavelica, Facultad de Ciencias de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Huancavelica, quienes han concluido satisfactoriamente con el desarrollo de los siguientes ensayos, en laboratorio de* ***Geotecnia I y II.*** *de la EPICH.*

LABORATORIO DE GEOTECNIA I Y II

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	Análisis Granulométrico por Tamizado (suelo global)	3
02	Contenido Humedad	3
03	Limite Liquido	12
04	Limite Plástico	12
05	Proctor Modificado	12
06	Valor Relativo de Soporte C.B.R.	12

Durante el periodo de ejecución comprendido del 12/02/2024 a 12/04/2024, en laboratorio de ***Geotecnia I y II.*** *del proyecto de tesis titulado:* ***"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI – CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024".***

Se expide la presente constancia a solicitud de los interesados para fines que estimen por conveniente.

Huancavelica, 16 de julio de 2025

Nº 006-2025

C. c.
Archivo
AP

Firmado digitalmente por HUAMANI SERPA Edili Edeliza FAU 20156011464 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 05.08.2026 11:23:51 -05:00

A.5. Panel fotográfico



(a) Observación para la ubicación de la Calicata N° 01



(b) Observación para la ubicación de la Calicata N° 02



(c) Observación para la ubicación de la Calicata N° 03

Figura A1.

Reconocimiento y identificación del área de estudio.



(a) Calicata N.˚ 01



(b) Calicata N.˚ 02



(c) Calicata N.˚ 03

Figura A2.

Exploración de calicata para toma de muestras de suelo del tramo de estudio.



(a) Pesado de las taras a usarse y peso húmedo de la muestra del suelo.



(b) Secado de muestras de suelo natural en Horno por 24 hrs.



(c) Pesado de la muestra secada.



(d) Pesado de la muestra secada.



(e) Pesado de la muestra secada.

Figura A3.

Procedimiento - ensayo de contenido de humedad natural de las calicatas.



(a) Preparación de la muestra para determinación de Límite Líquido L_L y Limite Plástico L_P.



(b) Colocación de la muestra en el Aparato de Casagrande para Límite Liquido - L_L.



(c) Formación de rollos de 3.2 aprox. de diámetro para Límite Plástico L_P.

Figura A4.

Procedimiento - ensayo de los Límites de Atterberg de las calicatas.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Pesado de la selección de muestras.



(c) Lavado de muestra en malla N.°200.



(d) Secado en Horno por 24 horas.



(e) Selección de tamices a utilizarse.



(f) Uso de tamizador por tiempo de 2 min.



(g) Pesado de muestra retenida en cada tamiz.



(h) Registro de datos obtenidos de la calicata en cada muestra.

Figura A5.

Procedimiento de ensayo de análisis de granulometría - suelo natural de las calicatas.



(a) Madera de origen eucalipto.



(b) Madera de origen eucalipto.



(c) Obtención de ceniza de eucalipto.



(d) Selección de ceniza de eucalipto.



(e) Método de cuarteo para análisis granulométrico.



(f) Uso de tamizador portátil por tiempo de 2 min.



(g) Pesado de ceniza de eucalipto retenida en cada tamiz.



(h) Registro de datos y obtención de ceniza pasante el tamiz N°200.

Figura A6.

Procedimiento de obtención de ceniza de eucalipto.



(a) Selección y preparación de la muestra.



(b) Selección y pesado del molde cilíndrico.



(c) Disposición de muestra en el molde.



(d) Compactación por capas con pisón.



(e) Pesado de la muestra compactada.



(f) Remoción de la muestra del molde.



(g) Determinación de contenido de agua.



(h) Determinación de contenido de agua.



(i) Determinación de contenido de agua.

Figura A7.

Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado de muestra natural de calicatas.



(a) Dosificación y preparación de muestra.



(b) Muestra dosificada.



(c) Selección y pesado del molde cilíndrico.



(d) Compactación por capas con pisón.



(e) Pesado de la muestra compactada.



(f) Remoción de la muestra del molde.



(g) Determinación de contenido de agua.



(h) Determinación de contenido de agua.



(i) Determinación de contenido de agua.

Figura A8.

Procedimiento - ensayo de Proctor Modificado con adición de ceniza de eucalipto.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Molde C.B.R. y colocación papel filtro.



(c) Compactación de la muestra por capas.



(d) Pesado de la muestra compactada.



(e) Saturación de muestra compactada.



(f) Colocación de trípode y comparador.



(g) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(h) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(i) Equipo de adquisición de datos.

Figura A9.

Procedimiento del ensayo de C.B.R de muestra natural de calicatas.



(a) Selección y preparación de muestra.



(b) Preparación de muestra dosificada.



(c) Colocación de papel filtro en el Molde de C.B.R.



(d) Compactación de la muestra con adición de ceniza por capas.



(e) Pesado de muestra compactada con adición de ceniza.



(f) Colocación de trípode y comparador saturación.



(g) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(h) Colocación en equipo de ensayo CBR.



(i) Equipo de adquisición de datos.

Figura A10.

