



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA
BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES
DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA
SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA
BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES
DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA
SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:

Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 364 2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 30 de mayo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 6060 presentado por el (la) Bachiller: ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la NOMINACIÓN DE JURADOS integrado por los siguientes docentes:

- * **Presidente** : Dr.. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS de el (la) bachiller: ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Miércoles 05 de junio del 2024
- * **HORA** : 16:00 p.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
019 437200

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

.....
Dr. Efrain Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 168-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 3726 presentado por el señor (a) **ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 240 - 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 025 - 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 025 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

Dr. Efraín Barrio Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo



RESOLUCIÓN DECANAL N° 059-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-00467, presentado por el señor (a) ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 073-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 027-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 027-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, presentado por el o (la) Bachiller: ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como ASESOR DE INVESTIGACIÓN de al (a la) docente Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES,

ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


.....
DR. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP 47790

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)


.....
Dr. Efran Harillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



EFEECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

18 %

FUENTES DE INTERNET

2 %

PUBLICACIONES

10 %

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	6 %
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	5 %
3	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	1 %
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
6	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	repository.ucc.edu.co Fuente de Internet	1 %



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Erik Dennis Argandoña Endara
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70482765
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0004-3508-1522
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Localidad: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37" https://maps.app.goo.gl/XhxiD4nuohWRCsvDA
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 - Junio 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
Dr. Efraim Gallo Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA, identificado con DNI Nro. 70482765, en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA CIVIL

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación, Trabajo Académico denominada:

EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

Asesorado por: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.


Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

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

Juliaca 05 de julio del 2024



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Con profundo respeto y eterna gratitud, dedico este trabajo a Dios, por ser mi guía constante y por infundir en mi corazón la fuerza y la perseverancia necesarias para superar los desafíos que se presentaron en este camino. Su presencia inquebrantable ha sido la luz que iluminó cada paso de esta jornada, recordándome siempre que, con fe y determinación, todo es posible.

Asimismo, dedico este logro a mis queridos padres, cuyo amor, sacrificio y apoyo incondicional han sido el pilar fundamental de mi vida. Su inquebrantable fe en mí y sus invaluable enseñanzas han sido mi mayor motivación para alcanzar este sueño. Gracias por creer en mí, incluso cuando dudaba de mí mismo, por su paciencia, su sabiduría y por estar siempre presentes, ofreciéndome su aliento y su consejo en cada momento.



AGRADECIMIENTO

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a mis queridos padres, por su amor incondicional, apoyo constante y por creer en mí incluso cuando los desafíos parecían insuperables. Su guía ha sido mi faro en este viaje.

Asimismo, extiendo mi gratitud a los docentes de la carrera de Ingeniería Civil, cuya dedicación, conocimiento y paciencia han sido cruciales en mi formación académica y profesional. Su compromiso con la excelencia ha inspirado en mí no solo el deseo de aprender, sino también el de superarme día a día.

Gracias por ser parte esencial de este importante capítulo de mi vida.



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1	Análisis de la situación problemática	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.2.1	Problema general.....	2
1.2.2	Problemas específicos	2
1.3	Objetivos de la investigación	3
1.3.1	Objetivo general	3
1.3.2	Objetivos específicos	3
1.4	Justificación de la investigación.....	4
1.4.1	Justificación técnica	4
1.4.2	Justificación económica	4
1.4.3	Justificación social	4
1.4.4	Justificación ambiental	5
1.5	Hipótesis de la investigación.....	5
1.5.1	Hipótesis general	5
1.5.2	Hipótesis específicas.....	5
1.6	Variables e indicadores	6
1.6.1	Variable independiente.....	6
1.6.2	Variable dependiente	6
1.7	Operacionalización de variables	7



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 8
2.1.1 Antecedentes internacionales 8
2.1.2 Antecedentes nacionales 10
2.1.3 Antecedentes regionales..... 11
2.2 Marco teórico..... 13
2.2.1 Suelo..... 13
2.2.1.1 Tipos de suelo..... 14
2.2.1.2 Propiedades del suelo..... 16
2.2.1.3 Clasificación de suelos..... 17
2.2.1.4 Características de los suelos 19
2.2.2 Pavimentos 24
2.2.3 Subrasante..... 26
2.2.4 Estabilización de suelos 29
2.2.5 Ceniza de corteza de plátano..... 33
2.2.6 Escoria blanca..... 34
2.3 Marco conceptual 35

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación 36
3.2 Métodos de la investigación..... 37
3.3 Nivel y tipo de investigación..... 37
3.3.1 Tipo de la investigación..... 37
3.3.2 Nivel de la investigación..... 38
3.4 Población y muestra de la investigación 38
3.4.1 Población 38
3.4.2 Muestra 39
3.5 Técnicas e instrumentos..... 40
3.5.1 Técnicas..... 40
3.5.2 Instrumentos 41
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento 41
3.6.1 Validación de los instrumentos..... 41
3.6.2 Confiabilidad de instrumentos 41
3.7 Procedimiento de recolección de datos 42
3.7.1 Procedimiento 42
3.7.2 Ensayos en laboratorio..... 46



3.8	Procesamiento y análisis de datos.....	51
-----	--	----

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados.....	52
4.1.1	Propiedades del suelo de la subrasante de la Av. Sacsayhuaman.....	53
4.1.2	Índice de plasticidad del suelo-subrasante con de cenizas de corteza de plátano y escoria blanca	60
4.1.3	Grado de compactación del suelo-subrasante con ceniza de corteza de plátano y escoria blanca	69
4.1.4	CBR del suelo-subrasante con ceniza de plátano y escoria blanca.....	75
4.2	Discusión de resultados.....	81
CONCLUSIONES.....		85
RECOMENDACIONES.....		86
BIBLIOGRAFÍA.....		87
ANEXOS		90



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	7
Tabla 2	Índice de plasticidad	21
Tabla 3	Categorías de la subrasante.....	28
Tabla 4	Tipo de carretera y cantidad de calicatas.....	29
Tabla 5	Número de muestras ensayadas	40
Tabla 6	Detalles sobre los puntos de exploración.....	43
Tabla 7	Humedad en los puntos de exploración	53
Tabla 8	Granulometría del PE-1	54
Tabla 9	Granulometría del PE-2	55
Tabla 10	Granulometría del PE-3	56
Tabla 11	Límites del suelo de la subrasante	57
Tabla 12	Grado de compactación del suelo de la subrasante.....	58
Tabla 13	CBR del suelo de la subrasante.....	59
Tabla 14	Límites en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano.....	60
Tabla 15	Límites en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano.....	61
Tabla 16	Límites en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano.....	62
Tabla 17	Resumen del IP con ceniza de corteza de plátano	63
Tabla 18	Límites en el PE-1 con escoria blanca	64
Tabla 19	Límites en el PE-2 con escoria blanca	65
Tabla 20	Límites en el PE-3 con escoria blanca	66
Tabla 21	Resumen del IP con escoria blanca	67
Tabla 22	Resumen del IP con escoria blanca.....	68
Tabla 23	MDS y OCH en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano.....	69
Tabla 24	MDS y OCH en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano.....	70
Tabla 25	MDS y OCH en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano.....	71



Tabla 26 MDS y OCH en el PE-1 con escoria blanca.....	72
Tabla 27 MDS y OCH en el PE-2 con escoria blanca.....	73
Tabla 28 MDS y OCH en el PE-3 con escoria blanca.....	74
Tabla 29 CBR en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano.....	75
Tabla 30 CBR en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano.....	76
Tabla 31 CBR en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano.....	77
Tabla 32 CBR en el PE-1 con escoria blanca.....	78
Tabla 33 CBR en el PE-2 con escoria blanca.....	79
Tabla 34 CBR en el PE-2 con escoria blanca.....	80



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Simbología para el perfil de calicatas según la normativa AASHTO..... 18

Figura 2 Simbología para perfil de las calicatas según SUCS 19

Figura 3 Subrasante..... 26

Figura 4 Ubicación de puntos de exploración..... 43

Figura 5 Ubicación de la vía en estudio..... 43

Figura 6 Localización de C-1..... 44

Figura 7 Localización de C-2..... 44

Figura 8 Localización de C-3..... 45

Figura 9 Humedad en los puntos de exploración 53

Figura 10 Granulometría del PE-1..... 54

Figura 11 Granulometría del PE-2..... 55

Figura 12 Granulometría del PE-3..... 56

Figura 13 Límites del suelo de la subrasante 57

Figura 14 Grado de compactación del suelo de la subrasante 58

Figura 15 CBR del suelo de la subrasante 59

Figura 16 Límites en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano 60

Figura 17 Límites en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano 61

Figura 18 Límites en el PE-3 con corteza de plátano 62

Figura 19 Resumen del IP con ceniza de corteza de plátano..... 63

Figura 20 Límites en el PE-1 con escoria blanca 64

Figura 21 Límites en el PE-2 con escoria blanca 65

Figura 22 Límites en el PE-3 con escoria blanca 66

Figura 23 Resumen del IP con escoria blanca 67

Figura 24 Resumen del IP con escoria blanca 68

Figura 25 MDS y OCH en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano 69



Figura 26 MDS y OCH en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano	70
Figura 27 MDS y OCH en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano	71
Figura 28 MDS y OCH en el PE-1 con escoria blanca	72
Figura 29 MDS y OCH en el PE-2 con escoria blanca	73
Figura 30 MDS y OCH en el PE-3 con escoria blanca	74
Figura 31 CBR en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano	75
Figura 32 CBR en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano	76
Figura 33 CBR en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano	77
Figura 34 CBR en el PE-1 con escoria blanca	78
Figura 35 CBR en el PE-2 con escoria blanca	79
Figura 36 CBR en el PE-2 con escoria blanca	80



RESUMEN

Este estudio, titulado "Efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara sobre las propiedades del suelo de subrasante en la Avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca", se centró en analizar cómo la adición de ceniza de corteza de plátano en 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12% afecta en las propiedades del suelo de subrasante. Se adoptó un diseño experimental de tipo aplicado, donde se ha evaluado las propiedades como el IP, el grado de compactación y el CBR. Los resultados del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman presentaron un IP de 18.28% para el PE-1, 17.93% para el PE-2 y 17.66% para el PE-3. La MDS y el OCH, los valores fueron: para el PE-1, 1.757 gr/cm³ y 9.60%; para el PE-2, 1.761 gr/cm³ y 9.83%; y para el PE-3, 1.756 gr/cm³ y 9.80%. El CBR al 95% de la MDS mostró valores de 5.88% para el PE-1, 6.06% para el PE-2 y 6.08% para el PE-3. La adición de un 6% y 10% de ceniza de corteza de plátano resultó en una reducción del IP. Similarmente, al incorporar un 7% y 12% de escoria blanca, el IP se redujo. En cuanto al ensayo de grado de compactación, la adición de un 10% de ceniza aumentó la MDS y disminuyó el OCH, con valores para el PE-1 de 1.991 gr/cm³ y 7.74%, para el PE-2 de 1.995 gr/cm³ y 7.74%, y para el PE-3 de 2.0 gr/cm³ y 7.63%. Con un 12% de escoria blanca, los resultados fueron de 2.006 gr/cm³ y 7.37% para el PE-1, 2.014 gr/cm³ y 7.3% para el PE-2, y 2.013 gr/cm³ y 7.29% para el PE-3. Finalmente, el CBR al 95% de la MDS mostró un incremento al añadir un 10% de ceniza de corteza de plátano, con valores de 13.49% para el PE-1, 13.74% para el PE-2 y 13.91% para el PE-3. La adición de un 12% de escoria blanca elevó aún más el CBR, alcanzando 14.79% para el PE-1, 15.05% para el PE-2 y 15.54% para el PE-3. Se concluye que la incorporación de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca mejora notablemente las propiedades del suelo de subrasante.

Palabras Clave: Ceniza de plátano, escoria blanca, propiedades de la subrasante y suelo



ABSTRACT

This study, entitled "Effect of banana bark ash and white ladle furnace slag on the properties of the subgrade soil in Sacsayhuaman Avenue in the city of Juliaca", focused on analyzing how the addition of banana bark ash at 6% and 10% and white ladle furnace slag at 7% and 12% affects the properties of the subgrade soil. An applied type experimental design was adopted, where properties such as PI, degree of compaction and CBR have been evaluated. The results of the subgrade soil in Sacsayhuaman Avenue presented a PI of 18.28% for PE-1, 17.93% for PE-2 and 17.66% for PE-3. The MDS and OCH values were: for PE-1, 1.757 gr/cm³ and 9.60%; for PE-2, 1.761 gr/cm³ and 9.83%; and for PE-3, 1.756 gr/cm³ and 9.80%. The CBR at 95% of the MDS showed values of 5.88% for PE-1, 6.06% for PE-2 and 6.08% for PE-3. The addition of 6% and 10% banana bark ash resulted in a reduction of PI. Similarly, by incorporating 7% and 12% white slag, the PI was reduced. As for the compaction degree test, the addition of 10% ash increased the MDS and decreased the OCH, with values for PE-1 of 1.991 g/cm³ and 7.74%, for PE-2 of 1.995 g/cm³ and 7.74%, and for PE-3 of 2.0 g/cm³ and 7.63%. With 12% white slag, the results were 2.006 gr/cm³ and 7.37% for PE-1, 2.014 gr/cm³ and 7.3% for PE-2, and 2.013 gr/cm³ and 7.29% for PE-3. Finally, the CBR at 95% of the MDS showed an increase with the addition of 10% banana bark ash, with values of 13.49% for PE-1, 13.74% for PE-2 and 13.91% for PE-3. The addition of 12% white slag further raised the CBR, reaching 14.79% for PE-1, 15.05% for PE-2 and 15.54% for PE-3. It is concluded that the incorporation of banana bark ash and white slag significantly improves the properties of the subgrade soil.

Keywords: Banana ash, white slag, subgrade and soil properties.



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo económico y social de cualquier región, permitiendo una efectiva movilidad de personas y bienes. Sin embargo, la construcción y mantenimiento de carreteras enfrentan desafíos significativos debido a las variadas y a veces adversas condiciones del suelo sobre las que se edifican. La optimización de las propiedades del suelo de subrasante emerge como un área crítica de estudio en la ingeniería civil, buscando soluciones sostenibles y económicamente viables que aseguren la durabilidad y eficiencia de la infraestructura vial.

La ceniza de corteza de plátano y la escoria blanca de horno de cuchara son subproductos industriales y agrícolas que, históricamente, han sido subutilizados. Estos materiales poseen propiedades físicas y químicas que podrían beneficiar significativamente la estabilidad y resistencia del suelo de subrasante cuando se usan como aditivos. La reutilización de estos materiales no solo podría mejorar las propiedades del suelo sino también contribuir a la gestión sostenible de residuos, reduciendo el impacto ambiental asociado con la disposición de subproductos industriales y agrícolas.

La presente investigación se centra en la Avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca, ubicada en una región caracterizada por su complejidad geológica y variabilidad climática, factores que desafían la integridad y funcionalidad de sus vías. En particular, se examina el desenlace de la adición de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara, dos subproductos industriales y agrícolas respectivamente, sobre las propiedades del suelo de subrasante.

El objetivo principal de esta tesis es evaluar el efecto de la incorporación de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara en las propiedades mecánicas y físicas del suelo de subrasante de la Avenida Sacsayhuaman, donde se busca determinar la viabilidad de estos materiales como mejoradores del suelo.



La presente tesis está estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I: Se sienta las bases fundamentales de la investigación. Aquí se definen las variables, estableciendo un marco claro para el estudio. Se delimitan los objetivos específicos, tanto generales como específicos. Además, se justifica ampliamente la relevancia del estudio, explicando por qué es importante abordar esta problemática, así mismo se plantean las hipótesis de trabajo.

Capítulo II: El segundo capítulo está dedicado a construir un sólido marco teórico, realizando un análisis profundo de estudios previos y contribuciones significativas en el ámbito de estudio. Este capítulo no solo resume las ideas teóricas clave, sino que también sitúa el estudio de un marco conceptual, destacando las lagunas de conocimiento que la presente investigación pretende abordar.

Capítulo III: Este capítulo detalla los métodos y procedimientos empleados en la investigación, incluyendo la identificación y selección de los sujetos de estudio o las muestras analizadas. Se describe de manera exhaustiva la estrategia metodológica adoptada, justificando la elección de técnicas y herramientas específicas para la recolección y análisis de datos.

En el **capítulo IV:** El cuarto capítulo se dedica a la presentación y análisis de los resultados obtenidos. Se organizan los datos recolectados en tablas y gráficos para facilitar su interpretación, seguido de una comparación metódica con los hallazgos de investigaciones previas en el campo.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel global, el deterioro de las carreteras debido a subrasantes de mala calidad es un desafío persistente que afecta la durabilidad y seguridad de las infraestructuras viales. La búsqueda de soluciones sostenibles y de bajo costo para mejorar la resistencia y estabilidad de las subrasantes es crucial para el desarrollo de infraestructuras resilientes. La reutilización de residuos industriales y agrícolas, como la ceniza de corteza de plátano y la escoria blanca, en la mejora de las propiedades de la subrasante representa una estrategia innovadora que aborda tanto la gestión de residuos como la necesidad de materiales de construcción sostenibles y eficientes.

En Perú, la problemática ambiental se ve exacerbada por la acumulación de residuos industriales y agrícolas, incluyendo la escoria de los procesos siderúrgicos y los residuos de la vasta producción bananera. Este escenario se complica aún más por las limitadas iniciativas de reciclaje y reutilización de estos materiales. Además, el país enfrenta el reto de mejorar sus infraestructuras viales para impulsar el desarrollo económico y conectar adecuadamente sus regiones. La necesidad de explorar materiales alternativos y sostenibles para la construcción de carreteras es, por tanto, una prioridad



nacional, que busca no solo mitigar el impacto ambiental de los residuos sino también mejorar la calidad y durabilidad de las infraestructuras viales.

En la ciudad de Juliaca, específicamente en la Avenida Sacsayhuaman, se enfrentan desafíos significativos relacionados con el mantenimiento y mejora de las condiciones del suelo de subrasante para infraestructuras viales. La región, caracterizada por sus condiciones climáticas extremas y variabilidad geológica, requiere soluciones innovadoras para estabilizar y mejorar las propiedades del suelo que aseguren la durabilidad y eficiencia de sus vías. La utilización de materiales no convencionales, como la ceniza de corteza de plátano y la escoria blanca de horno de cuchara, se presenta como una alternativa prometedora para abordar estas necesidades locales. Sin embargo, la falta de estudios específicos que validen la eficacia y viabilidad de estos materiales en el contexto de Juliaca limita su implementación.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca?

1.2.2 Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca?
- b. ¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el índice de plasticidad del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman?



- c. ¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el grado de compactación del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman?
- d. ¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el CBR del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar el efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- a. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca.
- b. Determinar el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el índice de plasticidad del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.
- c. Determinar el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el grado de compactación del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.
- d. Determinar el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el CBR del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

La justificación de esta investigación se centra en la necesidad de explorar y validar nuevas técnicas y materiales que incrementan las propiedades del suelo de subrasante, un componente crítico en la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales. El uso de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara representa una innovación potencial en la ingeniería de suelos, al ofrecer una alternativa sostenible para mejorar el suelo. Esta investigación pretende determinar la eficacia de estos materiales, evaluando su impacto en las propiedades del suelo. Al proporcionar una base científica sólida para el uso de estos materiales, este estudio podría establecer un precedente para técnicas de mejora del suelo más ecológicas y eficientes en términos de recursos.

1.4.2 *Justificación económica*

Desde la perspectiva económica, la utilización de materiales alternativos como la ceniza de corteza de plátano y la escoria blanca de horno de cuchara en la mejora de suelos de subrasante tiene el potencial de ofrecer una solución costo-efectiva para proyectos de infraestructura vial. Estos materiales, a menudo considerados residuos o subproductos de otros procesos industriales o agrícolas, pueden reducir significativamente los costos asociados con la adquisición y transporte de materiales tradicionalmente utilizados en la ingeniería de suelos. Además, el aprovechamiento de estos materiales contribuye a la economía circular, al valorizar residuos que de otra manera requerirían gestión y disposición.

1.4.3 *Justificación social*

La implementación de técnicas de mejora del suelo que incorporan ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara tiene importantes implicaciones sociales. Al mejorar la infraestructura vial de una manera más sostenible y económica, este proyecto tiene el potencial de contribuir significativamente al bienestar de la comunidad



local. Carreteras más durables y resistentes mejoran la conectividad y accesibilidad, facilitando el transporte de personas y bienes, lo que a su vez puede impulsar el desarrollo económico y social de la región. Además, la utilización de materiales sostenibles en la construcción vial refleja un compromiso con la responsabilidad ambiental y social, promoviendo prácticas de desarrollo sostenible y generando conciencia sobre la importancia de la innovación en la gestión de recursos.

1.4.4 Justificación ambiental

La justificación ambiental de esta investigación reside en su enfoque en la sostenibilidad y la minimización del impacto ecológico de las actividades de construcción. El uso de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara como materiales de mejora del suelo ofrece una estrategia prometedora para la reducción de la huella ambiental de proyectos de infraestructura vial. Al aprovechar subproductos y residuos, esta técnica disminuye la dependencia de materiales no renovables y la generación de residuos, contribuyendo a la mitigación del impacto ambiental asociado con la extracción de recursos y la disposición de residuos. Además, al incrementar las propiedades del suelo de subrasante, se puede reducir la necesidad de mantenimiento y reparaciones frecuentes, lo que a su vez disminuye las emisiones asociadas con estas.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara será de manera significativa sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca.

1.5.2 Hipótesis específicas

- a. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca, serán materiales de subrasante inadecuados.



- b. El uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, disminuirá el índice de plasticidad del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.
- c. El uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, mejorara el grado de compactación del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.
- d. El uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, incrementara el CBR del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable independiente*

Ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara.

INDICADOR

Ceniza de corteza de plátano en proporciones de 6% y 10%.

Escoria blanca de horno de cuchara de 7% y 12%.

1.6.2 *Variable dependiente*

Propiedades del suelo de subrasante.

INDICADOR

- IP
- Grado de compactación.
- Capacidad de soporte.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA	<p>La ceniza de corteza de plátano se refiere al residuo que queda después de quemar la corteza (o piel) de los plátanos.</p> <p>La escoria blanca de hornos de cuchara es un subproducto generado en los procesos de refinado de acero en hornos de cuchara, que son utilizados después del horno de arco eléctrico o cualquier otro proceso primario de fabricación de acero.</p>	Porcentajes de adición	Ceniza de corteza de plátano en proporciones de 6% y 10%. Escoria blanca de horno de cuchara en proporciones de 7% y 12%.	Ficha de toma de datos
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE	<p>Las características físicas y mecánicas del suelo que afectan su capacidad para soportar cargas, drenar el agua y resistir la deformación. Estas propiedades se evalúan mediante pruebas de laboratorio y de campo para garantizar que el suelo sea adecuado para su uso como subrasante en proyectos</p>	Propiedades físicas y mecánicas	IP Grado de compactación Capacidad de soporte	Equipos y herramientas de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Pérez Murillo et al., (2022) en su investigación titulada "Evaluación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para el mejoramiento de la subrasante en el sector de "El molino el Escobal" b/ Picaleña km 11 vía Ibagué – Girardot.", evaluaron la eficacia del uso de cenizas de bagazo de caña de azúcar para el mejoramiento de la subrasante. Con el fin de evaluar el impacto de la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) a la subrasante en el sector de "El Molino El Escobal" B/Picaleña km 11 en la vía Ibagué - Girardot, el propósito de este estudio experimental fue examinar los impactos de porcentajes variables de 0%, 3%, 5% y 7%. El propósito principal fue investigar la forma como la incorporación de CBCA influye en las características físicas y mecánicas del suelo, con el fin de mejorar su resistencia a la compresión. Para lograr este objetivo, se desarrollaron mezclas que contenían varios porcentajes de CBCA, se realizaron pruebas para evaluar la resistencia a la compresión de las mezclas y se compararon los resultados de estas pruebas para determinar el porcentaje de CBCA que representa el nivel óptimo. Los residuos que se producen al quemar el bagazo que recubre la caña de azúcar son la fuente de la ceniza que se conoce como bagazo de caña. Se utilizan hornos para quemar



este material, lo que resulta en la producción de cenizas que posteriormente se utilizan como adición al suelo. Las pruebas de distribución granulométrica, Proctor, CBR y gravedad específica fueron algunas de las pruebas que se realizaron de acuerdo con las normas establecidas por el Invías. De acuerdo con los resultados del examen granulométrico, el suelo de la subrasante podía descomponerse en los siguientes componentes: 4,6% de finos, 18,39% de gravas y 76,98% de arena. Además, el suelo tenía un coeficiente de uniformidad (Cu) de 10,3885 y un coeficiente de curvatura. El suelo se clasifica como arena bien graduada (SW) según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), que se complementa con la clasificación que utiliza la Sociedad Americana de Funcionarios de Transporte por Carretera (ASHTO). Una mejora considerable en las propiedades técnicas y mecánicas de la subrasante puede atribuirse a la incorporación de cenizas, como demuestran estos datos, que sugieren que el CBCA funciona como un estabilizador eficiente para la subrasante. De acuerdo con los resultados de este estudio, el porcentaje óptimo de ceniza fue del 7%, lo que dio lugar a la mayor mejora en la resistencia a la compresión del suelo.