Procedimiento del ensayo de C.B.R con adición de ceniza de eucalipto.

Firmado digitalmente por AYALA BIZARRO Ivan Arturo FAU 20168014962 soft
Cargo: Director(A) De Escuela Profesional
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 06.07.2026 11:56:54 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 06 de Julio del 2026

MEMORANDO MULTIPLE N° 000072-2026-UNH/EPICH

Señores:

ING. CABALLERO SANCHEZ OMAR
JURADO EVALUADOR PRESIDENTE

M Sc. ALCANTARA ESPINOZA ELEUTERIO MARTIN
JURADO EVALUADOR SECRETARIO

M Sc. KENNEDY RICHARD GOMEZ TUNQUE
JURADO EVALUADOR VOCAL

M Sc. RUSSELL MEJIA CAYLLAHUA
JURADO EVALUADOR ACCESITARIO

Ing. JUDITH MARTINEZ QUISPE
JURADO EVALUADOR ACCESITARIO

ASUNTO: **REMITO PARA SU REVISIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS DE LOS BACHILLERES ROGER GARCIA ALFONZO Y HEBER ALVARO CCENTE.**

Referencia: SOLICITUD - (2JUL2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 06 de Julio de 2026

Por medio de la presente me dirijo a usted para saludarlo cordialmente y, en atención al documento de la referencia, remitir el Informe Final de Tesis para su respectiva revisión, conforme a lo dispuesto en la **Resolución N.° 0296-2026-D-FCI-R-UNH**, titulado: **"ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS A NIVEL SUBRASANTE APLICANDO CENIZAS DE EUCALIPTO EN LA CARRETERA QUIRALQUICHQUI - CORRAL PAMPA, HUANCAVELICA - 2024",** presentado por los tesistas **ALVARO CCENTE HEBER Y GARCIA ALFONZO ROGER.**

Sin otro particular, es propicia la ocasión para renovarle las muestras de mi consideración y estima personal

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

IVAN ARTURO AYALA BIZARRO
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL HUANCAVELICA

*Cabe señalar que, de acuerdo con el **Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica**, **versión 001**, modificado mediante **RESOLUCIÓN N° 0430-2026-CU-UNH** de fecha 06 /04/ 2026, en su **artículo 17°**, **17.10**. Los miembros del jurado disponen de un plazo máximo de quince (15) días hábiles para la revisión del informe final de tesis de manera colegiada y la presentación del informe de aprobado y pase a sustentación o devolución para su complementación y/o corrección, elaborado y suscrito por el presidente del jurado evaluador, adjuntando el Anexo 03 suscrito de manera colegiada o individual y el informe final de tesis en medio digital formato PDF. Dicho informe es remitido al director de la Escuela Profesional. **17.11**.En el caso de ausencia de uno o dos miembros titulares del jurado por un plazo mayor a quince (15) días hábiles, estos son reemplazados por los miembros accesitarios respectivamente, para el proceso de evaluación del informe final de tesis hasta la culminación del proceso de sustentación. Los jurados evaluadores ausentes pasan a ser accesitarios, sin necesidad de resolución de modificación. Para efectos de la emisión de la resolución que fija el lugar, fecha y hora de la sustentación, los miembros accesitarios que participaron en reemplazo de los titulares son consignados como miembros titulares del jurado, mientras que los jurados evaluadores ausentes son consignados como miembros accesitarios. Reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional de Huancavelica. El presidente de los miembros del jurado será el responsable de determinar el reemplazo de los miembros del jurado ausentes por los accesitario. **17.12.** Si el informe del jurado resulta favorable, ya sea por unanimidad o por mayoría, el director de la Escuela Profesional lo remite al asesor para la verificación del informe final de tesis a través del software antiplagio. El asesor devuelve al director de la Escuela Profesional el informe final de tesis junto con el reporte de Similitud completo, con un porcentaje igual o menor al treinta por ciento (30%) de coincidencia. Una vez verificado, el director de la Escuela Profesional comunica el informe aprobado a los tesistas y lo remite al Decano. A partir de ello, el/los bachilleres(es), deben solicitar al Decano la fijación de lugar, fecha y hora para la sustentación. El Decano emite la correspondiente resolución, la cual es notificada a los miembros del jurado y a la escuela profesional, adjuntando el formato del Anexo Nº 09 y la tesis en formato digital. Posteriormente, la escuela profesional notifica al/los bachilleres(es).