Limés et al., (2022) en su artículo titulado "Influencia de los aditivos de ceniza de bagazo de caña y escoria de alto horno en suelo granular", nos brinda una solución viable de la estabilización del suelo mediante la incorporación de aditivos, como la ceniza de bagazo de caña y la escoria de alto horno, un subproducto de las siderúrgicas. El propósito de este estudio es evaluar los efectos de estos aditivos en las propiedades de los suelos estabilizados. Se experimentó añadiendo escoria en proporciones del 25% y 35%, y ceniza en proporciones del 10% y 30%, del peso total de las muestras, y se compararon las propiedades resultantes con las de un suelo sin tratamiento. Los hallazgos indican que la incorporación de estos aditivos altera significativamente las características del suelo. La inclusión de ceniza generalmente no fue beneficiosa en ninguna de las concentraciones probadas, ya que incrementó la absorción capilar del suelo, acelerando su colapso, redujo el peso específico seco máximo y disminuyó el valor de CBR, afectando negativamente la

capacidad portante del suelo en comparación con muestras no estabilizadas. Sin embargo, contribuyó a una distribución granulométrica más uniforme en el suelo natural. Por otro lado, la escoria demostró mejorar sustancialmente las propiedades del suelo, aumentando su resistencia a la absorción de agua por capilaridad, el peso específico seco máximo, y mejorando notablemente el valor de CBR, con incrementos del 11% y 15% para las mezclas con 25% y 35% de escoria, respectivamente. Esto se traduce en un incremento bastante significativo de la capacidad portante.

2.1.2 Antecedentes nacionales

La tesis realizado Cadenillas, (2023) titulada "Influencia de las características físico mecánicas de la subrasante suelos arenosos tipo a-3 al agregar ceniza de corteza de plátano con porcentajes de 3.5%, 6.0% y 8.5%– Pachacútec – región Callao 2023", se enfoca en ofrecer una solución alternativa a los desafíos encontrados en el fortalecimiento de suelos arenosos (también clasificados como SP según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS) para aplicaciones de pavimentación. La población de estudio comprendió la zona de Pachacútec, enfocándose en los suelos arenosos. Los procedimientos empleados se alinearon con las normas ASTM, utilizando técnicas específicas de recolección de datos, incluyendo ensayos de laboratorio para así obtener resultados. Para un CBR al 95% de la (M.D.S.), se observó un aumento del 0.57% con una adición del 5% de ceniza, mientras que incrementos del 10% y 15% en la ceniza resultaron en disminuciones del CBR. Similarmente, al 100% M.D.S., el aumento fue del 1.03% con el 5% de ceniza, disminuyendo con mayores porcentajes de adición. La adición del 5% de ceniza de hoja de plátano mostró ser la más efectiva, superando el CBR comparado con el suelo natural en ambos casos de densidad y penetración. Además, se calculó que la inclusión de cenizas de hoja de plátano mejora significativamente los resultados del ensayo Proctor, específicamente en la densidad seca máxima y humedad de la subrasante de suelo arcilloso. Con un 5% de adición, la densidad seca máxima aumentó en 0.094 gr/cm³,

y variaciones en humedad se observaron con diferentes porcentajes de adición, demostrando una influencia positiva de las cenizas en la estabilización del suelo.

Rivera Huamani, (2023) en su investigación titulada "Escoria blanca de horno de cuchara (LFS) para la estabilización de subrasante de suelos arcillosos, vías de la urbanización José Gálvez, Lima-2022", el objetivo de este estudio fue evaluar la influencia de la Escoria Blanca de Horno de Cuchara (LFS) en la estabilización de suelos arcillosos para subrasantes en las vías. Adoptando un enfoque cuantitativo, el estudio se clasificó como explicativo y se diseñó con un método cuasi experimental. La investigación se centró en las vías de la Urbanización, seleccionando específicamente la Avenida como muestra. Los hallazgos revelaron que la incorporación de LFS logró reducir el Contenido de Humedad (C.H) en un 25% comparado con el suelo de control. Sin embargo, no se observaron cambios en el (IP). En términos de la Densidad Máxima Seca (D.M.S), se registró un aumento del 3.81% en comparación con el suelo estándar. Además, el Coeficiente de Balasto (CBR) experimentó un notable incremento del 127.63%, y el Esfuerzo Cortante mejoró en un 92.02% respecto al suelo de control. En conclusión, la aplicación de LFS en suelos arcillosos mostró una mejora significativa en términos de propiedades, evidenciada por aumentos en el CBR y el Esfuerzo Cortante, mientras que las propiedades físicas como el C.H y la D.M.S mejoraron, pero el IP permaneció sin cambios. Esto indica que, aunque la escoria blanca no afecta todas las propiedades físicas de manera positiva, sí contribuye significativamente a la optimización de las características del suelo.

2.1.3 Antecedentes regionales

Gamez & Vargas, (2023) en su investigación denominada "Mejoramiento de Propiedades del Suelo Cohesivo de Subrasante de la Carretera Maravillas - Vilcapata con Escoria de Hornos Artesanales, Juliaca, 2023", los investigadores se enfocaron en mejorar las propiedades del suelo subrasante en la carretera Maravillas - Vilcapata, la cual se



encuentra ubicada en la provincia de San Román o región Puno. En este estudio se propuso una técnica de investigación aplicada que incluía un diseño experimental y un enfoque cuantitativo. La investigación se realizó en una longitud de carretera de 6,45 kilómetros, es decir, desde la progresiva 5+500 kilómetros hasta la 6+000 kilómetros. Al estabilizar el suelo de la subrasante con la adición de escoria de horno artesanal, que es un remanente de la calcinación de ladrillos artesanales, el propósito principal era aumentar la facilidad con la que los vehículos podían circular por la zona. Se utilizó un muestreo no probabilístico y se elaboraron fichas de recogida de datos que fueron aprobadas por profesionales de la zona. El muestreo se llevó a cabo. La integración de escoria de horno artesanal puede atribuirse a una mejora considerable de las cualidades físicas y mecánicas del suelo de la subrasante, como indican los resultados obtenidos. El (IP) del suelo natural se registró en 16.52%, y se observaron disminuciones notables en este índice con la adición de escoria: un 12.65% con el 10% de escoria, un 9.21% con el 15% de escoria, y un 6.66% con el 20% de escoria, logrando la mayor estabilización con esta última proporción. Además, la influencia de la escoria en el ensayo de Coeficiente de Balasto (CBR) al 95% de la máxima densidad seca mostró mejoras en la resistencia de la subrasante: un incremento de 2.58% en el CBR con un 10% de adición de escoria, un incremento de 4.50% con un 15% de adición, y un notable incremento de 6.97% con un 20% de adición, siendo esta última la combinación que ofreció la máxima resistencia. Estos hallazgos son significativos ya que no solo proponen una solución eficaz para la mejora de las condiciones de transitabilidad en vías afectadas por la calidad del suelo de subrasante, sino que también promueven la utilización de residuos industriales como la escoria de hornos artesanales, contribuyendo así a la sostenibilidad ambiental. La reutilización de estos materiales no solo optimiza las propiedades del suelo para aplicaciones de ingeniería civil, sino que también reduce el impacto ambiental al darles un nuevo uso productivo.

Canihua Aqwise, (2023) en el estudio titulado "Influencia de ceniza de tallo de avena en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, prolongación Av. Tacna, Juliaca –



2023" esta investigación se centró en evaluar el impacto de la adición de ceniza de tallo de avena en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, examinando porcentajes de adición del 5%, 10%, 15%, y 20% para entender cómo estas adiciones alteran las características de la subrasante. La metodología adoptada fue de tipo laboratorio, con un enfoque cuantitativo y explicativo. La investigación se llevó a cabo en un tramo de 694 metros lineales de la Avenida Tacna, donde se realizaron muestreos de dos calicatas. Los instrumentos y normativas utilizados para la recolección de datos. Los resultados mostraron que la muestra patrón tenía un valor de Coeficiente de Balasto (CBR) del 6.76%. Con la adición de ceniza de tallo de avena, se observaron incrementos significativos en el CBR: un aumento de +3.26% para el 5%, +5.55% para el 10%, +6.89% para el 15%, y +9.45% para el 20% de adición. Estos resultados indican que el suelo, clasificado originalmente como muy arcilloso, experimentó mejoras considerables en sus propiedades al ser tratado con ceniza de tallo de avena, reubicándolo en la clasificación S3 según el Manual de suelos y pavimentos. La conclusión principal de este estudio es que la incorporación de ceniza de tallo de avena en el suelo de la subrasante en la Avenida Tacna tiene un efecto significativo en la mejora de las propiedades físico-mecánicas del suelo. Este hallazgo abre nuevas perspectivas para el uso de materiales sostenibles en la ingeniería civil, específicamente en la mejora y estabilización de suelos para subrasantes, ofreciendo una alternativa eco-amigable y eficaz para el tratamiento de suelos problemáticos.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Suelo

La capa superficial biológicamente activa de la corteza terrestre se denomina suelo. El suelo se crea por la desintegración o modificación física y química de las rocas, así como por los residuos generados por la actividad biológica. El suelo se forma a partir de la combinación de estos dos procesos. Hay una serie de procesos que contribuyen a la

creación de suelos específicos. Algunos de estos procesos son la deposición eólica, la sedimentación en los cursos de agua, la meteorización y la acumulación de materia orgánica (Gallo, 2022).

El suelo constituye el elemento fundamental en la estructura de una carretera, integrado por materia orgánica, aire, agua y minerales. La composición específica del suelo determina sus características, incluyendo la dimensión de partículas y entre otras características. Estas propiedades nos permiten categorizar el suelo en gravas, arenas, limos y arcillas, lo cual es crucial para identificar el tipo de suelo que sostiene la infraestructura vial. A su vez, esta clasificación es determinante para entender la capacidad del suelo de resistir esfuerzos y su comportamiento ante las cargas impuestas por el tráfico vehicular (Gamez & Vargas, 2023).

El suelo es una capa delgada que recubre la corteza terrestre, compuesta por materiales derivados de la descomposición o transformación física y química de las rocas, así como de los residuos generados por las actividades de los seres vivos que habitan en ella. La formación del suelo es influenciada por diversos elementos naturales, entre los cuales destacan el sol, el aire y el agua. La exposición al sol provoca que la superficie de las rocas se caliente más que su interior, lo cual, debido al coeficiente de expansión térmica de los materiales, genera tensiones que eventualmente causan la fractura y desprendimiento de las rocas. Este proceso es uno de los múltiples factores que contribuyen a la generación y enriquecimiento del suelo (Pérez et al., 2022).

2.2.1.1 Tipos de suelo

Los tipos de suelo se clasifican generalmente según su textura, estructura, porosidad, y composición química y biológica. Estas características determinan la capacidad del suelo para sostener la vida vegetal, retener agua y nutrientes, y soportar diversas actividades humanas. A continuación, se presenta un concepto general de los principales tipos de suelo:



- El suelo arenoso se caracteriza por estar compuesto principalmente de partículas de arena, que varían en tamaño de 0.05mm a 2mm de diámetro. Este tipo de suelo es ligero, posee una textura suave y carece de nutrientes significativos, lo que lo clasifica dentro de las superficies ligeras. Su principal ventaja es la capacidad de permitir un rápido drenaje del agua, aunque esto también lo hace susceptible a la erosión por viento y agua (Apaza & Quisca, 2023).
- Por otro lado, el suelo arcilloso se distingue por su finura y alta cohesión molecular, lo que le confiere una notable capacidad de retención de agua. Este tipo de suelo, rico en partículas arcillosas, es conocido por su baja capacidad de soporte frente a presiones y cargas, lo que lo hace menos idóneo para soportar estructuras sin un tratamiento adecuado (Apaza & Quisca, 2023).
- El suelo limoso, con partículas de tamaño medio, destaca por su ligereza y su excelente capacidad para retener humedad, lo que contribuye a su fertilidad. Este tipo de suelo puede compactarse fácilmente, ofreciendo un mejor soporte para construcciones en comparación con los suelos más finos, aunque todavía requiere consideraciones especiales en su manejo (Apaza & Quisca, 2023).
- El suelo franco es una mezcla equilibrada de arena, limo y arcilla. Este equilibrio lo hace ideal para la mayoría de las plantas, ya que retiene bien el agua y los nutrientes, pero también permite un buen drenaje y aireación.
- Calizo: Contiene una gran cantidad de carbonato de calcio y tiene un pH alto, lo que puede limitar el crecimiento de plantas que prefieren condiciones más ácidas. Es más común en áreas secas.
- Finalmente, el suelo de turba es rico en componentes orgánicos y tiene una gran capacidad para contener agua, características que lo hacen prevalente en jardines y áreas con aguas estancadas. Su color va del marrón oscuro al negro, y tiene un olor característico a materia orgánica. Este suelo es identificado como altamente orgánico y se clasifica específicamente como turba, requiriendo un manejo especializado debido a su composición y características (Apaza & Quisca, 2023).

2.2.1.2 Propiedades del suelo

El suelo, como entidad material, manifiesta una gama de características que pueden ser categorizadas en dos grupos principales: propiedades físicas y químicas, así como propiedades mecánicas. En lo que respecta a las propiedades físicas, estas abarcan aspectos como el color, la consistencia, la densidad, la permeabilidad, la profundidad, las características térmicas y el comportamiento del agua dentro del suelo. La salinidad es reconocida como la principal propiedad química, mientras que las propiedades incluyen el potencial de oxidación, el pH, que describe la acidez o alcalinidad del suelo, y la capacidad de intercambio iónico (Jimenez, 2018)

Según (Hernández & Pérez, 2022) las propiedades físicas y químicas del suelo son:

Propiedades físicas

- **Color:** La coloración oscura en los suelos suele indicar una rica presencia de materia orgánica. Los suelos de tonalidades rojas son ricos en hierro y manganeso, mientras que los amarillos se caracterizan por su alta concentración de arcilla y escasa materia orgánica.
- **Textura:** La textura es un término que describe la cantidad y el tipo de partículas minerales presentes en el suelo. Los tipos más destacados de partículas minerales son la arena, el limo y la arcilla.
- **Estructura:** Describe la manera en que los minerales del suelo se organizan en agregados o terrones, los cuales pueden variar en tamaño y cohesión, desde medianamente unidos hasta extremadamente compactos.
- **Porosidad:** Es la medida de los espacios vacíos dentro del suelo en relación con su volumen total, expresada en porcentaje. Esta característica está directamente influenciada por la textura y estructura del suelo. Los suelos con textura fina presentan una porosidad mayor en comparación con los de textura gruesa. Los suelos arcillosos, por ejemplo, contienen numerosos microporos, mientras que los arenosos tienen menos macro porosos, aunque estos últimos están mejor interconectados.

- Densidad aparente y real: La densidad aparente es el peso del suelo seco por unidad de volumen, incluyendo los poros; la densidad real excluye los poros. Indican la compactación y la porosidad del suelo.
- Permeabilidad: La capacidad del suelo para transmitir agua y aire. Es importante para la filtración de agua y la respiración de las raíces.

Propiedades químicas

- pH: Medida de la acidez o alcalinidad del suelo. Afecta la disponibilidad de nutrientes para las plantas y la actividad microbiana.
- Capacidad de intercambio catiónico (CIC): La capacidad del suelo para retener y liberar cationes (iones positivos). Afecta la fertilidad del suelo.
- Salinidad: Concentración de sales solubles en el suelo. Niveles altos pueden ser tóxicos para las plantas.
- Materia orgánica: Contenido de restos de plantas y animales en descomposición. Mejora la estructura del suelo, la retención de agua y nutrientes, y la actividad biológica.

2.2.1.3 Clasificación de suelos

Las clasificaciones ayudan a determinar la adecuación del suelo para diferentes tipos de construcciones y obras civiles. Dos de los sistemas de clasificación de suelos más conocidos y utilizados son el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el sistema de clasificación de suelos de la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras y Transporte (AASHTO).

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) fue desarrollado durante la Segunda Guerra Mundial para las necesidades militares de los Estados Unidos y más tarde fue adoptado por ingenieros civiles. Este sistema clasifica los suelos en gran medida según sus propiedades granulométricas (tamaño de partícula) y su plasticidad. Los suelos se dividen en grupos principales como gravas (G), arenas (S), limos (M), arcillas (C) y

suelos orgánicos (O), con varias subdivisiones basadas en características como la gradación (bien graduado o mal graduado) y la plasticidad. Por ejemplo, un suelo puede ser clasificado como CL (arcilla de baja plasticidad) o SW (arena bien graduada), dependiendo de sus características específicas (Ccoillo, 2017).

El sistema de clasificación AASHTO está orientado principalmente hacia el uso de suelos en la construcción de carreteras. Este sistema clasifica los suelos desde el Grupo A-1 hasta el Grupo A-7, basándose en sus propiedades, como el tamaño de partícula, la distribución del tamaño de partícula, y los límites de Atterberg (límites de liquidez y plasticidad). Los suelos en los grupos A-1 a A-3 son generalmente considerados buenos materiales para la construcción de carreteras, siendo predominantemente gravas y arenas con poca o ninguna plasticidad. Los suelos de los grupos A-4 a A-7 tienen mayores contenidos de finos (limos y arcillas) y son más plásticos, lo que puede hacerlos menos deseables para ciertos tipos de construcciones viales sin tratamiento adecuado (Ccoillo, 2017).

Figura 1

Simbología para el perfil de calicatas según la normativa AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Nota: Tomada de (MTC, 2014)

Figura 2

Símbolo logia para perfil de las calicatas según SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de material fino, variación en tamaños granulares.		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo.
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino.		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcilla.
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa.		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad.
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino.		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra.
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia, poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios.		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad.
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios.		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micáceo o diatomáceo, limo elástico.

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa.
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico.
	Turba, suelo considerablemente orgánico.

Nota: Tomada de (MTC, 2014)

2.2.1.4 Características de los suelos

a) Límite de Atterberg

Los límites de Atterberg definen los puntos críticos de contenido de humedad en los cuales un suelo, particularmente las arcillas, transita entre diferentes estados de consistencia. Estos estados varían desde sólido, a plástico, y finalmente a líquido, con cada límite representando un punto específico de transición en el comportamiento del suelo debido a cambios en su contenido de agua (Contreras, 2022). Los límites de Atterberg no solo proporcionan una manera de clasificar los suelos según su comportamiento mecánico



y consistencia en relación con el contenido de humedad, sino que también ofrecen información valiosa para la predicción del comportamiento del suelo bajo diversas condiciones ambientales y de carga. Estos límites son esenciales en el diseño y análisis en el campo de la ingeniería geotécnica, permitiendo a los profesionales tomar decisiones informadas sobre la selección de materiales y las técnicas de construcción más adecuadas (Cadillo, 2021).

Límite líquido (LL): El límite líquido es un indicador crítico de la capacidad de un suelo para cambiar de estado. A medida que el contenido de humedad aumenta en el suelo hasta alcanzar el límite líquido, sus partículas comienzan a separarse, reduciendo la fricción interna y permitiendo que el suelo fluya con mayor facilidad. Este punto crítico de humedad es crucial para entender cómo se comportará el suelo bajo cargas o presiones aplicadas, ya que más allá de este límite, el suelo pierde su capacidad de soportar cargas de manera efectiva, comportándose más como un líquido que como un sólido (Miranda, 2021).

Límite plástico (LP): El límite plástico complementa al límite líquido ofreciendo una vista del comportamiento del suelo en el extremo inferior de su rango de plasticidad. Al alcanzar el límite plástico, el suelo conserva suficiente humedad para permitir cierta deformación sin romperse, pero no suficiente para comportarse como un líquido. Este equilibrio delicado es esencial para entender la capacidad del suelo para ser modelado y manipulado en aplicaciones prácticas, como la construcción de terraplenes o la preparación de cimientos (Miranda, 2021).

Índice de Plasticidad (IP): Representa la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico del suelo. Este índice mide el rango de humedad en el cual el suelo mantiene su capacidad plástica.

Tabla 2*Índice de plasticidad*

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

Fuente: Adaptado del Manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014)

b) Contenido de humedad

Cuando se representa en forma de porcentaje, el contenido de humedad del suelo es una cantidad importante que mide la cantidad de agua presente en relación con los sólidos minerales presentes en el suelo. Este parámetro es fundamental para comprender cómo el suelo interactúa con el agua, lo que a su vez influye directamente sus propiedades físicas y comportamiento mecánico. La proporción de agua a sólidos no solo es indicativa de la capacidad del suelo para absorber y retener agua, sino que también juega un papel crucial en determinar su estado físico: si es sólido, plástico o líquido (Payano, 2023)

La medida en que el agua está presente en el suelo afecta significativamente a su plasticidad, la cual es la habilidad del suelo para deformarse sin agrietarse. La consistencia del suelo, por otro lado, se refiere a su firmeza y resistencia al ser deformado o comprimido. Juntas, la plasticidad y la consistencia ofrecen una visión integral de cómo se comportará el suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad (Gutiérrez, 2017).



c) Granulometría

El análisis granulométrico es un proceso analítico esencial en la ingeniería civil y geotécnica, diseñado para medir y clasificar las dimensiones de las partículas que componen una muestra de suelo. Este ensayo tiene una relevancia crítica, pues las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, incluyendo su capacidad de soporte, permeabilidad, y compresibilidad, pueden ser inferidas a partir de su distribución granulométrica (Santander & Yávar, 2018).

La distribución de tamaño de partículas obtenida a través de este análisis proporciona una visión detallada de la composición granulométrica del suelo. La granulometría influye directamente en la capacidad del suelo para permitir el paso del agua. Suelos con una mayor proporción de partículas finas, como las arcillas, tienden a tener menor permeabilidad que aquellos con una mayor proporción de partículas gruesas, como las gravas. La distribución del tamaño de las partículas afecta la compactación del suelo y, por ende, su capacidad para soportar estructuras (Payano, 2023).

d) Proctor modificado

Se utiliza en la ingeniería civil para determinar la compactación óptima de los suelos con el fin de alcanzar una mayor densidad y resistencia mecánica. En el ensayo Proctor modificado, se aplica una energía de compactación mayor en comparación con el Proctor estándar. Esto se logra utilizando un pisón más pesado (de aproximadamente 4.5 kg o 10 lb) y una altura de caída mayor (de 457 mm o 18 pulgadas) en el procedimiento de compactación. Además, se realizan más golpes por capa durante la compactación del suelo en el molde (Santander & Yávar, 2018).

El objetivo del ensayo Proctor modificado es alcanzar densidades más altas del suelo que son necesarias en la construcción de estructuras que soportan cargas pesadas, como pavimentos, bases de carreteras y aeropuertos, y rellenos para edificaciones. Al

aumentar la energía de compactación, se pueden identificar las condiciones óptimas de humedad y densidad secas que permitirán al suelo alcanzar una mayor resistencia y estabilidad, reduciendo así el asentamiento y mejorando el rendimiento de la infraestructura (Corrales, 2021).

e) Capacidad de soporte

El CBR es una prueba empírica que mide la resistencia de un material frente a la penetración, en paralelo con la resistencia de un material estándar. Los resultados de esta prueba son un indicador clave para el diseño de cimentaciones de carreteras, aeropuertos y otras estructuras que requieren un soporte estable.

El procedimiento del CBR implica la penetración de un pistón en una muestra de suelo compactado y preparado a una velocidad estándar, y se mide la resistencia ofrecida por el suelo a la penetración. Los resultados se expresan como un porcentaje del valor de la resistencia a penetración de una muestra estándar de piedra triturada. Por lo tanto, un CBR de 100% indica que el suelo tiene la misma capacidad de soporte que la muestra estándar (Castillo & Manrique, 2023)

Este ensayo es fundamental para el diseño de infraestructuras viales, permitiendo evaluar la solidez y capacidad de carga de los suelos, así como de las capas subyacentes de subbase y base utilizadas en la construcción de carreteras. Para realizar esta prueba, es esencial que el terreno haya sido previamente preparado para alcanzar un contenido de humedad y una densidad óptimos. Además, el ensayo de CBR se puede aplicar tanto a muestras de suelo compactado en laboratorio como a muestras no alteradas, extraídas directamente del sitio de interés, lo que permite una evaluación precisa de las condiciones reales del terreno (Landa & Torres, 2019).

2.2.2 Pavimentos

Según el (MTC, 2014), proporciona una definición detallada de lo que constituye un pavimento, describiéndolo como un sistema estructural multicapa diseñado específicamente para ser instalado sobre la subrasante. Su propósito fundamental es soportar y distribuir de manera eficiente los esfuerzos provocados por el tráfico vehicular, con el objetivo de prolongar la vida útil de la carretera y asegurar un servicio óptimo. Las capas que componen un pavimento son esenciales para su funcionamiento, y se clasifican generalmente en base, subbase y capa de rodadura, cada una cumpliendo funciones específicas dentro del sistema:

- **Capa de rodadura:** Esta es la capa superior del pavimento y está en contacto directo con los vehículos. Su función es proporcionar una superficie lisa y durable para el tráfico, además de asegurar la seguridad mediante una adecuada fricción. La capa de rodadura puede ser de material bituminoso, lo que da lugar a pavimentos flexibles, o de concreto, resultando en pavimentos rígidos. La elección entre uno y otro material depende de varios factores, incluyendo el volumen y tipo de tráfico, condiciones climáticas y costos de mantenimiento previstos.
- **Base:** Ubicada justo debajo de la capa de rodadura, la base es crucial para la estructura del pavimento. Actúa como un distribuidor de cargas, transmitiendo y repartiendo los esfuerzos recibidos de la capa de rodadura a la subbase y más allá. Esta capa generalmente consiste en materiales granulares que, además de soportar las cargas, facilitan el drenaje del agua, evitando así la acumulación y posible debilitamiento de la estructura del pavimento.
- **Subbase:** Esta capa se encuentra debajo de la base y sobre la subrasante, desempeñando roles clave en el control del drenaje y la estabilidad general del pavimento. La subbase ayuda a mitigar el efecto de la capilaridad del agua subterránea y proporciona una fundación adicional para distribuir las cargas a la subrasante. Su



diseño y grosor se determinan en función de las necesidades específicas de drenaje y resistencia del pavimento.

El MTC clasifica los pavimentos en tres categorías principales: flexibles, semirrígidos y rígidos, basándose en la naturaleza de su capa de rodadura y la capacidad de cada tipo para soportar y distribuir las cargas vehiculares. Mientras que los pavimentos flexibles y rígidos representan los extremos en términos de materiales y comportamiento ante las cargas, los pavimentos semirrígidos ofrecen una solución intermedia, combinando elementos de ambos para adaptarse a condiciones específicas de tráfico y climáticas.

Los objetivos principales de un pavimento son:

- Un pavimento debe ofrecer una superficie uniforme y estable que permita el tránsito vehicular de manera segura y confortable. Esto implica no solo mantener una textura adecuada para el contacto con los neumáticos y minimizar la generación de ruido, sino también asegurar una adecuada visibilidad de las señalizaciones viales.
- El pavimento debe ser capaz de soportar el tráfico vehicular estimado para el periodo de diseño sin sufrir deformaciones permanentes o fallas estructurales. Esto incluye la capacidad de distribuir las cargas verticales generadas por los vehículos de manera eficaz, de tal modo que las presiones transmitidas a la subrasante sean mínimas y dentro de su capacidad de soporte.
- Un pavimento debe ser diseñado teniendo en cuenta las condiciones climáticas específicas de su ubicación, incluyendo la resistencia al agua y las variaciones de temperatura. El agua, ya sea en forma de lluvia, nieve o hielo, puede penetrar en la estructura del pavimento y afectar a sus materiales, tanto por procesos de congelación/descongelación como por erosión o reducción de la capacidad de carga de la subrasante.

2.2.3 Subrasante

La subrasante se refiere a la capa del terreno natural o mejorado que se encuentra debajo de las capas del pavimento o de la base en una estructura de carretera, aeropuerto o una construcción similar. La función principal de la subrasante es proporcionar un soporte adecuado para las capas superiores del pavimento, distribuyendo las cargas aplicadas a la superficie hacia el terreno subyacente de manera uniforme y eficaz. Esta capa es crucial para la durabilidad y el rendimiento a largo plazo de la carretera o pista, ya que una subrasante bien compactada y estable puede prevenir problemas como deformaciones, hundimientos o grietas en las capas superiores del pavimento (Pasache & Vilca, 2022).

Figura 3

Subrasante



Fuente: Tomada de Google

Por otro lado, la subrasante representa una capa fundamental dentro de la estructura del pavimento, ya que su resistencia es crucial para la integridad de toda la estructura. Siendo la capa más profunda, sostiene el conjunto del pavimento y se extiende hasta una profundidad que garantice el soporte adecuado para las cargas previstas, las cuales están determinadas por el tráfico esperado. En esencia, la subrasante actúa como el suelo de cimentación sobre el cual se construye el pavimento. Esta puede estar compuesta por el suelo natural existente, el cual debe ser adecuadamente conformado y

compactado; o por material de préstamo, utilizado cuando el suelo natural no cumple con los requisitos necesarios o por exigencias del diseño geométrico de la vía que se planea construir (Clavería et al., 2018)

Una gran capacidad portante, límites de consistencia y una buena estabilidad de drenaje en condiciones meteorológicas adversas y de carga son cualidades necesarias que debe poseer la subrasante para cumplir su cometido principal, que es proporcionar un soporte adecuado al firme. En consecuencia, es necesario averiguar uno de los enfoques adecuados para la construcción de carreteras de bajo coste (Kumar et al., 2017).

Funciones de la capa de subrasante

Las funciones primordiales de la capa subrasante incluyen:

- **Soporte de Cargas:** La función primordial de la subrasante es soportar las cargas impuestas por el tráfico y distribuir las adecuadamente al terreno subyacente. Debe tener la capacidad de soportar el peso de la estructura del pavimento, así como las cargas vehiculares, sin sufrir deformaciones significativas que puedan comprometer la integridad estructural de la carretera.
- **Distribución de Cargas:** La subrasante actúa como un distribuidor de cargas, ayudando a disminuir las presiones transmitidas al suelo natural. Una buena distribución de cargas previene la concentración de esfuerzos que podría llevar a fallas prematuras en el pavimento y en las capas superiores.
- **Estabilidad y Drenaje:** Además de proporcionar soporte, la subrasante debe ser capaz de mantener su estabilidad bajo condiciones de humedad y temperatura variables. Esto implica controlar el drenaje para minimizar la acumulación de agua y evitar la saturación del suelo, que podría reducir su capacidad de carga y provocar asentamientos o hinchamientos.

Tabla 3*Categorías de la subrasante*

Categorías de la subrasante	CBR
So: Inadecuada	< 3%
S1: Pobre	>3% a CBR<6%
S2: Regular	>6% a CBR<10%
S3: Buena	>10% a CBR<20%
S4: Muy Buena	>20% a CBR<30%
S5: Excelente	CBR > 30%

Nota: Se extrado del (MTC, 2014)

Características de la subrasante

La subrasante representa un componente crítico dentro de la estructura de cualquier pavimento, desempeñando un papel esencial en la sustentación y durabilidad del mismo. Para asegurar un rendimiento óptimo y prolongar la vida útil del pavimento, es crucial que la subrasante mantenga características de solidez y resistencia. En este contexto, el suelo ubicado directamente debajo de la subrasante debe exhibir un comportamiento mecánico adecuado, lo cual se mide a través del Índice de Resistencia California (CBR, por sus siglas en inglés). Se establece que este índice debe ser igual o superior al 6% ($CBR \geq 6\%$) para considerarse adecuado para propósitos de construcción y diseño de pavimentos (MTC, 2014).

El CBR es una medida de la capacidad de carga del suelo, y un valor mínimo de 6% es indicativo de un suelo con la firmeza necesaria para soportar el tráfico vehicular y las cargas aplicadas sobre el pavimento. En situaciones donde el suelo presente bajo la subrasante no cumple con este requisito mínimo, es imperativo adoptar medidas correctivas para mejorar sus propiedades mecánicas. Entre estas medidas se encuentra

el uso de estabilizadores, que son compuestos capaces de alterar la composición del suelo para incrementar su resistencia y durabilidad (More & Ydrogo, 2019).

Tabla 4*Tipo de carretera y cantidad de calicatas*

Características de carretera	Cantidad mínima de calicatas	Profundidad
Vías rápidas: carreteras con un flujo vehicular diario mayor a 6000 vehículos, con calzadas independientes y múltiples carriles en cada dirección.	Entre 4 a 6 calicatas x km	
Vías multicarril: caminos con un IMDA entre 6000 y 4001 vehículos diarios, con calzadas divididas y dos o más carriles por calzada.	Entre 4 a 6 calicatas x km	
Rutas principales: carreteras con tráfico diario promedio entre 4000 y 2001 vehículos, con una calzada de dos carriles.	4 calicatas x km	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto
Vías de segundo nivel: caminos con un IMDA entre 2000 y 401 vehículos diarios, con una calzada de dos carriles.	3 calicatas x km	
Vías de tercer nivel: caminos con un IMDA entre 400 y 201 vehículos diarios, con una calzada de dos carriles.	2 calicatas x km	
Vías de baja capacidad: caminos con un IMDA por debajo de 200 vehículos diarios, de una sola calzada.	1 calicata x km	

Nota: Se extrado del (MTC, 2014)

2.2.4 Estabilización de suelos

La estabilización de suelos es un método esencial en la ingeniería civil y la construcción de carreteras, diseñado para transformar suelos de baja calidad en materiales de construcción viables con propiedades mejoradas (Castillo & Manrique, 2023). Este proceso no solo acrecienta la capacidad de carga del suelo, sino que también mejora su

resistencia mecánica, lo cual es crucial para la durabilidad y estabilidad de las estructuras que se apoyan sobre él. La esencia de la estabilización radica en modificar las características del suelo, a través de la adición de aditivos estabilizantes, para alcanzar los objetivos de resistencia y firmeza deseados (Escobar et al., 2021).

Entre los materiales más frecuentemente empleados para la estabilización se encuentran el cemento y la cal, los cuales ofrecen beneficios significativos:

- **Cemento:** La inclusión de cemento a un suelo mejora su capacidad de carga y reduce su susceptibilidad al agua, mediante la reacción química entre el cemento y el agua presente en el suelo, que da lugar a la formación de compuestos que cementan las partículas del suelo entre sí. Esta reacción no solo mejora la compacidad y la dureza del suelo, sino que también incrementa su resistencia a largo plazo (Del Castillo & Solano, 2021).
- **Cal:** La cal es particularmente efectiva en suelos arcillosos, donde puede reducir la plasticidad y aumentar la resistencia al esfuerzo cortante. La cal reacciona con las arcillas del suelo, cambiando su estructura a nivel molecular, lo que resulta en una mejora de la manejabilidad y la estabilidad del suelo. Además, la cal puede ayudar a controlar el hinchamiento del suelo y mejorar su comportamiento frente a los ciclos de congelación y deshielo (Del Castillo & Solano, 2021).

Además de estos materiales, otros aditivos como las cenizas volantes, los polímeros y las emulsiones asfálticas también se utilizan en la estabilización de suelos, cada uno con sus propias ventajas y aplicaciones específicas. La elección del material adecuado depende de las características del suelo original, los requisitos de la obra y los objetivos de desempeño a largo plazo.

El (MTC, 2014) recomienda que al elegir la forma más adecuada de estabilización, un individuo debe tener en cuenta una serie de diferentes variables. Estas incluyen el tipo de suelo que necesita ser estabilizado, el uso del material estabilizante, el tipo de aditivo

estabilizante que se utiliza en el caso de métodos químicos, la experiencia del Ingeniero Responsable con el tipo de estabilización que se va a implementar, la disponibilidad del agente estabilizante y el equipo, los costos comparativos entre las diversas alternativas posibles, y el grado de mejora en las propiedades mecánicas del material que ha sido estabilizado.

Estabilidad de la subrasante

La estabilidad de la subrasante es un pilar fundamental en el diseño y construcción de pavimentos para carreteras, representando la base sobre la cual se desarrolla toda la estructura del pavimento. Según (Kumar et al., 2017), esta estabilidad no solo garantiza la funcionalidad y durabilidad de las vías de transporte, sino que también se alinea con las directrices técnicas del manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, asegurando que las prácticas de construcción y mantenimiento cumplan con los estándares de calidad y seguridad necesarios.

En la práctica, muchos caminos enfrentan problemas estructurales debido a la falta de cumplimiento de estándares establecidos. Este incumplimiento puede dar lugar a una realidad problemática en la estructura vial, afectando la eficiencia y seguridad de la red de transporte. Es esencial considerar factores como la carga de tráfico y las condiciones climáticas, ya que estos desempeñan un papel crucial en el deterioro de la superficie de la carretera (Pacuy, 2022).

Para realizar una estabilización de subrasante efectiva, se deben considerar varios criterios técnicos y ambientales. A continuación, se enumeran algunos de los criterios más importantes:

- Es fundamental caracterizar el tipo de suelo (arcilla, limo, arena, grava, etc.), ya que diferentes tipos de suelos requieren diferentes métodos de estabilización. La presencia



de arcillas expansivas, por ejemplo, puede requerir un tratamiento específico debido a su capacidad de expansión y contracción con los cambios de humedad.

- El contenido de humedad del suelo afecta su compactación y resistencia. Se debe determinar el contenido óptimo de humedad para lograr la máxima densidad y resistencia del suelo estabilizado.
- La densidad del suelo antes de la estabilización proporciona información sobre la compactación existente y ayuda a determinar la necesidad de compactación adicional para alcanzar la densidad deseada.
- La carga que se espera que soporte la subrasante influye en la selección del método de estabilización y los materiales a utilizar. Esto incluye no solo el tráfico vehicular esperado sino también las cargas estáticas de estructuras que puedan apoyarse sobre la subrasante.
- La profundidad hasta la cual se requiere la estabilización depende de la capacidad de carga del suelo existente y de las cargas esperadas. Esto determinará la cantidad de material estabilizador necesario y la metodología de aplicación.
- La elección de materiales (cal, cemento, cenizas volantes, emulsiones asfálticas, entre otros) depende de la compatibilidad con el tipo de suelo, la disponibilidad local de materiales, y consideraciones de costos y medio ambiente.
- Es importante evaluar el impacto ambiental de los materiales y métodos de estabilización, incluyendo la emisión de CO₂, el uso de recursos no renovables y la posibilidad de contaminación del suelo y aguas subterráneas.
- El costo y la disponibilidad de los materiales de estabilización y del equipo necesario para su aplicación pueden influir en la selección del método de estabilización.
- Cumplir con las normativas locales, nacionales e internacionales, así como con las especificaciones técnicas para obras de infraestructura es crucial para garantizar la calidad y durabilidad de la estabilización.

2.2.5 Ceniza de corteza de plátano

La cáscara de plátano, también conocida como piel de banana, sirve como protección a la fruta de varias especies del género *Musa*, especialmente de la *Musa paradisiaca*. Esta cáscara tiene múltiples aplicaciones prácticas: se emplea en la alimentación animal, se integra como ingrediente en recetas culinarias, se utiliza en la purificación del agua y en la producción de distintos productos bioquímicos (Cadenillas, 2023).

El principal subproducto del plátano es su cáscara, que constituye alrededor del 30% del peso total de la fruta. Esta cáscara es abundante en proteínas, fibra dietética, ácidos grasos, aminoácidos, así como en minerales importantes como el calcio y el potasio. Además, se reconoce por su potencial como fuente significativa de sustancias antioxidantes, como la galocatequina, y propiedades antimicrobianas (Cadenillas, 2023).

La ceniza de cáscara de plátano se refiere a un polvo fino y grisáceo que se obtiene después de quemar la cáscara o piel de los plátanos. Este proceso de quemar elimina la materia orgánica y húmeda de la cáscara, dejando atrás minerales y carbonatos. La ceniza resultante es rica en potasio, fósforo y otros minerales que pueden ser beneficiosos para múltiples aplicaciones.

La ceniza de corteza de plátano, un subproducto de la agricultura del plátano, contiene sílice y alúmina que pueden reaccionar con los calizos y otros compuestos presentes en los suelos para formar materiales cementantes. Esta reacción puede mejorar las propiedades mecánicas del suelo, como su capacidad de carga, reduciendo la plasticidad y aumentando su resistencia y estabilidad.

El uso de ceniza de corteza de plátano como estabilizador en la subrasante ofrece varios beneficios:



- **Sostenibilidad:** Aprovecha un subproducto agrícola, reduciendo el impacto ambiental al minimizar la necesidad de materiales estabilizantes convencionales y el manejo de desechos.
- **Economía:** Puede ofrecer una alternativa de bajo costo a los estabilizadores tradicionales, como la cal y el cemento, especialmente en regiones donde se produce plátano en abundancia.
- **Mejora del suelo:** La ceniza puede mejorar las propiedades físicas y químicas de los suelos, aumentando su capacidad de carga y resistencia a la erosión y al agua, lo que es vital para la durabilidad de las carreteras.
- **Fácil de aplicar:** La ceniza de corteza de plátano puede ser fácilmente mezclada con el suelo en el sitio de construcción sin necesidad de equipos especializados.

2.2.6 *Escoria blanca*

La escoria blanca de horno de cuchara, también conocida como escoria de acería o escoria secundaria, es un subproducto generado en el proceso de refinación del acero en hornos de cuchara. Después de que el acero crudo es transferido desde el horno de fusión primario, como un horno de arco eléctrico o un convertidor de oxígeno básico, al horno de cuchara para su refinación final, se producen impurezas que flotan en la superficie del metal fundido. Estas impurezas se retiran junto con algunos aditivos específicos añadidos para mejorar la calidad del acero, formando la escoria de horno de cuchara.

Esta escoria se caracteriza por su color más claro comparado con otras escorias de procesos de aceración, debido a su composición química, que típicamente incluye óxidos de calcio (CaO), óxidos de silicio (SiO₂), óxidos de aluminio (Al₂O₃), y óxidos de magnesio (MgO), entre otros. La proporción de estos compuestos puede variar según el tipo de acero que se esté produciendo y los materiales utilizados en el proceso de refinación.



2.3 Marco conceptual

- a. **ceniza:** Es un residuo fino y polvoriento compuesto principalmente por partículas sólidas que quedan después de la combustión de materiales orgánicos o inorgánicos.
- b. **Contenido de humedad:** El contenido de humedad del suelo varía dependiendo de factores como el clima, la precipitación, la evaporación, el tipo de suelo y la vegetación circundante
- c. **CBR:** Es una medida de la resistencia relativa del suelo a la penetración de una punta estándar bajo condiciones específicas de compactación. Se utiliza principalmente en ingeniería civil y geotécnica para evaluar la idoneidad del suelo como material de subrasante en la construcción de carreteras, pistas de aterrizaje y otras estructuras de carga.
- d. **Escoria:** La escoria blanca es un subproducto sólido generado durante ciertos procesos metalúrgicos, como la producción de hierro y acero. Se forma cuando impurezas no deseadas, como sílice, calcio y otros minerales, se funden y se separan del metal fundido.
- e. **Subrasante:** La subrasante es la capa de suelo natural o excavado que se encuentra debajo de la subbase y la base de una carretera, pista de aterrizaje u otra infraestructura de transporte. Es la capa más profunda sobre la cual se construye la carretera o la pista, y su función principal es proporcionar un soporte estructural adecuado para la superficie de rodadura y distribuir las cargas de manera uniforme hacia el suelo subyacente.
- f. **Suelo:** es la capa superior de la corteza terrestre, compuesta por una mezcla de partículas minerales, materia orgánica, aire y agua.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación juega un papel esencial en manejar las complejidades asociadas a la implementación rigurosa del método científico. Se centra en el análisis y comprensión de diferentes elementos clave para llevar a cabo el proceso de investigación de forma precisa. Su principal propósito es garantizar que los hallazgos de la investigación sean auténticos y estén fundamentados objetivamente en los datos obtenidos. Este enfoque detallado requiere la elección correcta de técnicas y herramientas para la recolección de datos, además de la planificación y realización de procedimientos que reduzcan al mínimo los sesgos potenciales (Hernández et al., 2018).

3.1 Diseño de la investigación

Para llevar a cabo una investigación, el diseño experimental requiere la preparación minuciosa de las circunstancias experimentales, la manipulación controlada de las variables independientes y el manejo riguroso de otros factores que sean pertinentes. La finalidad de este método es establecer vínculos causales modificando conscientemente la variable independiente y analizando los efectos de este cambio en la variable que se estudia (la variable dependiente). Este método, crucial para obtener resultados con validez

científica, se aplica en situaciones donde el propósito es identificar conexiones causales bajo un control estricto de las condiciones experimentales (Hernández et al., 2018).

Experimental, cuyo propósito de los ensayos realizados es evaluar de manera precisa los efectos que produce la adición de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara en las propiedades del suelo de subrasante de la Avenida Sacsayhuaman.

3.2 Métodos de la investigación

La técnica de investigación cuantitativa es un enfoque de investigación que implica la recopilación y el análisis de datos numéricos que pueden demostrarse mediante pruebas. Utiliza determinados métodos para medir y cuantificar fenómenos, y se basa en herramientas de análisis estadístico y matemático para describir, explicar y predecir los resultados. La imparcialidad de esta técnica, la capacidad de generalizar los resultados, la verificación o negación de hipótesis y la capacidad de comparación con otras investigaciones comparables son algunas de las razones por las que destaca. Dado que permite llegar a conclusiones basadas en pruebas reales de forma rigurosa, es un componente esencial en el ámbito de la investigación científica, especialmente en las ciencias sociales (Hadi et al., 2023).

Cuantitativa, ya que utilizamos herramientas de análisis específicas para medir de manera precisa el impacto que tiene la adición de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara en las propiedades del suelo de subrasante en la Avenida Sacsayhuaman.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Tipo de la investigación

Utilizando tanto conocimientos teóricos como métodos científicos, la investigación aplicada se centra en el proceso de búsqueda de soluciones a problemas reales existentes en entornos específicos. Su propósito es aplicar el conocimiento de disciplinas



especializadas para desarrollar soluciones específicas que satisfagan demandas en el ámbito social o productivo. Este tipo de investigación busca crear conocimiento que tenga una aplicación directa y tangible en la sociedad o en sectores específicos de la economía. Se fundamenta en los avances y descubrimientos de la investigación básica, jugando un papel esencial en la transición de la teoría a la implementación de productos o soluciones prácticas (Pimienta et al., 2018).

Aplicada, nos enfocamos en abordar y resolver el problema específico del mejoramiento del suelo de subrasante. Para enfrentar esta problemática de manera efectiva, implementamos una solución práctica que consiste en la utilización de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara.

3.3.2 Nivel de la investigación

El objetivo principal de la investigación explicativa es identificar y entender las relaciones de causa y efecto, permitiendo hacer generalizaciones en situaciones similares. Busca proporcionar una comprensión detallada de fenómenos que aún no se han esclarecido completamente, con el fin de expandir el conocimiento previo. Este enfoque de investigación se utiliza ampliamente para indagar las razones subyacentes y los propósitos de un tema específico, otorgando al investigador una perspectiva profunda y ampliada del objeto de estudio (Reyes, 2022).

Explicativo, ya que llevamos a cabo un detallado análisis del efecto que tiene la adición de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara en las propiedades del suelo de subrasante en la Avenida Sacsayhuaman.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

En el contexto de un proyecto de investigación, el término "población" se refiere al conjunto exhaustivo de personas, objetos o acontecimientos que son objeto de la



investigación y comparten una serie de cualidades en común. A la hora de establecer la amplitud e importancia de los resultados de la investigación, esta idea es de suma importancia. Se trata de una representación del grupo dentro de la población sobre el que el investigador intenta generalizar o extraer conclusiones, basándose en los datos adquiridos a partir de una muestra que es típica de esa población. Comprender la variedad y dinámica dentro de la población es fundamental para asegurar que los resultados sean pertinentes y aplicables en un contexto investigativo más amplio (Iglesias, 2021).

La población objeto de este estudio comprende la totalidad del suelo de subrasante ubicado en las avenidas dentro del Distrito de Juliaca.

3.4.2 Muestra

En el ámbito de la investigación, una muestra se refiere a un subgrupo seleccionado de una población más grande, elegido con el objetivo de analizarlo y obtener conclusiones que se puedan aplicar al conjunto total de la población. Dado que resulta inviable o excesivamente costoso investigar a todos los miembros de una población completa, se recurre a estudiar una muestra que, si se elige adecuadamente, puede proporcionar datos válidos y fiables. Es fundamental que la selección de la muestra sea aleatoria y de un tamaño adecuado para que refleje con precisión las propiedades de la población en su conjunto, asegurando así la validez de los resultados y su capacidad de ser generalizados al grupo completo (Castillo et al., 2014).

La muestra para este estudio se obtendrá mediante puntos de exploración estratégicamente ubicados a lo largo de la Avenida Sacsayhuaman.

Tabla 5*Número de muestras ensayadas*

Descripción	IP	Grado Compactación	CBR
S-N	3	3	3
+ 6% de CCP	3	3	3
+ 10% de CCP	3	3	3
+ 7% de EB	3	3	3
+ 12% de EB	3	3	3
TOTAL	15	15	15

Donde:

SN = Suelo natural de la subrasante

CCP = Ceniza de corteza de plátano

EB = Escoria blanca de horno de cuchara

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

La palabra "técnica de investigación" se refiere al conjunto de métodos, procedimientos e instrumentos que utiliza un investigador para recopilar, analizar e interpretar datos con el fin de responder a preguntas de investigación o probar hipótesis. El término se utiliza en relación con la frase "metodología de la investigación". Los procesos de los que se habla aquí son vitales para el proceso de investigación porque permiten a los investigadores obtener datos fiables y auténticos. Como consecuencia de ello, garantizan que los resultados obtenidos sean de suficiente calidad y fiabilidad (Medina et al., 2023).

En este estudio, se han empleado y perfeccionado las siguientes técnicas para obtener resultados significativos:

- Observación.
- Ensayos en laboratorio.

- Análisis.

3.5.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación son las herramientas, equipos o procedimientos que emplean los investigadores para recopilar datos a lo largo de una investigación. Son elementos clave en el proceso de investigación, ya que facilitan la obtención de información relevante y estructurada. Esto es crucial para lograr los objetivos del estudio y responder a las preguntas de investigación formuladas (Medina et al., 2023).

Los instrumentos para este estudio son:

- Ensayos.
- Equipos de laboratorio.
- Documentación de los resultados.

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

La validación de los instrumentos de investigación representa un paso fundamental que consiste en la evaluación detallada de la calidad y exactitud de las herramientas usadas para la recolección de datos en una investigación. Este proceso es vital para confirmar que los datos recabados y los resultados derivados sean precisos, fiables y reflejen adecuadamente a la población estudiada. Al validar la efectividad de los instrumentos, se asegura la credibilidad de las conclusiones obtenidas, proporcionando una base firme para la interpretación y la aplicación práctica de los resultados en el campo de estudio pertinente (Medina et al., 2023).

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

La confiabilidad en la investigación cuantitativa se relaciona con la coherencia y la estabilidad de los resultados obtenidos a través de un instrumento de medición.

Simplificando, se refiere a la habilidad de este instrumento para producir resultados consistentes y reproducibles en diferentes momentos y bajo distintas circunstancias. Esta confiabilidad es una característica psicométrica esencial utilizada para valorar la calidad de los instrumentos de medición en la investigación, garantizando de este modo que los datos recogidos sean fiables y, consecuentemente, que las conclusiones derivadas de estos datos sean robustas y fidedignas (Medina et al., 2023).

3.7 Procedimiento de recolección de datos

El proceso de recolección de datos consiste en utilizar un método sistemático para recopilar y medir información de variadas fuentes, con la finalidad de lograr un entendimiento completo y detallado de un tema o problema determinado. Este proceso es esencial para preservar la integridad de una investigación, permitiendo la toma de decisiones basadas en datos y asegurando la calidad de los hallazgos.