IAB/cca

N° Expediente: 2026-0017083

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: **https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do**
Código de Verificación: **YNM6PYG**

www.unh.edu.pe *Jr. Victoria Garma N° 330 y Jr. Hipólito Unanue N° 209.*
Local Central - Huancavelica

ANEXO N° 01 **DESTINATARIOS DE LA MEMORANDO MULTIPLE**

CERTIFIED ISO 21001:2018
CERTIFIED ISO 14001:2015
CERTIFIED ISO 9001:2015

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: **https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do**
Código de Verificación: **YNM6PYG**

www.unh.edu.pe *Jr. Victoria Garma N° 330 y Jr. Hipólito Unanue N° 209.*
Local Central - Huancavelica

Firmado digitalmente por GASPAR PACO Carlos FAU 20168014962 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 21.07.2026 17:46:35 -05:00

"Decenio de la Igualdad de Oportunidades para Mujeres y Hombres"
"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

Huancavelica, 21 de Julio del 2026

INFORME N° 000011-2026-UNH/DAICH-CGP

A: **IVAN ARTURO AYALA BIZARRO**
DIRECTOR(A) DE ESCUELA PROFESIONAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

ASUNTO: **REMITO INFORME FINAL DE TESIS APTO PARA SUSTENTACION DE LOS BACHILLERES HEBER ALVARO CCENTE Y ROGER GARCÍA ALFONZO DE ACUERDO AL REGLAMENTO DE GRADOS Y TITULOS INCISO 17.12 EL ASESOR DEVUELVE AL DIRECTOR DE LA ESCUELA PROFESIONAL EL INFORME FINAL DE TESIS JUNTO CON EL REPORTE DE SIMILITUD COMPLETO, CON UN PORCENTAJE IGUAL O MENOR AL TREINTA POR CIENTO (30%) DE COINCIDENCIA.**

Referencia: PROVEIDO 000782-2026-UNH/EPICH (21JUL2026)

Fecha elaboración: Huancavelica, 21 de Julio de 2026

Tengo el agrado de dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y, en mi condición de asesor de tesis, remitir el Informe Final de Tesis, conjuntamente con el Reporte de Similitud completo generado mediante el **software antiplagio Turnitin**, correspondiente al trabajo de investigación titulado: **"Estabilización de suelos expansivos a nivel de subrasante aplicando cenizas de eucalipto en la carretera Quiralquichqui – Corral Pampa, Huancavelica – 2024**", elaborado por los bachilleres **Heber Alvaro Ccente y Roger García Alfonzo.**

Como resultado de la evaluación de similitud, el reporte registra un 18 % de coincidencia, porcentaje que se encuentra dentro del límite permitido por el inciso 17.12 del Reglamento de Grados y Títulos vigente, el cual establece:

"El asesor devuelve al director de la Escuela Profesional el informe final de tesis junto con el reporte de similitud completo, con un porcentaje igual o menor al treinta por ciento (30 %) de coincidencia."

En ese sentido, al haberse cumplido con lo establecido en la normativa vigente y verificarse que el porcentaje de similitud es inferior al máximo permitido, el Informe Final de Tesis se encuentra **APTO PARA LA SUSTENTACIÓN DE TESIS,** por lo que se remite para el trámite correspondiente.

Adjunto:

- Reporte de similitud completo (Turnitin).

Sin otro particular es propicia la ocasión para hacerle llegar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

Documento Firmado Digitalmente

CARLOS GASPAR PACO
ASESOR
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE INGENIERÍA CIVIL HUANCAVELICA

N° Expediente: 2026-0017083

"Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado por la Universidad Nacional de Huancavelica, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM". Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través.
Dirección web: **https://sgd.unh.edu.pe:8181/verifica/inicio.do**
Código de Verificación: **CCSCO3P**

www.unh.edu.pe *Jr. Victoria Garma N° 330 y Jr. Hipólito Unanue N° 209.*
Local Central - Huancavelica

SOLICITO: FIJAR FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SEÑOR DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAVELICA.

S.D.

Nosotros, **GARCÍA ALFONZO, Roger**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Hvca identificado con DNI Nº 71278316, código de Matricula **Nº 2018151015** y domiciliado en Av. 28 de abril S/N San Cristobal - Huancavelica y **ALVARO CCENTE, Heber**, Bachiller de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil – Hvca identificado con DNI Nº 71248794, código de Matricula **Nº 2018151001** y domiciliado en Av. Huancavelica S/N San Cristobal - Huancavelica, ante Ud., con el debido respeto nos presentamos y exponemos:

Que, habiendo cumplido con los requisitos según el Art.19 del reglamento de Grados y Títulos-UNH, esto con la finalidad de realizar la sustentación de tesis titulado: **"Estabilización de Suelos Expansivos a Nivel Subrasante Aplicando Cenizas de Eucalipto en la Carretera Quiralquichqui - Corral Pampa, Huancavelica - 2024"**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil, para este acto de sustentación se ha coordinado y pedido sugerencias a los jurados evaluadores de tesis, en la que se ha determinado que la sustentación se realizará, en la forma siguiente:

- **Día: 03 de agosto de 2026.**
- **Hora: 03:00 PM.**

Para lo cual, adjuntamos lo siguiente:

a) Boucher de pago derecho de sustentación.
b) Reporte de Similitud.
c) Tesis digital.
d) Grado académico de bachiller -simple.
e) Copia del DNI simple.

Por lo expuesto: Ruego a usted, Sr. Decano de la FCI-UNH que acceda a mi petición por ser de justicia.

Huancavelica, 22 de julio de 2026

GARCÍA ALFONZO, Roger
DNI: 71278316
Cel: 927971688

ALVARO CCENTE, Heber
DNI: 71248794
Cel: 917410605