3.7.1 Procedimiento

Selección de calicatas

En el marco del estudio realizado, se planifica la ejecución de tres calicatas a lo largo de un tramo de 2 kilómetros en la avenida Sacsayhuamán, situada en la ciudad de Juliaca. Dichas calicatas serán estratégicamente ubicadas en lados alternos de la avenida para asegurar una representatividad adecuada de las condiciones subyacentes a lo largo de dicho tramo.

La recolección de muestras de cada calicata se llevará a cabo con extremo cuidado y siguiendo protocolos estrictos para no alterar las propiedades de los materiales. Este procedimiento meticuloso es fundamental para garantizar la fiabilidad de los datos obtenidos, los cuales serán posteriormente analizados a través de ensayos específicos. Estos ensayos tienen como objetivo evaluar diversas características del suelo, tales como su composición, resistencia y otras propiedades físicas y químicas relevantes.

Figura 4

Ubicación de puntos de exploración

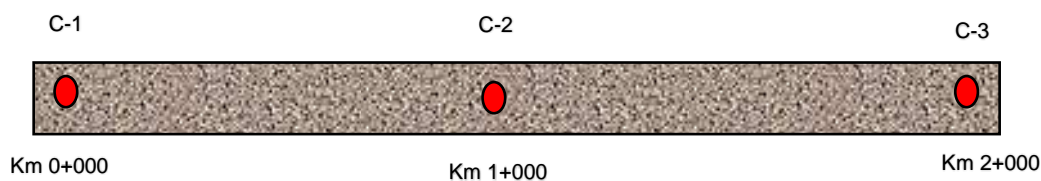


Tabla 6

Detalles sobre los puntos de exploración

Tramo	Km	Calicata	Margen
0+000 – 1+000	0	1	Izquierdo
0+000 – 1+000	1+000	2	Derecho
1+000 – 2+000	2+000	3	Izquierdo

Se puede apreciar detalladamente la ubicación precisa de los puntos de calicatas, junto con sus respectivos márgenes, ofreciendo una visión completa de la distribución espacial de cada excavación.

Figura 5

Ubicación de la vía en estudio

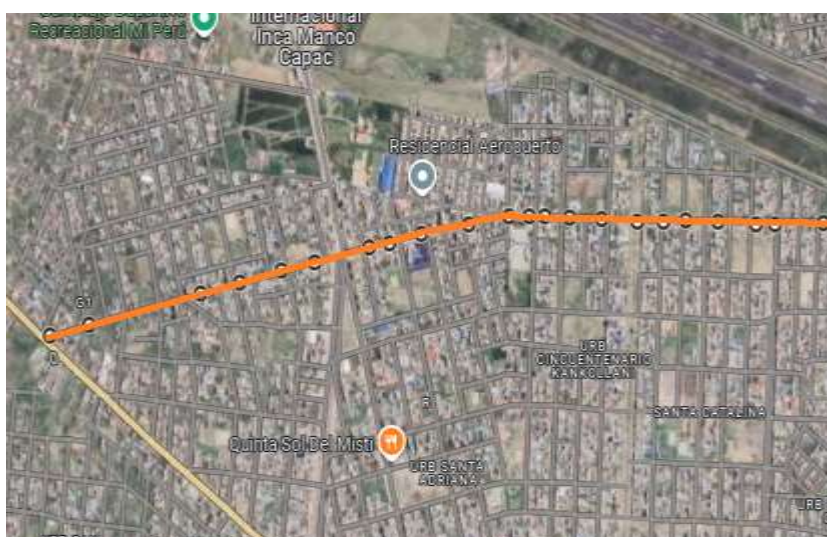


Figura 6

Localización de C-1



Figura 7

Localización de C-2



Figura 8*Localización de C-3***Obtención de cenizas de corteza de plátano**

Para obtener cenizas de cáscara de plátano, se inicia con la recolección cuidadosa de la cáscara de plátano. Una vez recolectada, se procede con el secado de la cáscara para eliminar la humedad. Este proceso de secado es fundamental para garantizar la eficacia de la calcinación posterior.

Después del período de secado, se coloca la cáscara de plátano en un recipiente adecuado y se procede con la calcinación. Durante este proceso, se aplica calor controlado hasta que la cáscara de plátano se convierte en ceniza. Es esencial alcanzar el punto óptimo de calcinación para obtener cenizas de alta calidad.

Obtención de escoria blanca de hornos de cuchara

La obtención de la escoria blanca de hornos de cuchara se llevó a cabo a través de una plataforma web de mercadeo libre. Este proceso implicó la identificación y selección de proveedores que ofrecieran este producto específico en el mercado en línea. Mediante

la plataforma de mercadeo libre, se realizaron búsquedas y comparaciones entre diferentes ofertas de escoria blanca de hornos de cuchara.

3.7.2 *Ensayos en laboratorio*

a) **Contenido de humedad.** La medición del contenido de humedad en el suelo es un procedimiento estándar de laboratorio esencial para determinar la proporción de agua contenida en una muestra de suelo en comparación con su peso seco. Este proceso se describe de la siguiente manera:

Procedimiento:

- Se homogeneizó la muestra de suelo para garantizar una composición uniforme, asegurando que cualquier fracción tomada represente adecuadamente al total del suelo.
- Mediante la técnica de cuarteo, se extrajo una porción representativa del suelo en su estado natural, método que asegura la representatividad de las características generales del suelo.
- Se pesó el contenedor con la muestra en una balanza electrónica para obtener un peso de referencia, crucial para determinar la humedad respecto al peso seco posteriormente.
- La muestra se ubicó en un horno ajustado a una temperatura de 110 ± 5 °C, sometiéndola a un mínimo de 24 horas para asegurar la remoción total de la humedad.
- Tras el periodo en el horno, se enfrió la muestra a temperatura ambiente para prevenir la reabsorción de humedad antes de su pesaje.
- Se realizó un segundo pesaje del contenedor con la muestra seca. La diferencia de peso con el inicial indica la cantidad de agua que fue extraída por el secado.

b. **Ensayo de límites de consistencia:** La finalidad principal de este ensayo es medir la cantidad de partículas plásticas contenidas en un material, en particular aquellas que

logran atravesar un tamiz con malla número 40. Este análisis se lleva a cabo después de establecer los índices líquido y plástico del material, de acuerdo con los estándares definidos por ASTM D4318, MTC E 111, y MTC E 110.

Procedimiento LP:

- Se extrae una muestra de la mezcla preparada específicamente para determinar el límite líquido.
- Se agrega suelo seco a dicha mezcla para reducir su contenido de humedad.
- Con la mano, se amasa la mezcla sobre una superficie de vidrio, formando cilindros de cerca de 3 mm de diámetro, hasta que empiezan a aparecer fisuras, señalando el límite plástico.
- Se procede a medir y anotar el contenido de humedad de la muestra en el momento que se observan las fisuras.
- Para asegurar la fiabilidad de los datos, el ensayo se realiza uno o dos veces adicionales, buscando obtener un promedio del contenido de humedad y confirmar la consistencia de los resultados.
- El límite plástico se determina calculando el promedio de los % de humedad registrados en las diferentes pruebas.
- En caso de que la variación entre los valores obtenidos sea mayor a dos puntos porcentuales, se recomienda repetir el procedimiento para garantizar la exactitud de la medición.

$$LP = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

Procedimiento LL:

- Se prepara una muestra homogénea de suelo y agua en una cápsula de porcelana.
- Se coloca una parte de esta mezcla en la copa de Casagrande, asegurándose de que tenga un espesor de 1 cm.

- Se crea una ranura central con el ranurador. A continuación, mediante la manivela, se levanta y deja caer la copa a un ritmo de 2 caídas por segundo.
 - Se repite este proceso hasta que las dos mitades del suelo se toquen en el fondo de la ranura a lo largo de 1/2 pulgada (1.27 cm).
 - Se anota el número de caídas necesarias para cerrar la ranura en la base.
 - La muestra de suelo unida en la ranura se extrae con una espátula y se pesa para determinar su contenido de humedad.
 - El suelo restante en la copa de Casagrande se retira y se ajusta la mezcla en la cápsula de porcelana, añadiendo agua o suelo seco según sea necesario, buscando que el número de golpes se mantenga entre 15 y 35.
 - Se traza la curva de fluidez en un gráfico semi-logarítmico, colocando el número de golpes en el eje logarítmico (eje de abscisas) y los contenidos de humedad en el eje lineal (eje de ordenadas).
 - Se identifica en la curva el punto correspondiente a 25 golpes para determinar el valor del límite líquido del suelo.
- c. Ensayo de análisis granulométrico:** El objetivo principal del análisis granulométrico es identificar cómo se distribuyen los tamaños de las partículas en los agregados. Esta información es fundamental porque revela las características físicas de los materiales y cómo estos se desempeñan en diversas aplicaciones.

Procedimiento:

- Determinar si es necesario secar el suelo antes de proceder con el análisis granulométrico, para garantizar la precisión de los resultados.
- Llevar a cabo el lavado de la fracción fina del suelo para remover materiales solubles o no deseados.
- Secar completamente la muestra lavada en una estufa, eliminando toda la humedad para facilitar el tamizado.



- Utilizar un conjunto de tamices, colocándolos en orden y asegurándolos adecuadamente, para tamizar la muestra seca.
- Anotar el peso de los residuos retenidos en cada tamiz y la masa total de la muestra analizada.
- Calcular los porcentajes de masa retenida y pasante en cada tamiz respecto a la masa total de la muestra.
- Elaborar un gráfico de distribución granulométrica, representando el porcentaje acumulativo de masa frente al tamaño de las partículas, para visualizar la composición granulométrica del suelo.

d. Proctor modificado. El ensayo de Proctor Modificado es una prueba esencial en el campo de la ingeniería geotécnica y de pavimentos, diseñada para establecer las condiciones óptimas de compactación de un suelo. El objetivo es alcanzar la máxima densidad seca del suelo con el menor contenido de agua posible, lo cual es crucial para la construcción de cimientos, carreteras, y otras estructuras que requieren un suelo compacto y estable. A continuación, se detalla el procedimiento para realizar este ensayo:

Procedimiento:

- Seleccionar una muestra de suelo representativa de 2.5 a 3 kg, asegurándose de que esté completamente seca antes de iniciar el procedimiento.
- Tamizar la muestra para remover partículas más grandes que las permitidas por el tamiz N° 4, con el fin de homogeneizar el tamaño de las partículas.
- Humedecer gradualmente la muestra hasta obtener una consistencia ligeramente húmeda, preparándola para la compactación.
- Colocar la muestra en el molde Proctor, que debe estar equipado con collares adicionales para prevenir cualquier pérdida de material durante la compactación. Compactar la muestra en cinco capas, aplicando 56 golpes por capa con un martillo de



caída libre desde una altura de 0.45 metros, y registrar cuidadosamente cada uno de los datos.

- Extraer dos muestras de 100 gramos cada una, una de la parte superior y otra de la parte inferior del molde compactado, para posteriormente pesarlas.
- Registrar el peso del molde junto con la placa base antes de proceder a la compactación, para tener un registro inicial.
- Finalmente, colocar la muestra compactada y húmeda en una estufa para secarla, asegurándose de documentar meticulosamente todos los datos pertinentes a lo largo de este proceso.
- La densidad seca máxima y el contenido de humedad óptimo obtenidos del ensayo de Proctor Modificado son valores clave para el diseño de la compactación de suelos en proyectos de construcción, asegurando que el suelo alcance las especificaciones de compactación deseadas para soportar estructuras.

e. CBR: El ensayo CBR. se efectúa con el objetivo de evaluar la resistencia del suelo en estudio, la cual se expresa en porcentajes. Esta medida de resistencia se compara con la de materiales estándar para determinar la aptitud del suelo para servir como subrasante, sub base, base, afirmado, entre otras capas en la construcción de pavimentos. A continuación, se detalla el procedimiento típico para llevar a cabo este ensayo:

Procedimiento:

- Se recolectó una muestra significativa de material destinada a ser compactada. Para cada ensayo de CBR, se utilizó un molde que se llenó con 5 kg del material seleccionado, con el propósito de determinar el contenido de humedad y el Máximo Índice de Densidad Seca (MDS).



- La compactación se llevó a cabo utilizando un método dinámico dentro del molde, aplicando una energía y cantidad de agua técnicamente calculadas para asegurar una compactación adecuada.
- Dependiendo de la muestra, se emplearon entre 3 y 9 moldes, ejecutando distintos números de golpes (12, 26 y 55 por capa) para adquirir un conjunto de datos representativo del comportamiento del material bajo diferentes niveles de compactación.
- Una vez completada la compactación, se retiró el collar del molde y se niveló la superficie del espécimen compactado para minimizar los espacios vacíos o comprimir cualquier material remanente, asegurando una superficie uniforme.
- Se realizó una evaluación detallada del material dentro del molde, registrando meticulosamente todos los resultados obtenidos de las mediciones y observaciones realizadas.

3.8 Procesamiento y análisis de datos

Durante esta etapa, el propósito es transformar datos en información útil que pueda respaldar decisiones informadas. Esto requiere el empleo de técnicas y herramientas especializadas para analizar los datos de manera rigurosa, asegurando que la información resultante sea precisa, confiable y relevante para la toma de decisiones.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

En este capítulo, se llevó a cabo la presentación detallada de los datos obtenidos a través de los ensayos realizados, así como el análisis exhaustivo de los resultados utilizando tanto tablas como gráficos. En primer lugar, se presentaron los datos recopilados durante los ensayos. Estos datos se organizaron meticulosamente en tablas claras y concisas para facilitar su interpretación y análisis. Posteriormente, se procedió a realizar un análisis detallado de los resultados mediante la utilización de gráficos representativos. Estos gráficos permitieron visualizar de manera efectiva las tendencias y patrones presentes en los datos, lo que facilitó la identificación de cualquier efecto significativo causado por la introducción de la ceniza de corteza de plátano y la escoria blanca de horno de cuchara en el suelo de subrasante de la Avenida Sacsayhuamán, ubicada en la ciudad de Juliaca.

4.1.1 Propiedades del suelo de la subrasante de la Av. Sacsayhuaman

a. Presencia de humedad

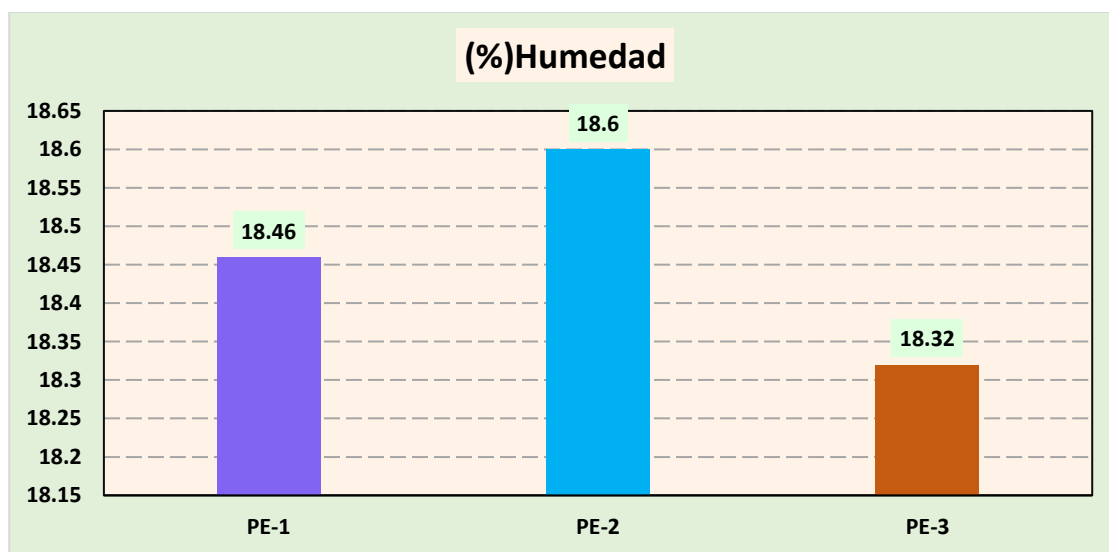
Tabla 7

Humedad en los puntos de exploración

Presencia de humedad (%)	
Punto de exploración	(%) Humedad
PE-1	18.46
PE-2	18.6
PE-3	18.32

Figura 9

Humedad en los puntos de exploración



Se detallan los valores específicos de humedad en los puntos de exploración, donde se identificaron diferencias sutiles en las condiciones de humedad. En el punto de exploración PE-1, se presentó una humedad del 18.46%, mientras que en el PE-2, la humedad fue del 18.60% y en el PE-3, fue del 18.32%.

b. Análisis granulométrico

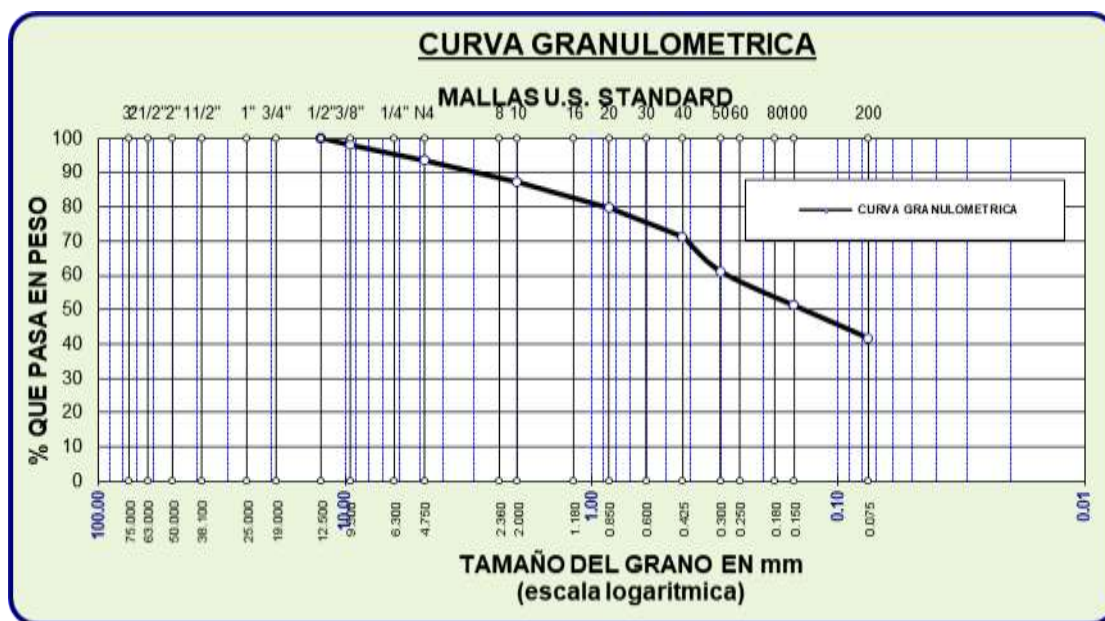
Tabla 8

Granulometría del PE-1

TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	20.23	2.02	2.02	97.98
N° 4	45.63	4.56	6.59	93.41
N° 10	62.67	6.27	12.85	87.15
N° 20	75.63	7.56	20.42	79.58
N° 40	84.56	8.46	28.87	71.13
N° 50	100.58	10.06	38.93	61.07
N° 100	100.23	10.02	48.95	51.05
N° 200	95.00	9.50	58.45	41.55
BASE	415.47	41.55	100.00	0.00
TOTAL	1000.00	100.00		
% PERDIDA	41.55			

Figura 10

Granulometría del PE-1



Se muestra un análisis detallado de la distribución granulométrica en el punto de exploración 1, examinando las dimensiones de las partículas presentes en la muestra.

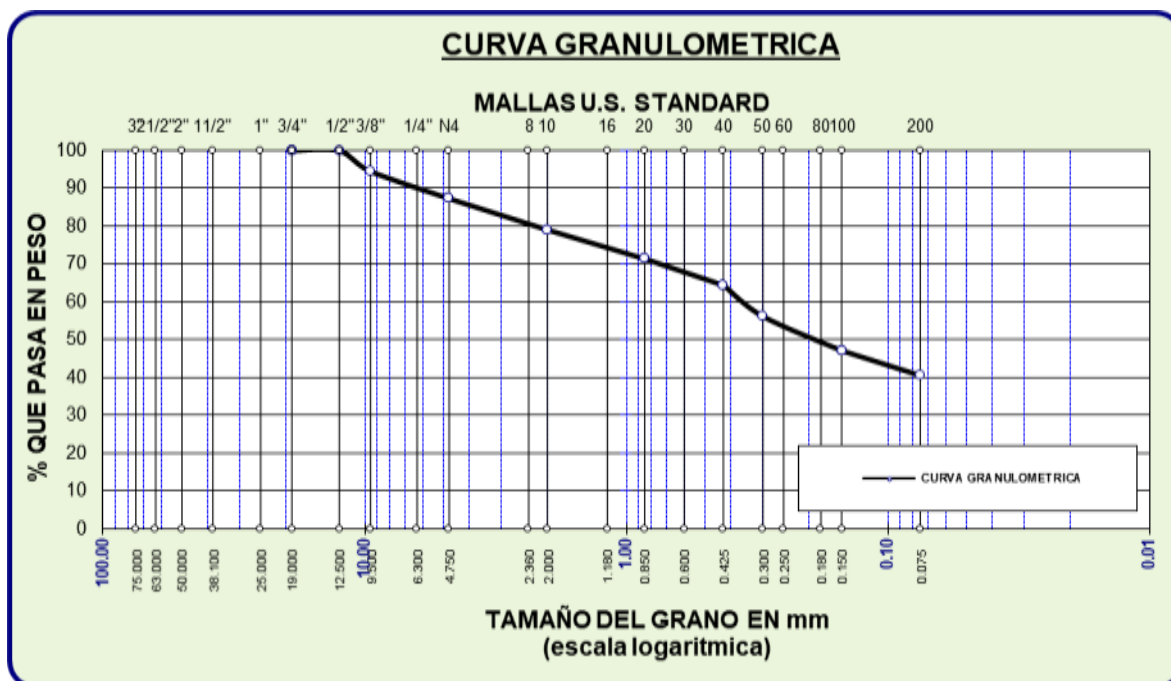
Tabla 9

Granulometría del PE-2

TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1/2"	0	0	0	100
3/8"	54.00	5.40	5.40	94.60
N° 4	72.42	7.24	12.64	87.36
N° 10	82.64	8.26	20.91	79.09
N° 20	76.54	7.65	28.56	71.44
N° 40	69.87	6.99	35.55	64.45
N° 50	82.67	8.27	43.81	56.19
N° 100	90.36	9.04	52.85	47.15
N° 200	65.89	6.59	59.44	40.56
BASE	405.61	40.56	100.00	0.00
TOTAL	1000.00	100.00		
% PERDIDA	40.56			

Figura 11

Granulometría del PE-2



Se muestra un análisis detallado de la distribución granulométrica en el punto de exploración 2, examinando las dimensiones de las partículas presentes en la muestra.

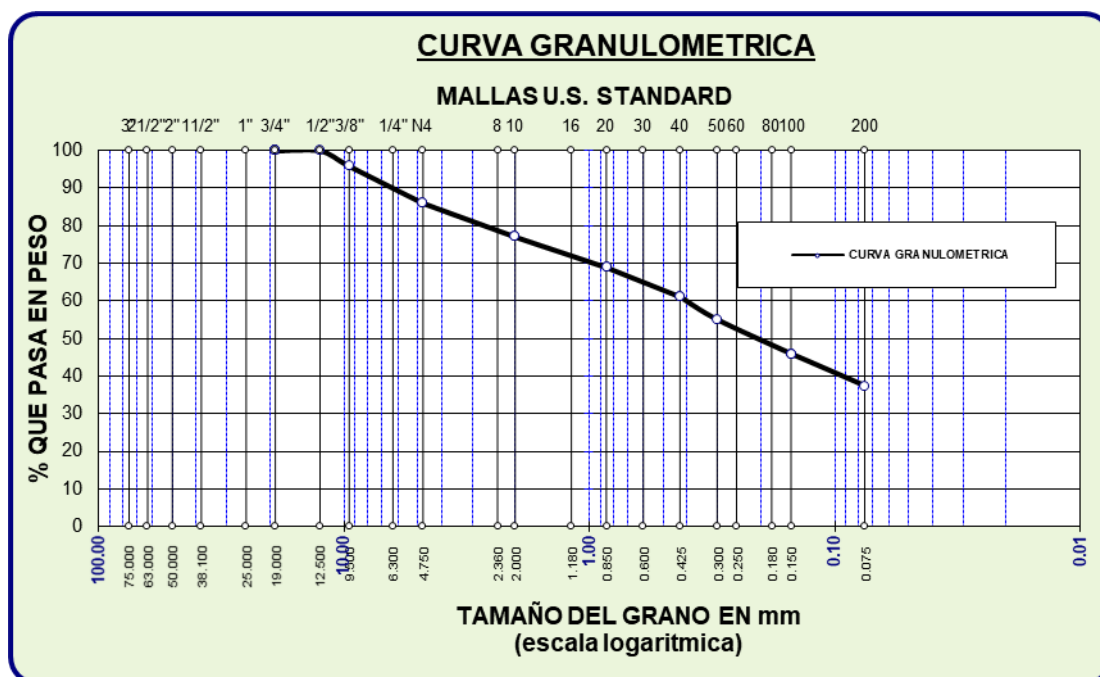
Tabla 10

Granulometría del PE-3

TAMICES ASTM	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	41.36	4.14	4.14	95.86
N° 4	98.76	9.88	14.01	85.99
N° 10	89.62	8.96	22.97	77.03
N° 20	81.34	8.13	31.11	68.89
N° 40	78.36	7.84	38.94	61.06
N° 50	60.34	6.03	44.98	55.02
N° 100	90.89	9.09	54.07	45.93
N° 200	85.24	8.52	62.59	37.41
BASE	374.09	37.41	100.00	0.00
TOTAL	1000.00	100.00		
% PERDIDA	37.41			

Figura 12

Granulometría del PE-3



Se muestra un análisis detallado de la distribución granulométrica en el punto de exploración 3, examinando las dimensiones de las partículas presentes en la muestra.

c. Índice de plasticidad

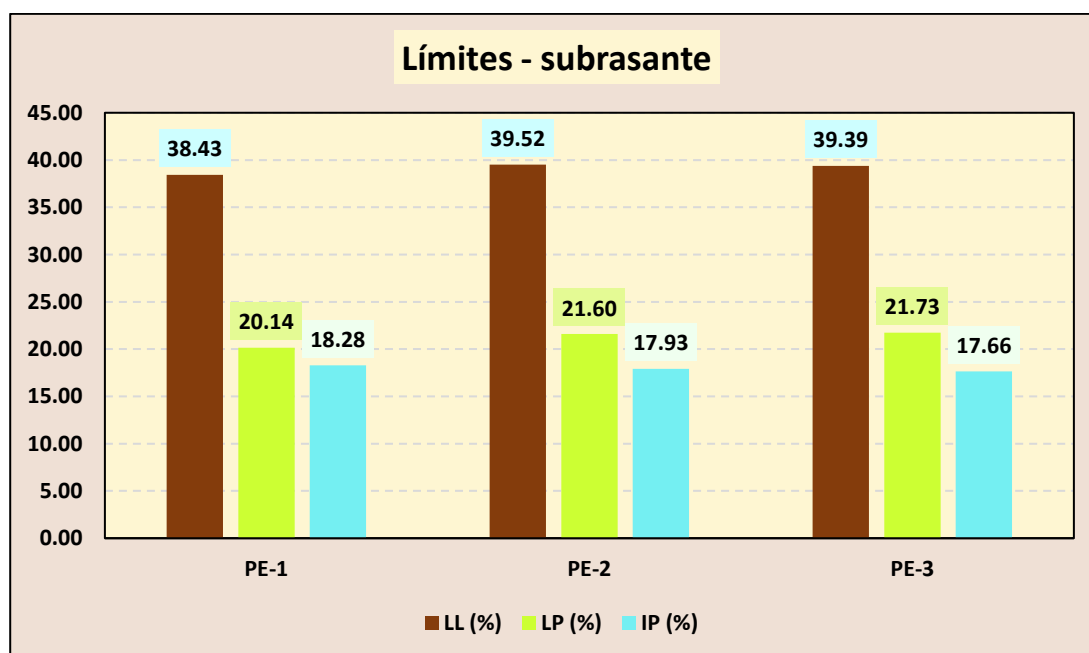
Tabla 11

Límites del suelo de la subrasante

Límites de Atterberg–Subrasante			
Exploración	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-1	38.43	20.14	18.28
PE-2	39.52	21.60	17.93
PE-3	39.39	21.73	17.66

Figura 13

Límites del suelo de la subrasante



Se muestran los límites de Atterberg, de las muestras analizadas, las obtenidas en el punto de exploración PE-1 revelan un IP de 18.28, en el PE-2 presenta un IP ligeramente menor, de 17.93, sugiriendo propiedades físicas similares a las del punto PE-1. Finalmente, en el punto PE-3, el IP se reduce aún más a 17.66.

d. Grado de compactación

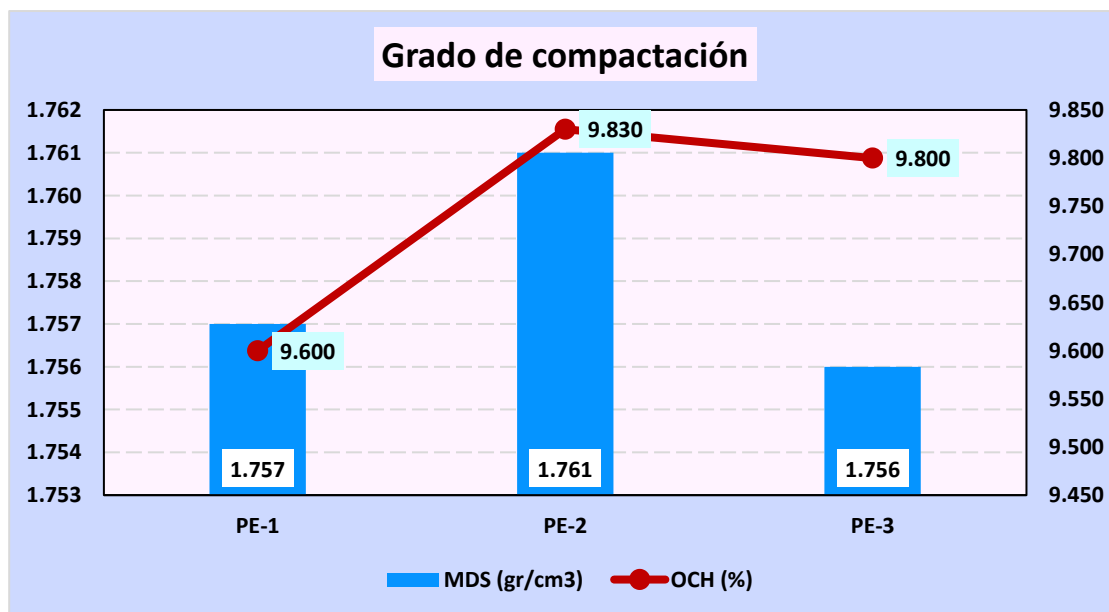
Tabla 12

Grado de compactación del suelo de la subrasante

Compactación-Subrasante		
Exploración	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-1	1.757	9.600
PE-2	1.761	9.830
PE-3	1.756	9.800

Figura 14

Grado de compactación del suelo de la subrasante



Se observa los valores de la MDS y el OCH en distintos puntos de exploración. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en el punto de exploración PE-1, la MDS fue de 1.757gr/cm³ y el OCH de 9.6%; en el PE-2, la MDS registrada fue de 1.761 gr/cm³ con un OCH de 9.83%; finalmente, en el PE-3, la MDS alcanzó 1.756gr/cm³ y el OCH fue de 9.8%.

e. Capacidad de soporte

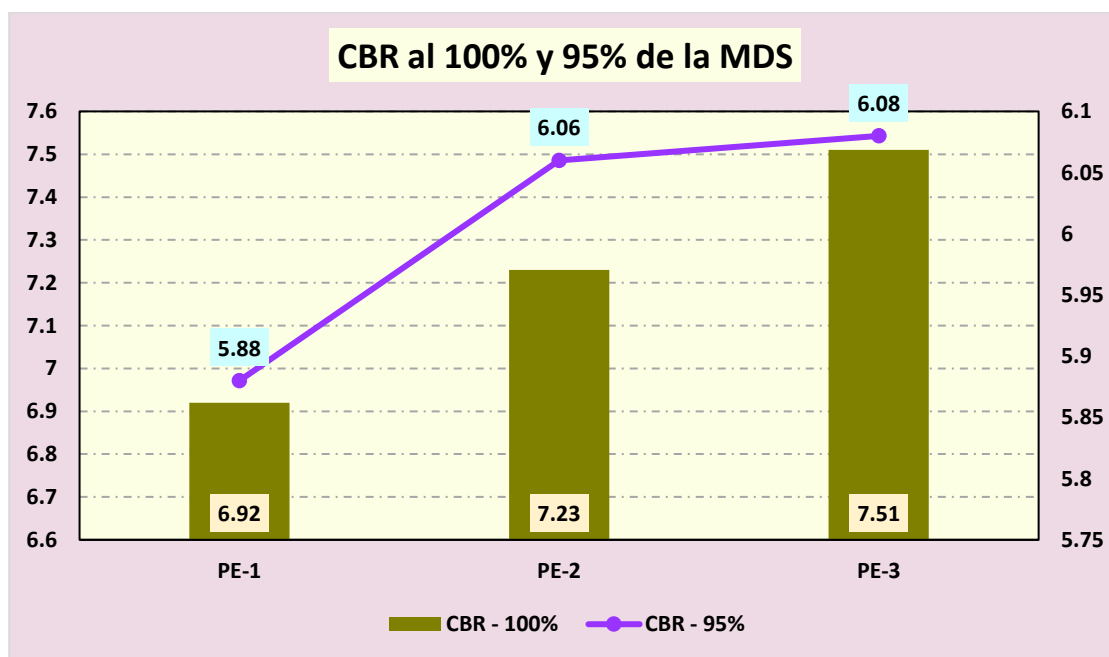
Tabla 13

CBR del suelo de la subrasante

CBR_Subrasante		
Exploración-Calicata	CBR - 100%	CBR - 95%
PE-1	6.92	5.88
PE-2	7.23	6.06
PE-3	7.51	6.08

Figura 15

CBR del suelo de la subrasante



Se muestra los resultados CBR medidos al 100% y 95% de la MDS en distintos puntos de exploración. En el punto PE-1, el CBR a 100% de la MDS fue de 6.92%, mientras que a 95% fue de 5.88%. En el PE-2, el CBR a 100% alcanzó el 7.23%, y a 95%, fue de 6.06%. Finalmente, en el PE-3, se registró un CBR de 7.51% a 100% de la MDS y de 6.08% a 95%.

4.1.2 Índice de plasticidad del suelo-subrasante con de cenizas de corteza de plátano y escoria blanca

a. Límites de Atterberg con corteza de plátano

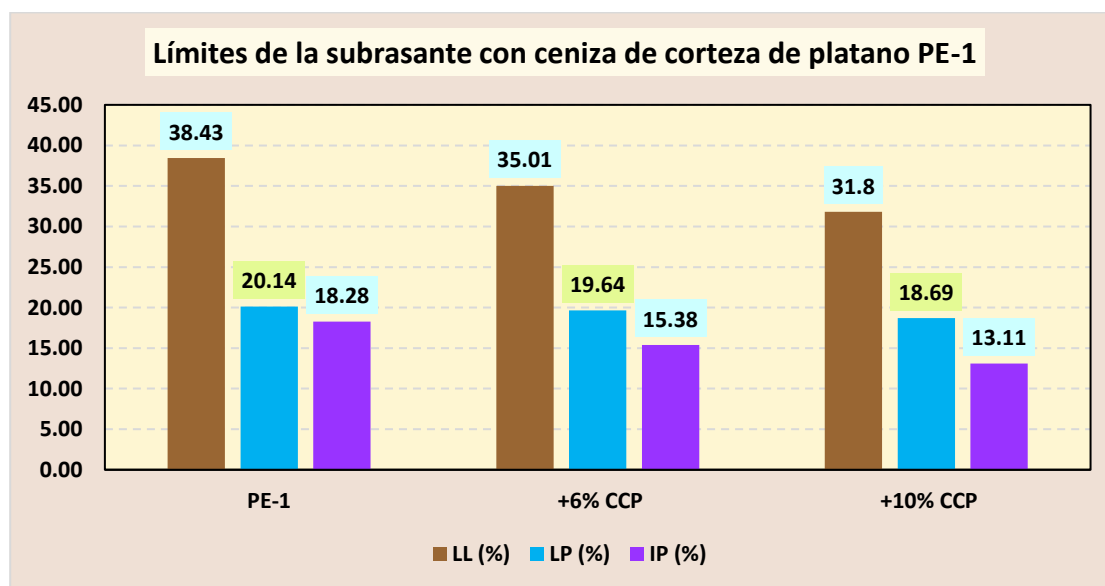
Tabla 14

Límites en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano

Límites de Atterberg–Subrasante			
Exploración	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-1	38.43	20.14	18.28
+6% CCP	35.01	19.64	15.38
+10% CCP	31.8	18.69	13.11

Figura 16

Límites en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano



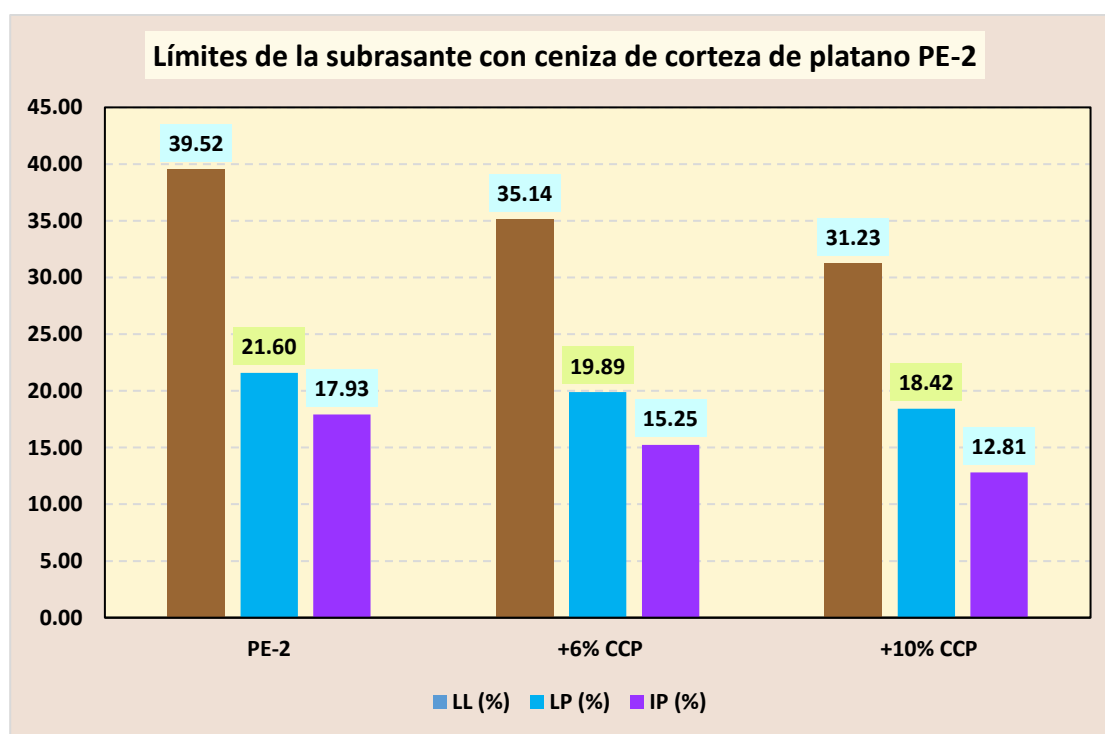
En el ensayo de los límites de Atterberg en el punto de exploración 1, se adiciono ceniza de corteza de plátano en proporciones del 6% y 10% al suelo. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón, que tenía un IP de 18.28%. Con un 6% de adición, el IP disminuyó a 15.38%, y con un 10%, se redujo aún más a 13.11%.

Tabla 15

Límites en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano

Límites de Atterberg_Subrasante			
Exploración	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-2	39.52	21.60	17.93
+6% CCP	35.14	19.89	15.25
+10% CCP	31.23	18.42	12.81

Figura 17

Límites en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano

En el ensayo de los límites de Atterberg en el punto de exploración 2, se adicióno ceniza de corteza de plátano en proporciones del 6% y 10% al suelo. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón, que tenía un IP de 17.93%. Con un 6% de adición, el IP disminuyó a 15.25%, y con un 10%, se redujo aún más a 12.81%.

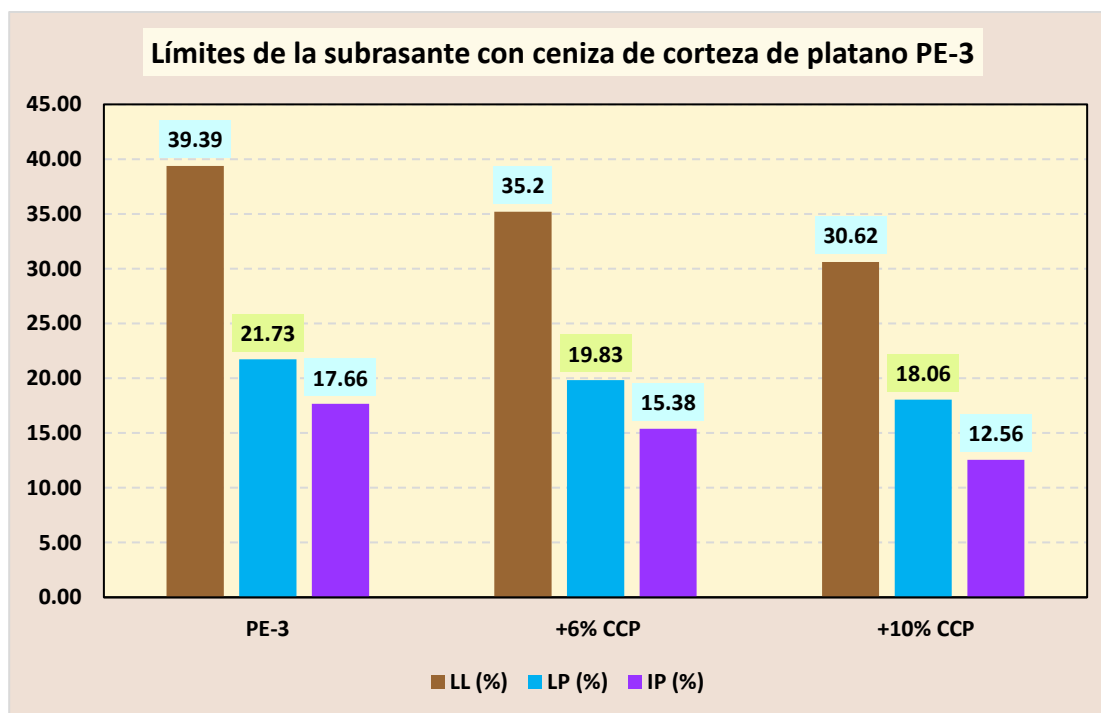
Tabla 16

Límites en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano

Límites de Atterberg_Subrasante			
Exploración	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-3	39.39	21.73	17.66
+6% CCP	35.2	19.83	15.38
+10% CCP	30.62	18.06	12.56

Figura 18

Límites en el PE-3 con corteza de plátano



En el ensayo de los límites de Atterberg en el punto de exploración 3, se adiciono ceniza de corteza de plátano en proporciones del 6% y 10% al suelo. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón, que tenía un IP de 17.66%. Con un 6% de adición, el IP disminuyó a 15.38%, y con un 10%, se redujo aún más a 12.56%.

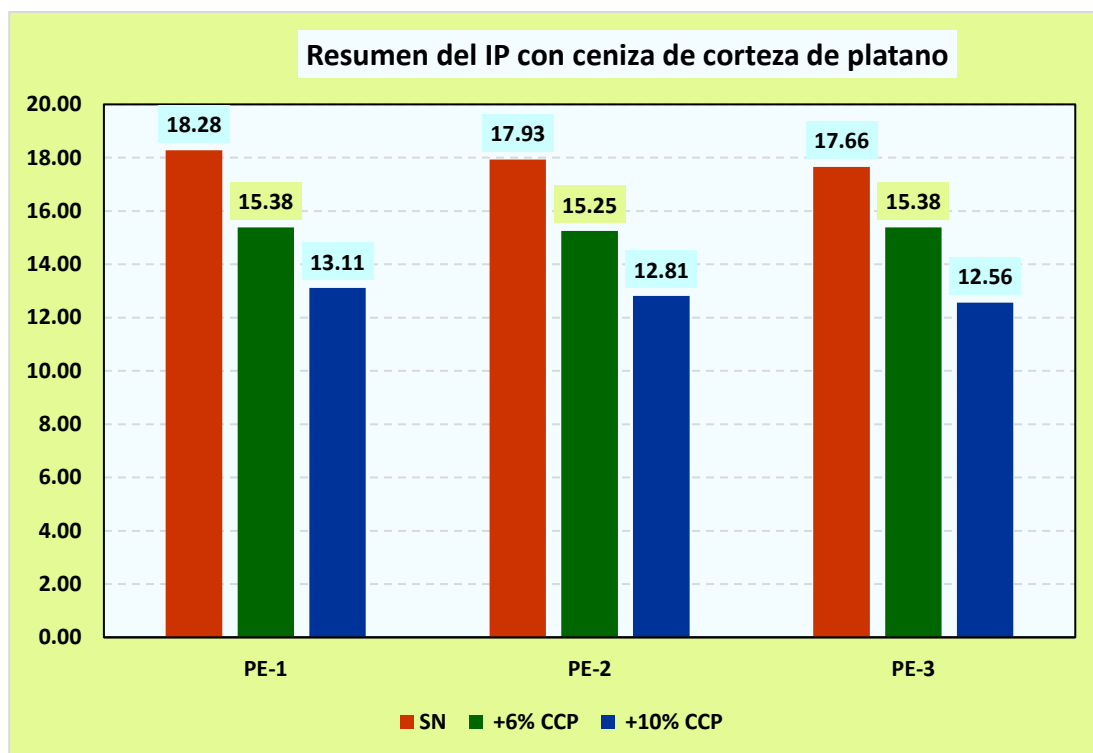
Tabla 17

Resumen del IP con ceniza de corteza de plátano

Límites de Atterberg–IP			
Muestra	PE-1	PE-2	PE-3
SN	18.28	17.93	17.66
+6% CCP	15.38	15.25	15.38
+10% CCP	13.11	12.81	12.56

Figura 19

Resumen del IP con ceniza de corteza de plátano



Se muestra el IP en los diferentes puntos de exploración, se usó ceniza de corteza de plátano en proporciones del 6% y 10%. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón. Esto indica que la inclusión de ceniza de corteza de plátano afecta positivamente la plasticidad del suelo, disminuyendo su IP.

b. Límites de Atterberg con corteza

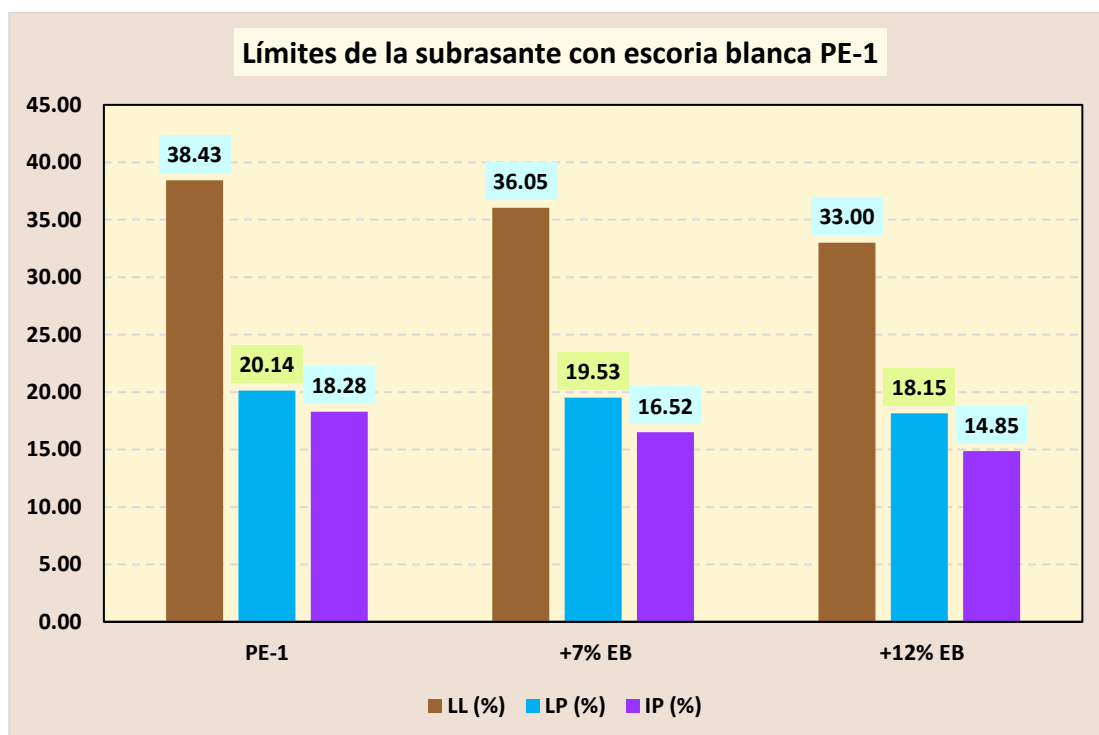
Tabla 18

Límites en el PE-1 con escoria blanca

Límites de Atterberg–Subrasante			
Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-1	38.43	20.14	18.28
+7% EB	36.05	19.53	16.52
+12% EB	33.00	18.15	14.85

Figura 20

Límites en el PE-1 con escoria blanca



En el ensayo de los límites de Atterberg en el punto de exploración 1, se adiciono escoria blanca de horno de cuchara en proporciones del 7% y 12% al suelo. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón, que tenía un IP de 18.28%. Con un 7% de adición, el IP disminuyó a 16.52%, y con un 12%, se redujo aún más a 14.85%.

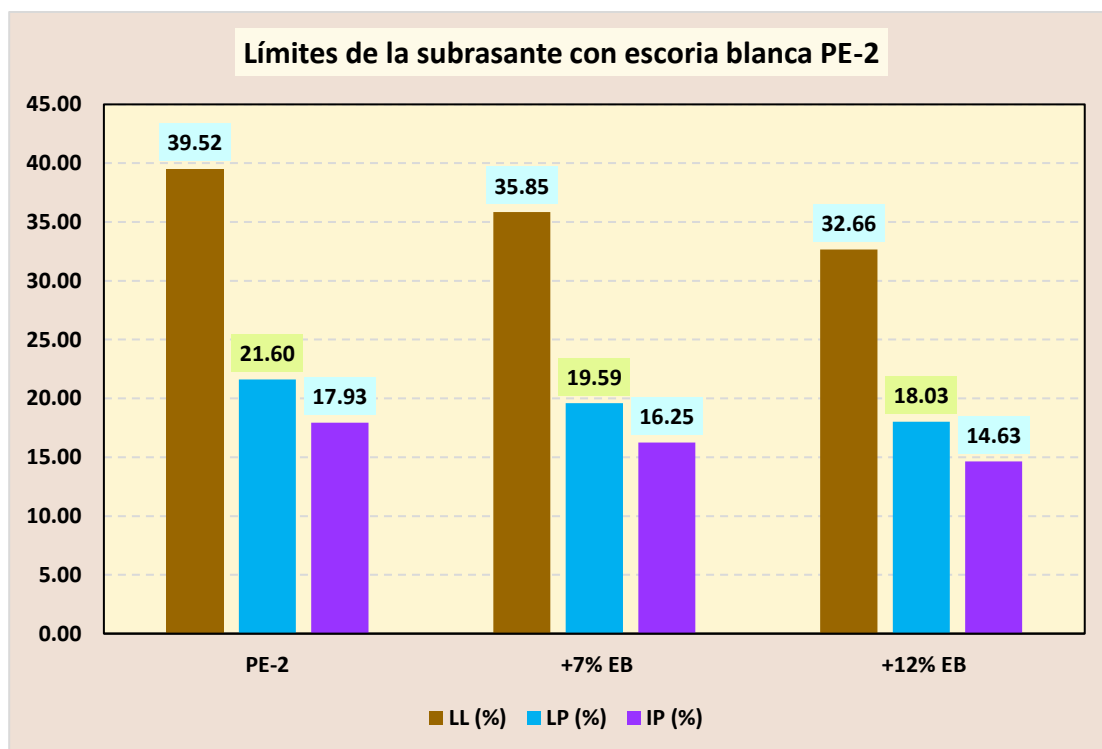
Tabla 19

Límites en el PE-2 con escoria blanca

Límites de Atterberg-Subrasante			
Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-2	39.52	21.60	17.93
+7% EB	35.85	19.59	16.25
+12% EB	32.66	18.03	14.63

Figura 21

Límites en el PE-2 con escoria blanca



En el ensayo de los límites de Atterberg en el punto de exploración 2, se adicióno escoria blanca de horno de cuchara en proporciones del 7% y 12% al suelo. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón, que tenía un IP de 17.93%. Con un 7% de adición, el IP disminuyó a 16.25%, y con un 12%, se redujo aún más a 14.63%.

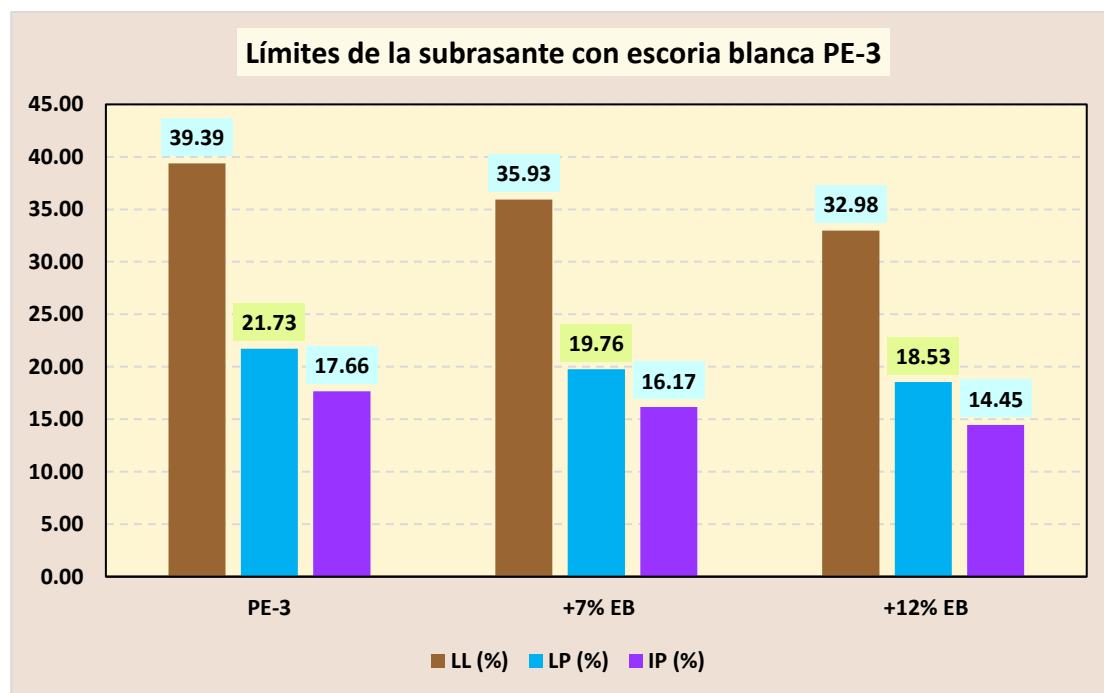
Tabla 20

Límites en el PE-3 con escoria blanca

Límites de Atterberg–Subrasante			
Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PE-3	39.39	21.73	17.66
+7% EB	35.93	19.76	16.17
+12% EB	32.98	18.53	14.45

Figura 22

Límites en el PE-3 con escoria blanca



En el ensayo de los límites de Atterberg en el punto de exploración 3, se adiciono escoria blanca de horno de cuchara en proporciones del 7% y 12% al suelo. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón, que tenía un IP de 17.66%. Con un 7% de adición, el IP disminuyó a 16.17%, y con un 12%, se redujo aún más a 14.45%.

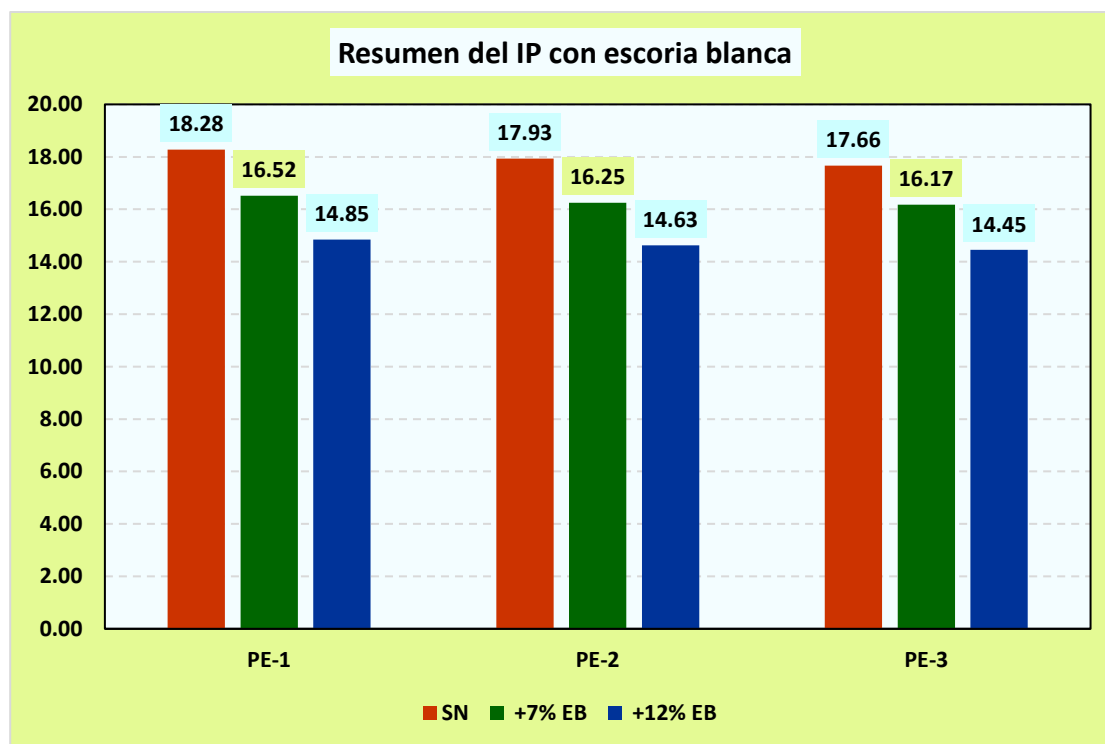
Tabla 21

Resumen del IP con escoria blanca

Límites de Atterberg-IP			
Muestra	PE-1	PE-2	PE-3
SN	18.28	17.93	17.66
+7% EB	16.52	16.25	16.17
+12% EB	14.85	14.63	14.45

Figura 23

Resumen del IP con escoria blanca



Se muestra el IP en los diferentes puntos de exploración, se adiciono escoria blanca de horno de cuchara en proporciones de 7% y 12%. Los resultados mostraron una reducción en el IP en comparativa con el suelo patrón. Esto indica que la inclusión de la escoria blanca afecta positivamente, disminuyendo su IP.

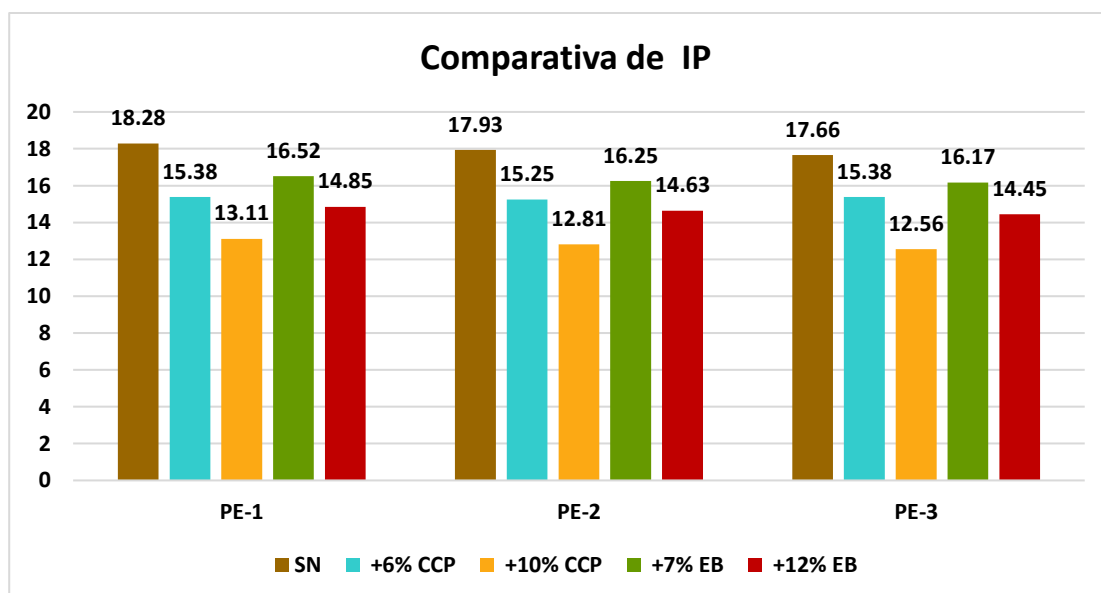
Tabla 22

Resumen del IP con escoria blanca

Resumen- Índice de Plasticidad			
Muestra	PE-1	PE-2	PE-3
SN	18.28	17.93	17.66
+6% CCP	15.38	15.25	15.38
+10% CCP	13.11	12.81	12.56
+7% EB	16.52	16.25	16.17
+12% EB	14.85	14.63	14.45

Figura 24

Resumen del IP con escoria blanca



Se presentan los resultados del IP en diversos puntos de exploración, destacando la ceniza de corteza de plátano en comparación con el uso de escoria blanca. Se observa que la ceniza de corteza de plátano contribuye a una mayor reducción en el Índice de Plasticidad del suelo, en comparación con la escoria blanca.

4.1.3 Grado de compactación del suelo-subrasante con ceniza de corteza de plátano y escoria blanca

a. Grado de compactación con corteza de plátano

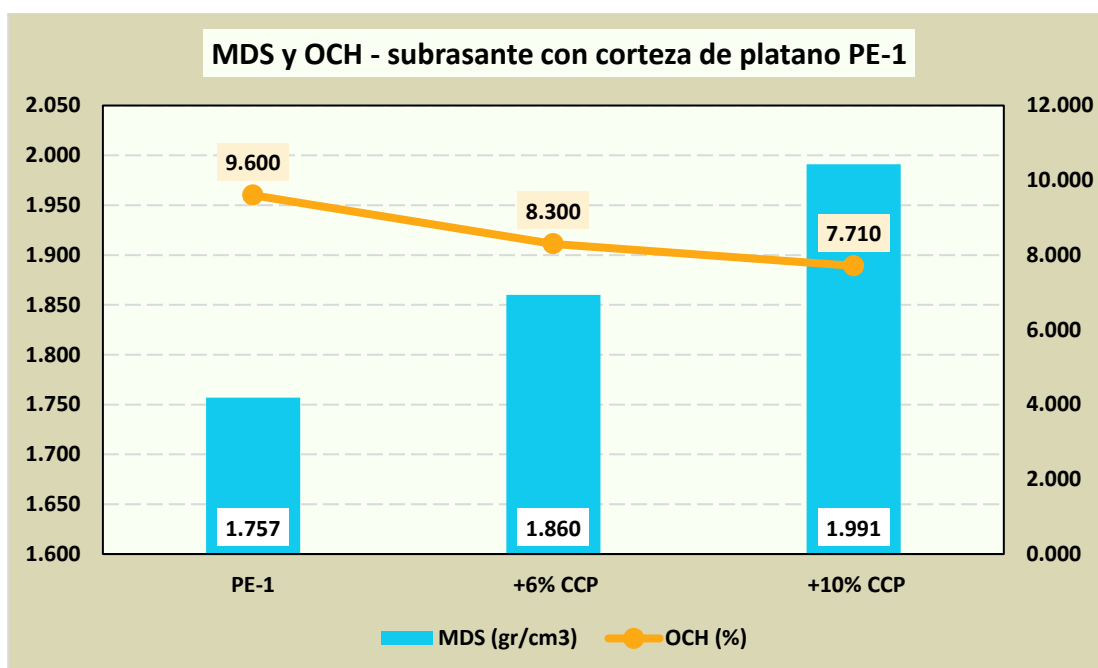
Tabla 23

MDS y OCH en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano

Grado de Compactación – Subrasante		
Exploración-Calicata	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-1	1.757	9.600
+6% CCP	1.860	8.300
+10% CCP	1.991	7.710

Figura 25

MDS y OCH en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano



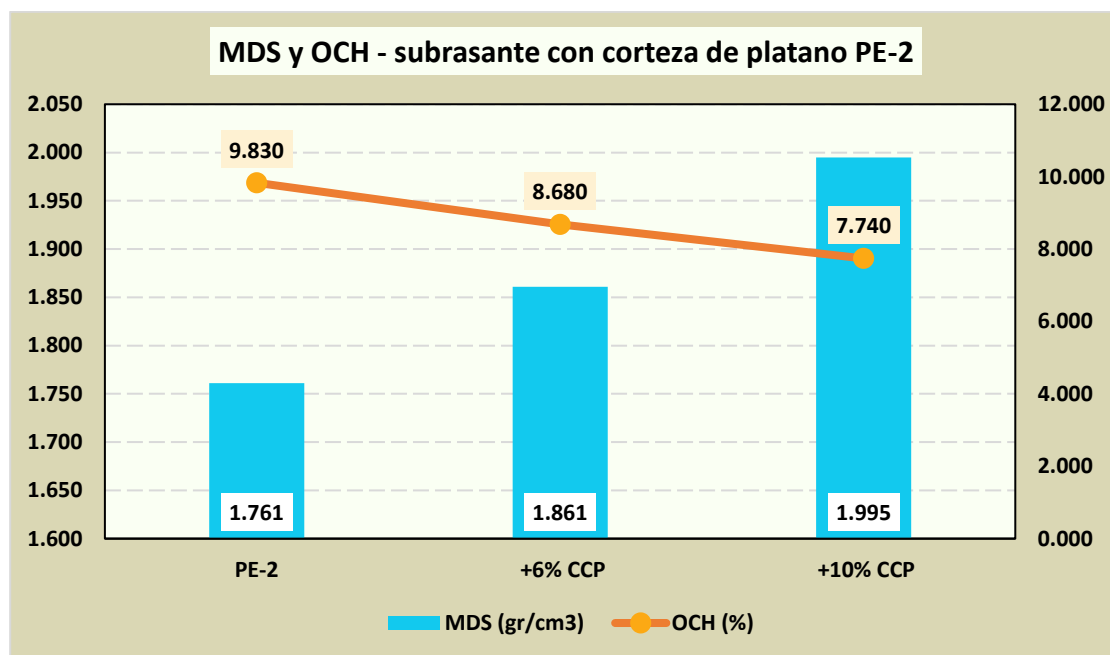
Se observa los valores de la MDS y el OCH en el punto de exploración 1. Originalmente, la MDS fue de 1.757 gr/cm³ y el OCH de 9.6%. Sin embargo, tras la integración de ceniza de corteza de plátano en un 6%, la MDS aumentó a 1.860 gr/cm³ y el OCH se redujo a 8.30%. Al incrementar la adición al 10%, la MDS ascendió a 1.991 gr/cm³, mientras que el OCH disminuyó aún más, hasta el 7.71%.

Tabla 24

MDS y OCH en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano

Grado de Compactación – Subrasante		
Exploración-Calicata	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-2	1.761	9.830
+6% CCP	1.861	8.680
+10% CCP	1.995	7.740

Figura 26

MDS y OCH en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano

Se observa los valores de la MDS y el OCH en el punto de exploración 2. Originalmente, la MDS fue de 1.761 gr/cm³ y el OCH de 9.83%. Sin embargo, tras la integración de ceniza de corteza de plátano en un 6%, la MDS aumentó a 1.861 gr/cm³ y el OCH se redujo a 8.68%. Al incrementar la adición al 10%, la MDS ascendió a 1.995 gr/cm³, mientras que el OCH disminuyó aún más, hasta el 7.74%.

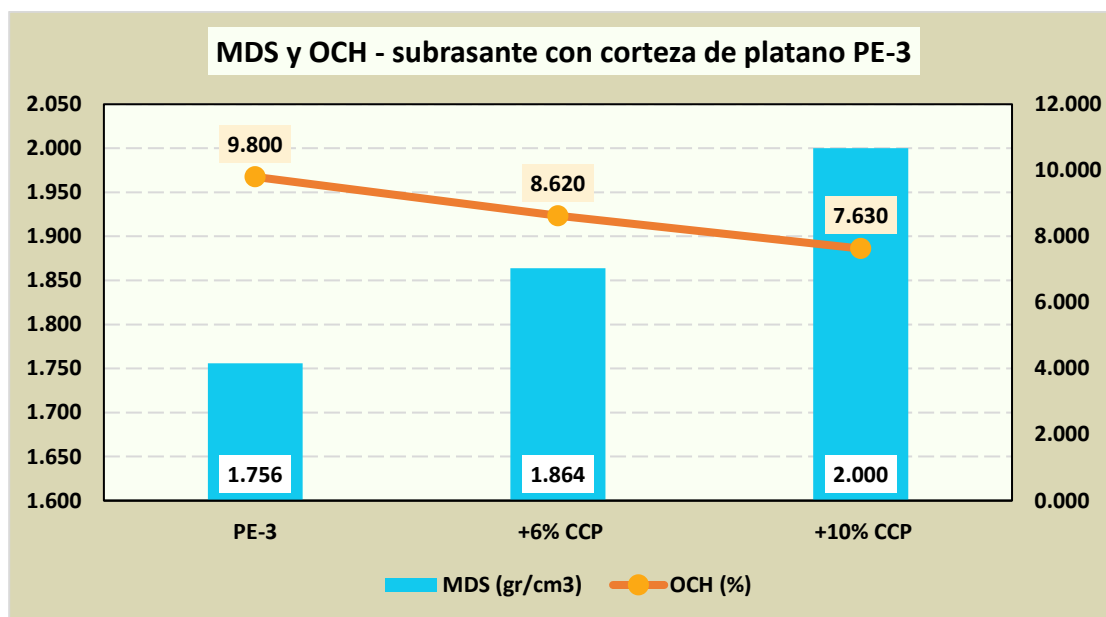
Tabla 25

MDS y OCH en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano

Grado de Compactación – Subrasante		
Exploración-Calicata	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-3	1.756	9.800
+6% CCP	1.864	8.620
+10% CCP	2.000	7.630

Figura 27

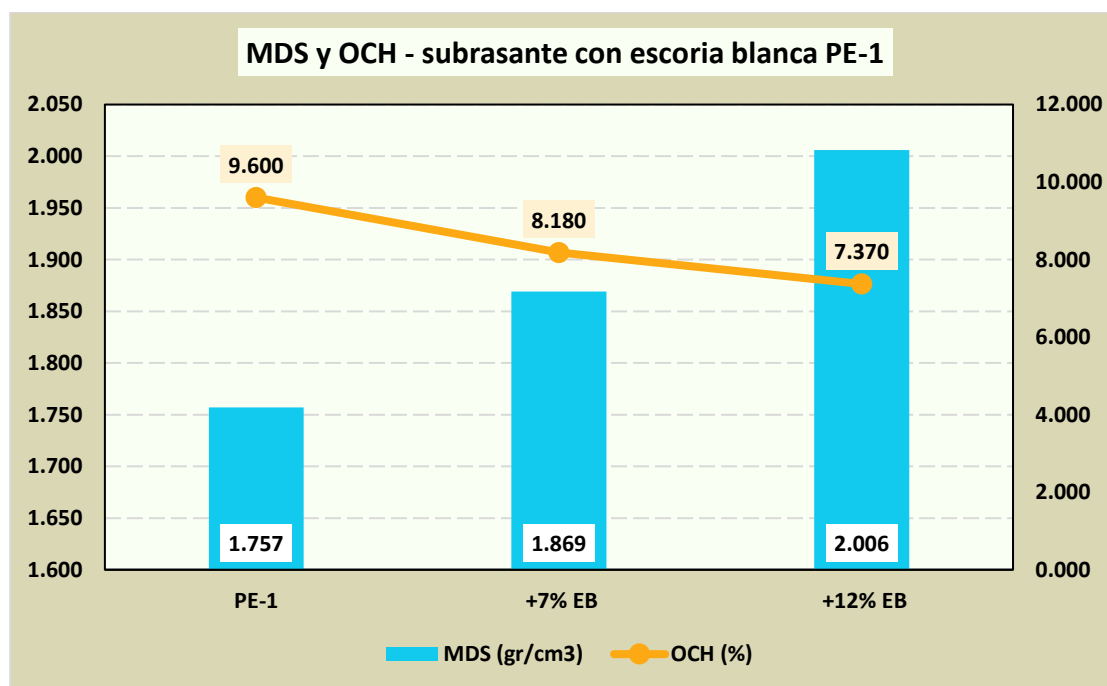
MDS y OCH en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano



Se observa los valores de la MDS y el OCH en el punto de exploración 3. Originalmente, la MDS fue de 1.756 gr/cm³ y el OCH de 9.80%. Sin embargo, tras la integración de ceniza de corteza de plátano en un 6%, la MDS aumentó a 1.864 gr/cm³ y el OCH se redujo a 8.62%. Al incrementar la adición al 10%, la MDS ascendió a 2.00 gr/cm³, mientras que el OCH disminuyó aún más, hasta el 7.63%.

b. Grado de compactación con escoria blanca**Tabla 26***MDS y OCH en el PE-1 con escoria blanca*

Grado de Compactación – Subrasante		
Exploración-Calicata	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-1	1.757	9.600
+7% EB	1.869	8.180
+12% EB	2.006	7.370

Figura 28*MDS y OCH en el PE-1 con escoria blanca*

Se observa los valores de la MDS y el OCH en el punto de exploración 1. Originalmente, la MDS fue de 1.757 gr/cm³ y el OCH de 9.6%. Sin embargo, tras la adición de escoria blanca en un 7%, la MDS aumentó a 1.869 gr/cm³ y el OCH se redujo a 8.18%. Al incrementar la adición al 12%, la MDS ascendió a 2.006 gr/cm³, mientras que el OCH disminuyó aún más, hasta el 7.37%.

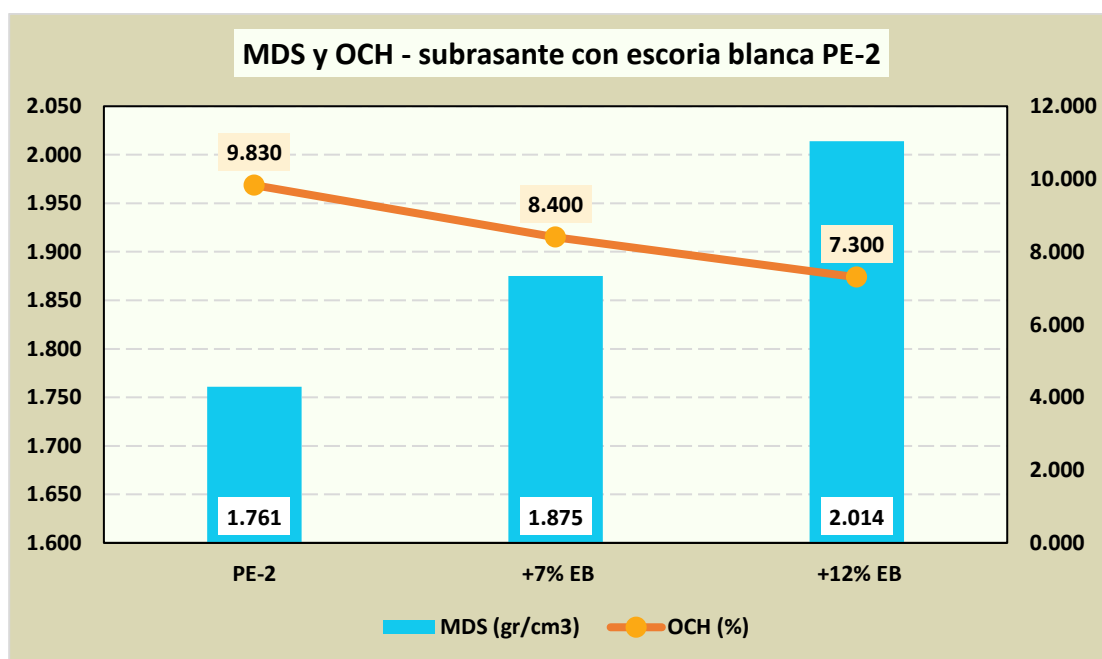
Tabla 27

MDS y OCH en el PE-2 con escoria blanca

Grado de Compactación – Subrasante		
Exploración-Calicata	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-2	1.761	9.830
+7% EB	1.875	8.400
+12% EB	2.014	7.300

Figura 29

MDS y OCH en el PE-2 con escoria blanca



Se observa los valores de la MDS y el OCH en el punto de exploración 2. Originalmente, la MDS fue de 1.761 gr/cm³ y el OCH de 9.83%. Sin embargo, tras la adición de escoria blanca en un 7%, la MDS aumentó a 1.875 gr/cm³ y el OCH se redujo a 8.40%. Al incrementar la adición al 12%, la MDS ascendió a 2.014 gr/cm³, mientras que el OCH disminuyó aún más, hasta el 7.30%.

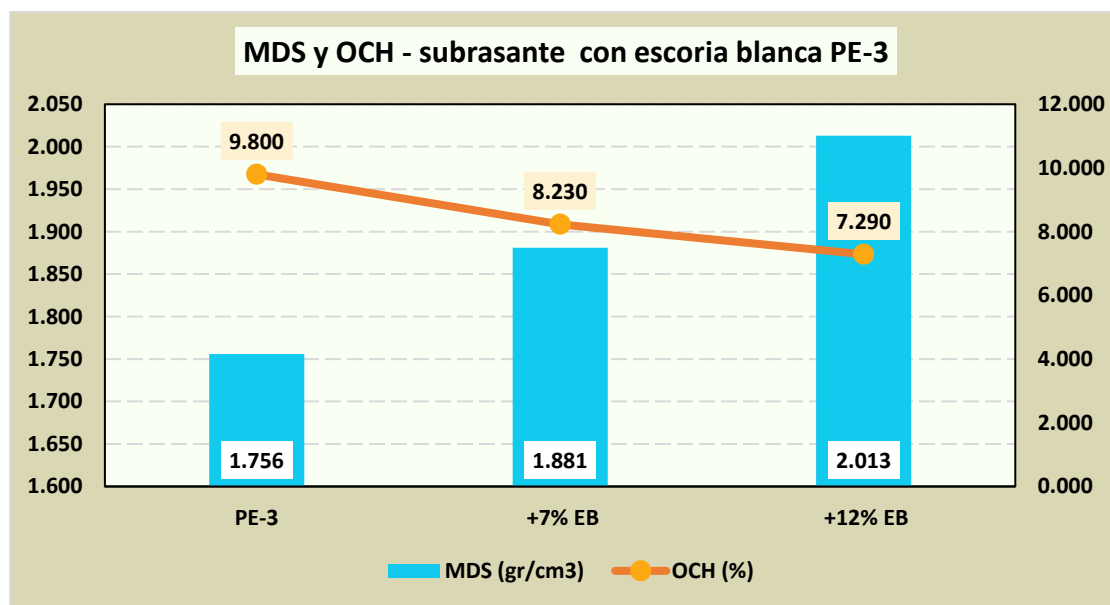
Tabla 28

MDS y OCH en el PE-3 con escoria blanca

Grado de Compactación – Subrasante		
Exploración-Calicata	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PE-3	1.756	9.800
+7% EB	1.881	8.230
+12% EB	2.013	7.290

Figura 30

MDS y OCH en el PE-3 con escoria blanca



Se observa los valores de la MDS y el OCH en el punto de exploración 3. Originalmente, la MDS fue de 1.756 gr/cm³ y el OCH de 9.80%. Sin embargo, tras la adición de escoria blanca en un 7%, la MDS aumentó a 1.881 gr/cm³ y el OCH se redujo a 8.23%. Al incrementar la adición al 12%, la MDS ascendió a 2.013 gr/cm³, mientras que el OCH disminuyó aún más, hasta el 7.29%.

4.1.4 CBR del suelo-subrasante con ceniza de plátano y escoria blanca

a. CBR con corteza de plátano

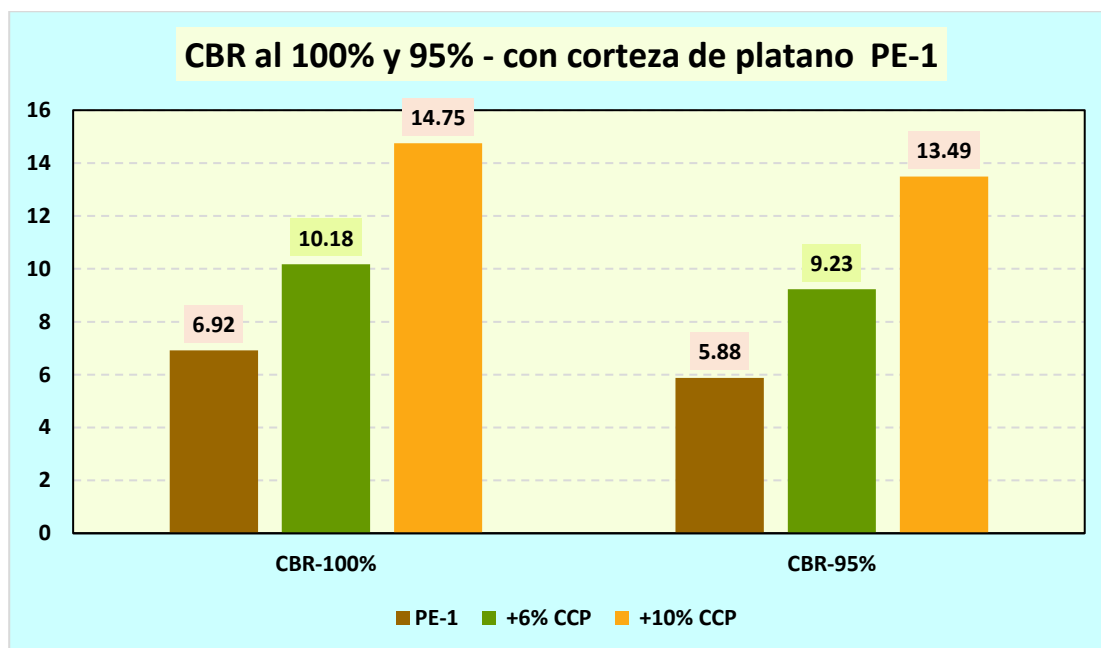
Tabla 29

CBR en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano

CBR – PE-1		
Descripción	CBR-100%	CBR-95%
PE-1	6.92	5.88
+6% CCP	10.18	9.23
+10% CCP	14.75	13.49

Figura 31

CBR en el PE-1 con ceniza de corteza de plátano



Se muestran los valores de CBR para el punto de exploración 1, inicialmente, el CBR a 100% de la MDS fue de 6.92% y a 95% de la MDS fue de 5.88%. Tras la adición de un 6% de ceniza de corteza de plátano, el CBR a 100% aumentó significativamente a 10.18%, y a 95% de la MDS, a 9.23%. Al incrementar la adición al 10%, el CBR a 100% de la MDS alcanzó un valor aún más alto de 14.75%, mientras que a 95% de la MDS, fue de 13.49%.

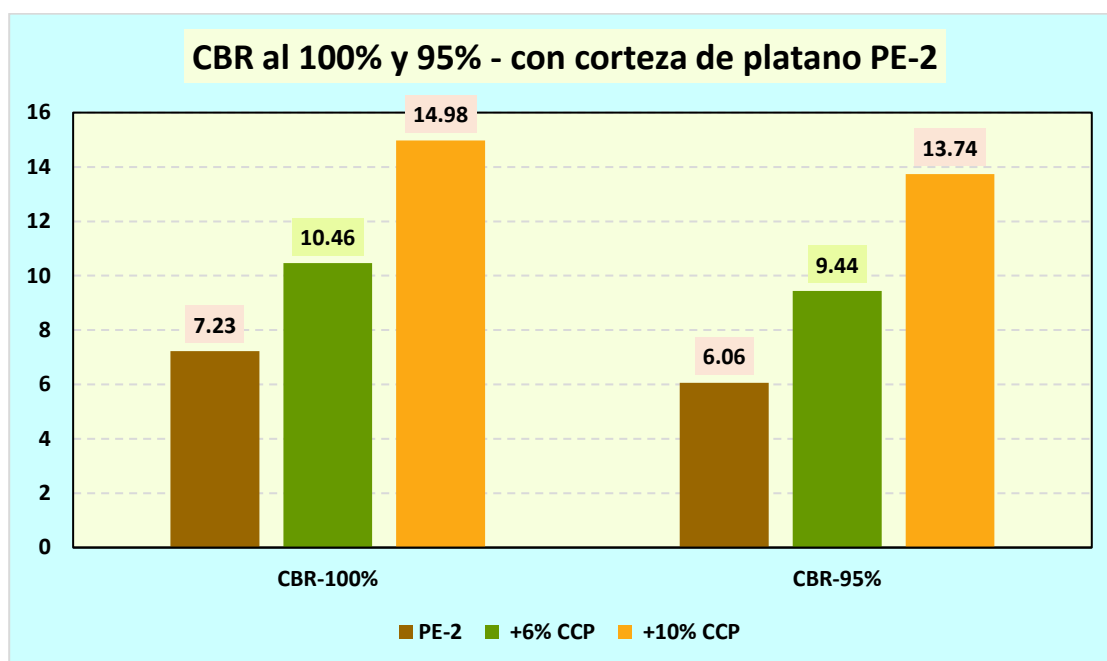
Tabla 30

CBR en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano

CBR – PE-2		
Descripción	CBR-100%	CBR-95%
PE-2	7.23	6.06
+6% CCP	10.46	9.44
+10% CCP	14.98	13.74

Figura 32

CBR en el PE-2 con ceniza de corteza de plátano



Se muestran los valores de CBR para el punto de exploración 2, inicialmente, el CBR a 100% de la MDS fue de 7.23% y a 95% de la MDS fue de 6.06%. Tras la adición de un 6% de ceniza de corteza de plátano, el CBR a 100% aumentó significativamente a 10.46%, y a 95% de la MDS, a 9.44%. Al incrementar la adición al 10%, el CBR a 100% de la MDS alcanzó un valor aún más alto de 14.98%, mientras que a 95% de la MDS, fue de 13.74%.

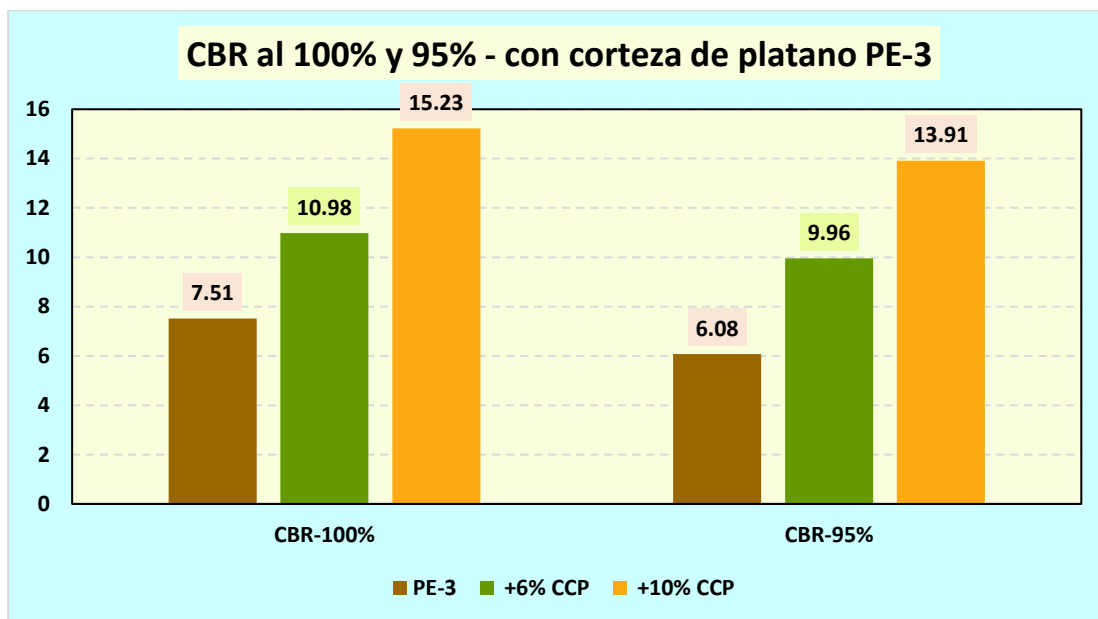
Tabla 31

CBR en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano

CBR – PE-3		
Descripción	CBR-100%	CBR-95%
PE-3	7.51	6.08
+6% CCP	10.98	9.96
+10% CCP	15.23	13.91

Figura 33

CBR en el PE-3 con ceniza de corteza de plátano



Se muestran los valores de CBR para el punto de exploración 3, inicialmente, el CBR a 100% de la MDS fue de 7.51% y a 95% de la MDS fue de 6.08%. Tras la adición de un 6% de ceniza de corteza de plátano, el CBR a 100% aumentó significativamente a 10.98%, y a 95% de la MDS, a 9.96%. Al incrementar la adición al 10%, el CBR a 100% de la MDS alcanzó un valor aún más alto de 15.23%, mientras que a 95% de la MDS, fue de 13.91%.

b. CBR – escoria blanca

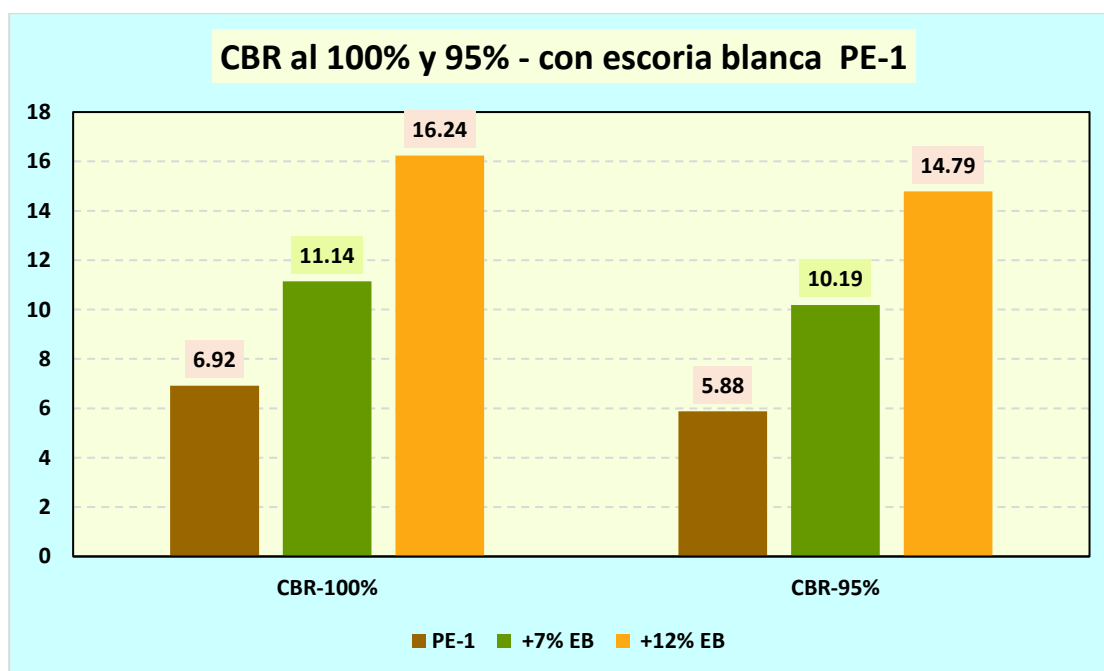
Tabla 32

CBR en el PE-1 con escoria blanca

Descripción	CBR – PE-1	
	CBR-100%	CBR-95%
PE-1	6.92	5.88
+7% EB	11.14	10.19
+12% EB	16.24	14.79

Figura 34

CBR en el PE-1 con escoria blanca



Se muestran los valores de CBR para el punto de exploración 1, inicialmente, el CBR a 100% de la MDS fue de 6.92% y a 95% de la MDS fue de 5.88%. Tras la adición de un 7% de escoria blanca de horno de cuchara, el CBR a 100% aumentó significativamente a 11.14%, y a 95% de la MDS, a 10.19%. Al incrementar la adición al 12%, el CBR a 100% de la MDS alcanzó un valor aún más alto de 16.24%, mientras que a 95% de la MDS, fue de 14.79%.

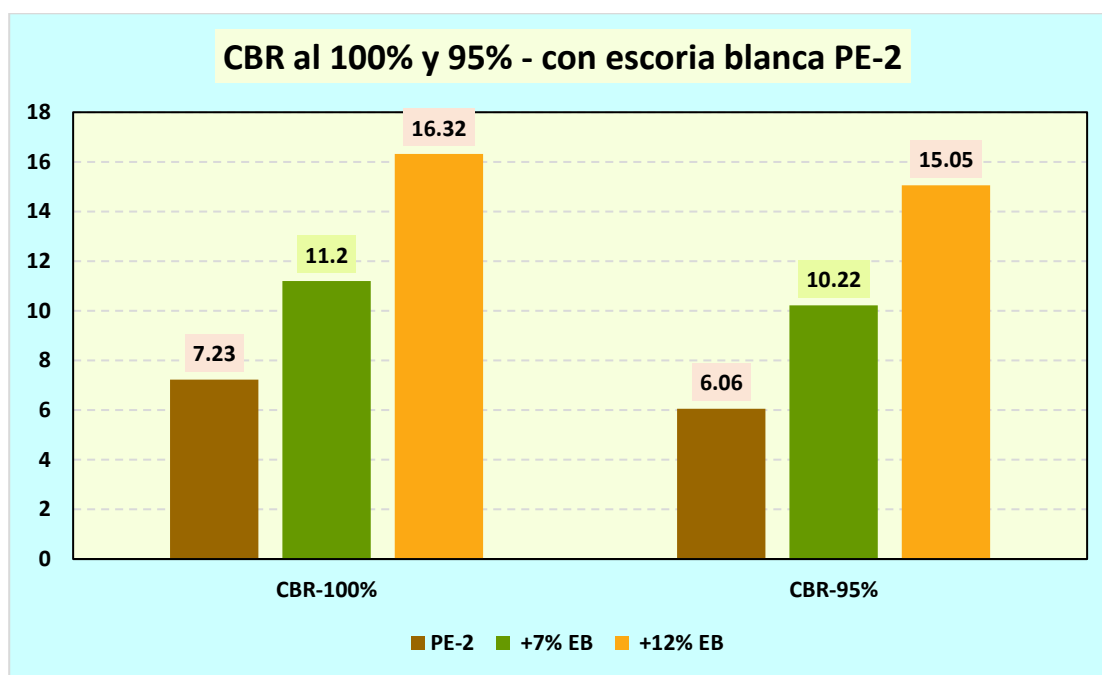
Tabla 33

CBR en el PE-2 con escoria blanca

CBR – PE-2		
Descripción	CBR-100%	CBR-95%
PE-2	7.23	6.06
+7% EB	11.2	10.22
+12% EB	16.32	15.05

Figura 35

CBR en el PE-2 con escoria blanca



Se muestran los valores de CBR para el punto de exploración 2, inicialmente, el CBR a 100% de la MDS fue de 7.23% y a 95% de la MDS fue de 6.06%. Tras la adición de un 7% de escoria blanca de horno de cuchara, el CBR a 100% aumentó significativamente a 11.20%, y a 95% de la MDS, a 10.22%. Al incrementar la adición al 12%, el CBR a 100% de la MDS alcanzó un valor aún más alto de 16.32%, mientras que a 95% de la MDS, fue de 15.05%.

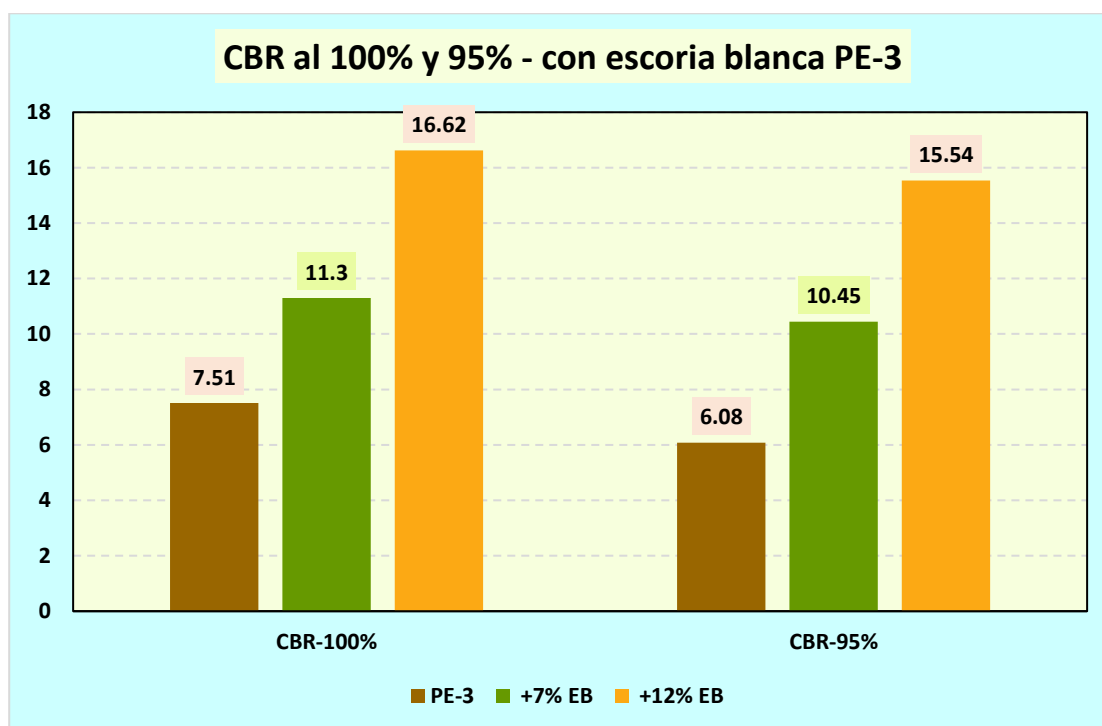
Tabla 34

CBR en el PE-3 con escoria blanca

Descripción	CBR – PE-3	
	CBR-100%	CBR-95%
PE-3	7.51	6.08
+7% EB	11.3	10.45
+12% EB	16.62	15.54

Figura 36

CBR en el PE-3 con escoria blanca



Se muestran los valores de CBR para el punto de exploración 3, inicialmente, el CBR a 100% de la MDS fue de 7.51% y a 95% de la MDS fue de 6.08%. Tras la adición de un 7% de escoria blanca de horno de cuchara, el CBR a 100% aumentó significativamente a 11.30%, y a 95% de la MDS, a 10.45%. Al incrementar la adición al 12%, el CBR a 100% de la MDS alcanzó un valor aún más alto de 16.62%, mientras que a 95% de la MDS, fue de 15.54%.

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Corrales, 2021) , se investigó el uso de cenizas derivadas de tallos de banano para mejorar la estabilización de subrasantes. Los ensayos de índice plástico (IP) revelaron que la adición de cenizas afecta significativamente la plasticidad del suelo. Originalmente, el suelo patrón presentaba un IP de 7.8%. Este valor disminuyó a 5.9%, 5.7% y 5.61% al añadir cenizas en proporciones del 3%, 5% y 7%, respectivamente. La mayor reducción de plasticidad se observó con un 3% de adición, alcanzando un IP de 5.9%. A pesar de que las adiciones del 5% y 7% resultaron en una disminución de la plasticidad, esta fue menos pronunciada. Respecto a la densidad máxima, se notaron cambios significativos en la compactación del suelo. La densidad seca máxima del suelo sin tratar era de 1.58 g/cm³, que varió a 1.569 g/cm³, 1.574 g/cm³ y 1.545 g/cm³ con adiciones del 3%, 5% y 7% de ceniza, respectivamente. Estos cambios también afectaron el contenido de humedad, pasando de 24.20% en el suelo patrón a 22.90%, 23.60% y 24.40% para las mismas proporciones de ceniza. La adición del 5% de ceniza resultó ser la más efectiva, logrando una densidad de 1.574 g/cm³ y un contenido de humedad de 23.60%. En cuanto a los ensayos de relación de soporte de California (CBR), se observó un incremento notable en la resistencia del suelo con la adición de ceniza. Para un suelo compactado al 95% de su máxima densidad seca, el CBR aumentó de 3.9% a 5.2%, 6.0% y 8.3% para las adiciones del 3%, 5% y 7% de ceniza, respectivamente. Al aumentar la compactación al 100% de la máxima densidad seca, el CBR se incrementó aún más, de 5.7% a 7.6%, 8.2% y 10.8%, en comparativa con el suelo patrón. Estos resultados demuestran que la ceniza de tallo de banano puede ser un aditivo efectivo para mejorar las propiedades mecánicas de las subrasantes.

En el estudio de (Cadenillas, 2023) se estudió el efecto de la adición de cenizas de cáscara de plátano en la subrasante con porcentajes específicos: 3.5%, 6% y 8.5%. Se evaluaron las propiedades mecánicas del suelo, enfocándose en la Densidad Seca Máxima (MDS) y el Índice de Soporte de California (CBR) a través de tres calicatas para



cada tipo de muestra. Las muestras analizadas incluyeron tres tipos de suelo natural, así como variantes de estos tras la adición de cenizas de cáscara de plátano en los porcentajes mencionados, con tres submuestras para cada tratamiento. Para el Suelo Natural 1, la MDS fluctuó ligeramente, con valores de 1.623, 1.625 y 1.621 gr/cm^3 en las calicatas respectivas. La adición de cenizas resultó en un incremento de la MDS; por ejemplo, con un 3.5% de adición, los valores aumentaron a 1.628, 1.630 y 1.626 gr/cm^3 . Este incremento en la MDS fue proporcional al porcentaje de cenizas añadido, observándose los valores más altos de MDS, 1.639, 1.643 y 1.642 gr/cm^3 , con un 8.5% de adición en la submuestra 3. Respecto al CBR, los suelos naturales mostraron valores entre 16.50% y 16.95%, dependiendo del tipo de suelo y la calicata. La adición de cenizas mejoró el CBR significativamente; con un 3.5% de cenizas, los valores oscilaron entre 18.80% y 19.20%. Con un 6% de adición, el CBR aumentó aún más, llegando a valores entre 20.80% y 21.50%. La mejora más notable se presentó con un 8.5% de adición, donde el CBR varió entre 23.23% y 23.94%.

En el estudio de (Rivera, 2023) , se investigó la influencia de la incorporación de escoria blanca de horno de cuchara en el suelo, utilizando proporciones específicas de 15%, 20% y 25%. Este enfoque innovador buscaba evaluar los efectos de la escoria en las propiedades mecánicas y físicas del suelo, con un enfoque particular en la densidad seca y la resistencia del suelo medida a través del ensayo de Ratio de Soporte de California (CBR). Los resultados del estudio revelaron mejoras significativas en la densidad seca y en los valores de CBR del suelo modificado con escoria blanca. La densidad seca de la muestra patrón, sin modificación, fue registrada en 2.048 g/cm^3 . Con la adición de un 15% de escoria, esta densidad se incrementó a 2.103 g/cm^3 ; al incrementar la proporción de escoria al 20%, la densidad seca alcanzó los 2.115 g/cm^3 ; y finalmente, con una adición del 25%, se observó una densidad seca de 2.126 g/cm^3 . Estos incrementos sugieren que la escoria blanca de horno de cuchara puede contribuir de manera efectiva a mejorar la compactación del suelo. En cuanto al ensayo de CBR, que es una medida de la capacidad

de carga del suelo y un indicador importante para la construcción de bases y sub-bases de pavimentos, los resultados fueron igualmente alentadores. La muestra patrón, es decir, el suelo sin modificación, mostró un CBR a 2 pulgadas de penetración del 34.3% al estar compactado al 100% y del 21.9% al 95% de compactación. Sin embargo, con la adición de un 15% de escoria, el CBR a 100% de compactación aumentó a 46.9%, y al 95% de compactación, a 29.3%. Con un 20% de escoria, los valores de CBR se elevaron aún más, alcanzando el 59.7% al 100% de compactación y 38.15% al 95%. Sorprendentemente, con una adición del 25% de escoria, el CBR al 100% de compactación se disparó al 75.9%, y al 95% de compactación, a 48.6%.

En nuestro estudio, se llevaron a cabo exploraciones en tres sitios diferentes, donde se añadió corteza de plátano en proporciones del 6% y el 10%, así como escoria blanca en proporciones del 7% y el 10%. Respecto a la muestra patrón, el índice de plasticidad (IP) en el punto de exploración 1 (PE-1) fue del 18.28%, en el PE-2 del 17.93%, y en el PE-3 del 17.66%. En cuanto a la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH), en el PE-1 fueron de 17.57 gr/cm³ y 9.60% respectivamente; en el PE-2, de 1.761 gr/cm³ y 9.83%; y en el PE-3, de 1.756 gr/cm³ y 9.80%. El valor de CBR al 95% en el PE-1 fue del 5.88%, en el PE-2 del 6.06%, y en el PE-3 del 6.08%. Con las adiciones de ceniza de corteza de plátano, donde el porcentaje óptimo fue del 10%, el IP mostró una reducción significativa: en el PE-1 al 13.11%, en el PE-2 al 12.81%, y en el PE-3 al 12.56%. Respecto a la MDS y el OCH, en el PE-1 fueron de 1.991 gr/cm³ y 7.71%, en el PE-2 de 1.995 gr/cm³ y 7.74%, y en el PE-3 de 2.000 gr/cm³ y 7.63%. El valor de CBR al 95% en la MDS fue del 13.49% en el PE-1, del 13.74% en el PE-2, y del 13.91% en el PE-3. Con la adición de escoria, el porcentaje que mostró resultados favorables fue del 12%, donde el IP tuvo reducciones en los diferentes puntos de exploración, aunque fue menor en comparación con las cenizas de corteza de plátano. En cuanto a la MDS y el OCH, para el PE-1 fueron de 2.006 gr/cm³ y 7.37%, para el PE-2 de 2.014 gr/cm³ y 7.30%, y para el PE-



3 de 2.013 gr/cm^3 y 7.29%. El CBR mostró mejores resultados en comparación con el uso de cenizas de corteza de plátano.

Los estudios revisados muestran un enfoque innovador hacia la mejora de las propiedades mecánicas y físicas de las subrasantes mediante la adición de residuos agroindustriales y subproductos industriales. La investigación de Corrales (2021) destacó la eficacia de las cenizas de tallo de banano en reducir la plasticidad del suelo y mejorar su compactación y resistencia, evidenciada por la disminución del índice plástico y el aumento del CBR con la adición de cenizas. De manera similar, Cadenillas (2023) demostró que las cenizas de cáscara de plátano incrementan significativamente la densidad seca máxima y el CBR, sugiriendo un potencial sustancial para fortalecer las subrasantes. Rivera (2023) expandió estos hallazgos al incorporar escoria blanca de horno de cuchara, observando mejoras notables en la densidad seca y en los valores de CBR, lo que indica una contribución significativa a la capacidad de carga del suelo. Nuestro estudio complementa estas investigaciones al explorar el efecto de la corteza de plátano y la escoria blanca en distintas proporciones, mostrando reducciones en el índice de plasticidad y mejoras en la máxima densidad seca y el CBR, lo que confirma la viabilidad de estos materiales como aditivos para optimizar las características de las subrasantes. Estos resultados colectivos abren nuevas perspectivas para el uso sostenible de materiales de desecho en la ingeniería civil, promoviendo prácticas ambientalmente responsables y mejorando la durabilidad y eficiencia de las infraestructuras de transporte.

CONCLUSIONES

C1- Las propiedades de la subrasante en la Avenida Sacsayhuaman, revelaron resultados importantes a través de tres puntos de exploración. Los IP obtenidos fueron 18.28% para el PE-1, 17.93% para el PE-2 y 17.66% para el PE-3. En relación a la MDS y el OCH, los resultados fueron que para el PE-1, la MDS fue de 1.757 gr/cm³ con un OCH de 9.60%; para el PE-2, la MDS fue de 1.761 gr/cm³ con un OCH de 9.83%; y para el PE-3, la MDS fue de 1.756 gr/cm³ con un OCH de 9.80%. En cuanto al CBR al 95% de la MDS, se encontró que el PE-1 registró un 5.88%, el PE-2 un 6.06% y el PE-3 un 6.08%.

C2- El uso de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara, disminuyó el índice de plasticidad del suelo de subrasante. Al añadir un 10% de ceniza de corteza de plátano, los resultados mostraron que el IP en el PE1 fue de 13.11%, mientras que en el PE-2 fue de 12.81% y en el PE-3 de 12.56%. Por otro lado, al utilizar un 12% de escoria blanca, se observaron cambios similares en el IP, en el PE-1 fue de 14.85%, en el PE-2 fue de 14.63%, y en el PE-3 fue de 14.53%.

C.3- El uso de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara, mejoró el grado de compactación del suelo de subrasante. Al añadir un 10% de ceniza de corteza de plátano, la MDS y el OCH en el PE-1 fueron de 1.991gr/cm³ y 7.74%, en el PE-2 fue de 1.995 gr/cm³ y 7.74%, en el PE-3 fue de 2.0 gr/cm³ y 7.63%. Por otro lado, al usar escoria blanca en un 12% en el PE-1 la MDS Y el OCH fue de 2.006 gr/cm³ y 7.37%, en el PE-2 fue de 2.014 gr/cm³ y 7.3% en el PE-3 fue de 2.013gr/cm³ y 7.29%.

C.4- El uso de ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara, incrementó el CBR del suelo de subrasante. Al añadir un 10% de ceniza de corteza de plátano el CBR al 95% de la MDS en el PE-1 fue de 13.49%, en el PE-2 fue de 13.74% en el PE-3 fue de 13.91%. Por otro lado, al adicionar el 12% de escoria blanca el CBR al 95% de la MDS para el PE-1 fue de 14.79%, en el PE-2 fue de 15.05, en el PE-3 fue de 15.54%.



RECOMENDACIONES

R1- Se sugiere seguir procedimientos estandarizados ASTM y AASHTO, para los ensayos de suelos. Esto incluye la preparación de muestras, la realización de ensayos.

R2- Se recomienda emplear proporciones mayores a las que se utilizaron en este estudio, tanto de ceniza de cáscara de plátano como de escoria blanca, con el fin de establecer un parámetro claro para su aplicación en el suelo de la subrasante.

R3- Se sugiere ampliar la investigación para incluir diferentes tipos de suelos y condiciones climáticas, ya que esto ayudará a determinar la aplicabilidad y eficacia de la ceniza de plátano y la escoria blanca en una variedad más amplia de entornos geotécnicos.



BIBLIOGRAFÍA

- Apaza Velasquez, B. R., & Quisca Otazu, R. (2023). Modificación de las propiedades de la subrasante con escoria siderúrgica y organosilanos en la carretera Umayo— Atuncolla, Puno, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/111159>
- Cadillo Salvador, I. L. (2021). Estabilización de subrasante con adición de ceniza de tuna, carretera: Tinco – Ataquero, Carhuaz, Ancash – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85607>
- Ccoillo Inca, I. (2017). Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina – 2016. *Universidad César Vallejo*.
- Clavería Vásquez, P. A., Triana Mendoza, D. F., & Varon Ospina, Y. A. (2018). *Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante*. <http://hdl.handle.net/20.500.12494/6314>
- Contreras García, S. P. (2022). Mejoramiento de subrasante utilizando cenizas de cáscara de caña de azúcar y hoja de plátano en Calle 1 del AA.HH. Francisco Bolognesi, Ancash – 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Corrales Alvarez, J. M. (2021). Estabilización de subrasantes blandas con cenizas de tallos de banano en zonas tropicales, avenida Manu, Salvación, Madre de Dios 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Escobar, J., Quispe, G., Quispe, F., Arana, J., & Huarcaya, R. (2021). *Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz*. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/18221>
- Gallo, J. F. (2022). *Análisis de la estabilización de suelos expansivos utilizando hormigón asfáltico reciclado, ceniza del bagazo de caña de azúcar para la sub rasante de los*



- pavimentos [bachelorThesis, Guayaquil: ULVR, 2022.].
<http://repositorio.ulvr.edu.ec/handle/44000/4985>
- Gamez Condori, F. O., & Vargas Condori, G. E. (2023). Mejoramiento de Propiedades del Suelo Cohesivo de Subrasante de la Carretera Maravillas—Vilcapata con Escoria de Hornos Artesanales, Juliaca, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/114718>
- Gutiérrez Baca, C. (2017). Determinación de las áreas vulnerables frente a riesgos de inundación y huaycos en la zona aledaña al río Pachatusan y sus propuestas de mitigación. *Universidad Andina del Cusco*.
- Hernández Méndez, C., & Pérez Quemba, W. Y. (2022). *Evaluación del comportamiento de terreno natural con adiciones de escoria de acería de Gerdau Diaco como capa de mejoramiento de la sub-rasante en el suelo de Nemocón*.
- Jimenez Sicacha, L. M. (2018). *Evaluación del comportamiento mecánico de mezclas de suelo arcilloso mediante la adición de escoria de acería*.
<http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/21014>
- Kumar Yadav, A., Gaurav, K., Kishor, R., & Suman, S. K. (2017). Stabilization of alluvial soil for subgrade using rice husk ash, sugarcane bagasse ash and cow dung ash for rural roads. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 10(3),
- Landa, J. Y., & Torres, S. F. (2019). Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal. *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*.
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626177>
- Limés, A. F., Martínez, L. E. G., Berenguer, I. F., Payne, C. G., Tristán, J. G., Aenlle, A. A., & Cristiá, W. D. C. (2022). INFLUENCIA DE LOS ADITIVOS DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA Y ESCORIA DE ALTO HORNO EN SUELO GRANULAR. *Revista ciencia y construcción*, 3(3), Article 3.



- Miranda Núñez, L. A. (2021). Análisis comparativo de la estabilización de suelos con ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio. *Universidad San Pedro*.
<http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/20.500.129076/20586>
- More García, S. M., & Ydrogo Gonzáles, E. del C. (2019). Estabilización de la subrasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa, 2019.
- Pacuy Loli, E. M. (2022). Estabilización de subrasante con adición de ceniza de hojas de maíz (*Zea Mays*), Yungay, Ancash, 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/105630>
- Pasache Paredes, E. A., & Vilca Bustinza, S. (2022). Evaluación de fibra de vidrio y ceniza de chala en las propiedades de la subrasante, avenida Rosales, Carabayllo, Lima 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98565>
- Payano Miranda, C. A. (2023). Estabilización de subrasantes blandas con cenizas de tallos de banano y yeso en caminos vecinales, carretera Shankivironi, Junín 2022. *Universidad Peruana Los Andes*.
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5969>
- Pérez Murillo, F. C., Insuasty Almario, L. A., & Buesaquillo Tulcan, M. J. (2022). *Evaluación de la ceniza de bagazo de caña de azúcar para el mejoramiento de la subrasante en el sector de "El molino el Escobal" b/ Picaleña km 11 vía Ibagué – Girardot*.
<https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/45778>
- Reyes, E. (2022). *Metodología de la Investigación Científica*. Page Publishing Inc.
- Rivera Huamani, O. J. (2023). *Escoria blanca de horno de cuchara (LFS) para la estabilización de subrasante de suelos arcillosos, vías de la urbanización José Gálvez, Lima-2022*.



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar el efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El efecto de la ceniza de corteza de plátano y escoria blanca de horno de cuchara será de manera significativa sobre las propiedades del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA</p> <p>Dimensiones: Ceniza de corteza de plátano en proporciones de 6% y 10%. Escoria blanca de horno de cuchara en proporciones de 7% y 12%.</p>	<p>Fichas y formatos de campo</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el índice de plasticidad del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman?</p> <p>¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el grado de compactación del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman?</p> <p>¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el CBR del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca.</p> <p>Determinar el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el índice de plasticidad del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.</p> <p>Determinar el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el grado de compactación del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.</p> <p>Determinar el efecto del uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, sobre el CBR del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman..</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante de la avenida Sacsayhuaman de la ciudad de Juliaca, serán materiales de subrasante inadecuados.</p> <p>El uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, disminuirá el índice de plasticidad del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.</p> <p>El uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, mejorara el grado de compactación del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman.</p> <p>El uso de ceniza de corteza de plátano en concentraciones de 6% y 10% y escoria blanca de horno de cuchara en 7% y 12%, incrementara el CBR del suelo de subrasante en la avenida Sacsayhuaman..</p>		



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96.46
SUELO SECO + TARRO	gr	85.17
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	11.29
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.17
HUMEDAD %	%	18.46

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	54.56	55.34	53.62	21.22	21.32
SUELO SECO + TARRO	gr	45.19	45.71	44.46	19.02	19.07
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	9.37	9.63	9.16	2.20	2.25
PESO DEL SUELO SECO	gr	24.19	24.71	23.46	11.02	11.07
HUMEDAD %	%	38.74	38.97	39.05	19.96	20.33
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 38.43 **LIMITE PLASTICO** : 20.14

INDICE PLASTICO : 18.28

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mga. Arnelo Iana Torres
 CIP: 103257

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

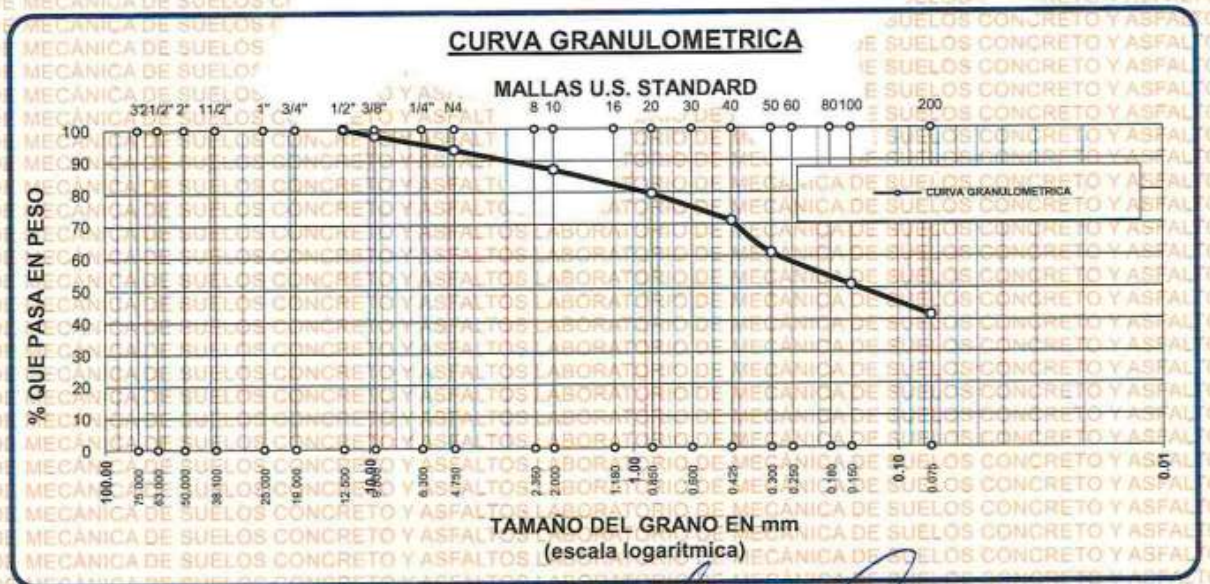
UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 1000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 584.53
2"	50.000						P.P.= 415.47
1 1/2"	38.100						% w = 18.46
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 38.43
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 20.14
3/8"	9.500	20.23	2.02	2.02	97.98		I.P.= 18.28
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	45.63	4.56	6.59	93.41		D10= ---- Cu= ----
No8	2.360						D30= ---- Cc= ----
No10	2.000	62.67	6.27	12.85	87.15		D60= 0.28
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	75.63	7.56	20.42	79.58		I.G. =
No30	0.600						SUSCS : SC
No40	0.425	84.56	8.46	28.87	71.13		ASSTHO
No50	0.300	100.58	10.06	38.93	61.07		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	100.23	10.02	48.95	51.05		
No200	0.075	95.00	9.50	58.45	41.55		
BASE		415.47	41.55	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA			41.55				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCES VELASQUEZ"
 FICP - AP. INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. Arnaldo Tana Torres
 C.I. 102257

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERİK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : 02 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.56
SUELO SECO + TARRO	gr	82.54
PESO DEL TARRO	gr	23.30
PESO DEL AGUA	gr	11.02
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.24
HUMEDAD %	%	18.60

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	46.63	46.78	45.89	21.56	21.89
SUELO SECO + TARRO	gr	39.28	39.45	38.76	19.10	19.48
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	7.35	7.33	7.13	2.46	2.41
PESO DEL SUELO SECO	gr	18.28	18.45	17.76	11.09	11.47
HUMEDAD %	%	40.21	39.73	40.15	22.18	21.01
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 39.52 **LIMITE PLASTICO** : 21.60

INDICE PLASTICO : 17.93

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 M.Sc. Arnaldo Yana Torres
 JULIACA

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

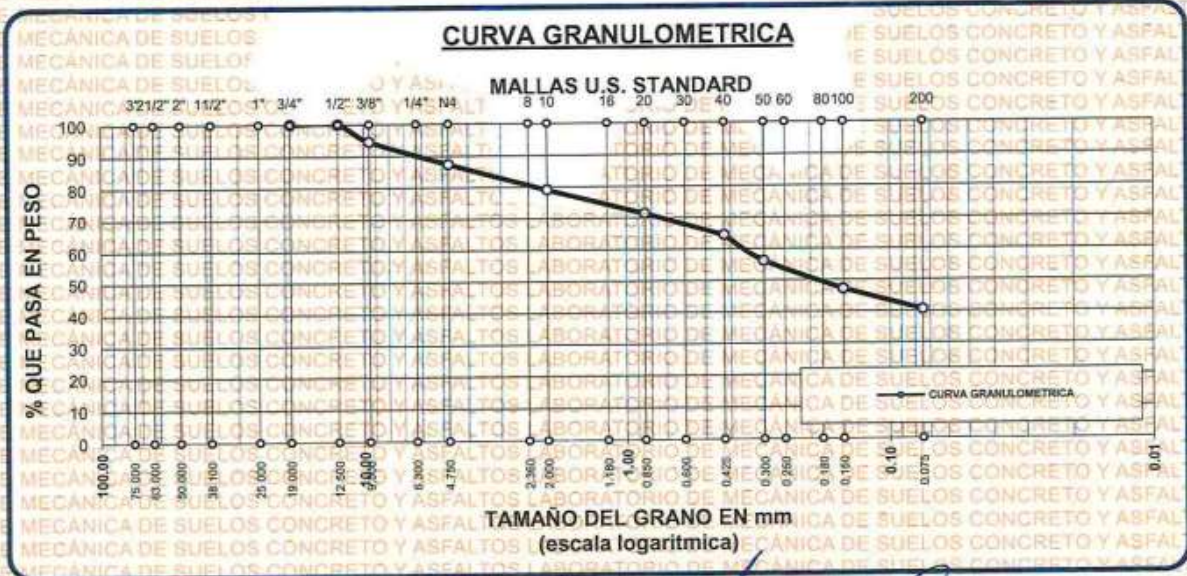
UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 1000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 594.39
2"	50.000						P.P.= 405.61
1 1/2"	38.100						% w = 18.60
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= 39.52
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 21.60
3/8"	9.500	54.00	5.40	5.40	94.60		I.P.= 17.93
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	72.42	7.24	12.64	87.36		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	82.64	8.26	20.91	79.09		D60= 0.36
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	76.54	7.65	28.56	71.44		I.G. =
No30	0.600						SUSCS ; SM-SC
No40	0.425	69.87	6.99	35.55	64.45		ASSTHO
No 50	0.300	82.67	8.27	43.81	56.19		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	90.36	9.04	52.85	47.15		
No200	0.075	65.89	6.59	59.44	40.56		
BASE		405.61	40.56	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		40.56					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 VICER. CAR. INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 Mgtr. Aracely Ana Torres

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.67
SUELO SECO + TARRO	gr	83.67
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	11.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	60.03
HUMEDAD %	%	18.32

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	47.65	46.47	46.52	22.36	21.67
SUELO SECO + TARRO	gr	40.07	39.09	39.35	19.94	19.10
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	7.58	7.38	7.17	2.42	2.57
PESO DEL SUELO SECO	gr	19.07	18.09	18.35	11.93	11.09
HUMEDAD %	%	39.75	40.80	39.07	20.28	23.17
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 39.39 **LIMITE PLASTICO** : 21.73

INDICE PLASTICO : 17.66

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
Mdr. Arnaldo Yana Torres

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EFECTO DE LA GENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

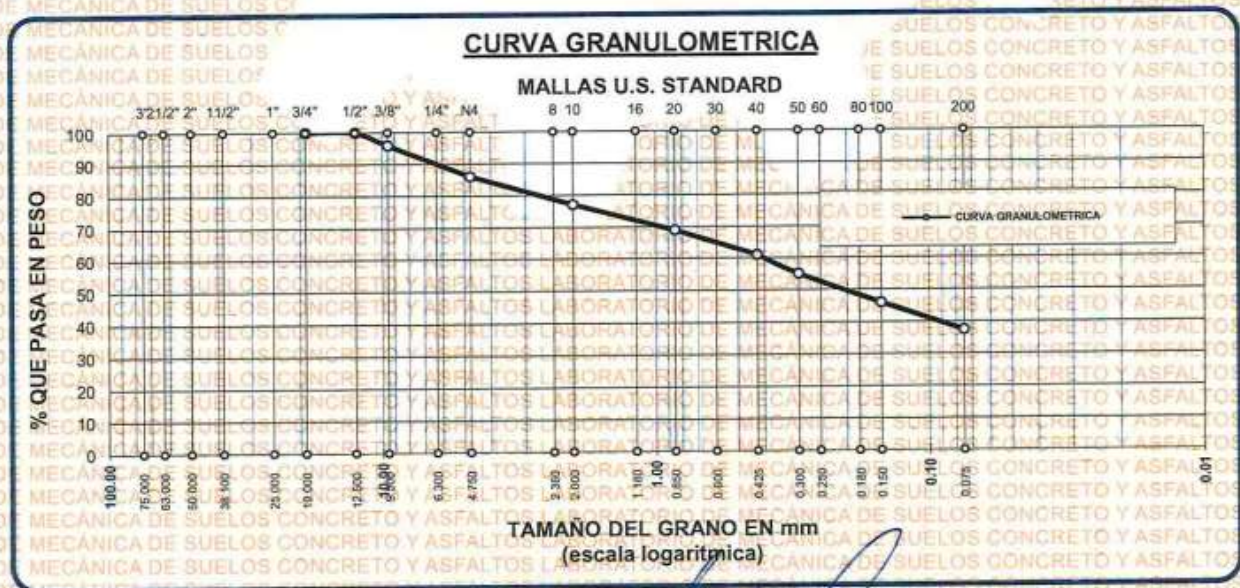
UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 1000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 625.91
2"	50.000						P.P.= 374.09
1 1/2"	38.100						% w = 18.32
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= 39.39
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 21.73
3/8"	9.500	41.36	4.14	4.14	95.86		I.P.= 17.66
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	98.76	9.88	14.01	85.99		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	89.62	8.96	22.97	77.03		D60= 0.40
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	81.34	8.13	31.11	68.89		I.G. =
No30	0.600						SUSCS ; SM-SC
No40	0.425	78.36	7.84	38.94	61.06		ASSTHO
No50	0.300	60.34	6.03	44.98	55.02		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	90.89	9.09	54.07	45.93		
No200	0.075	85.24	8.52	62.59	37.41		
BASE		374.09	37.41	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		37.41					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Mgr. Aracida Yana Torres

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS; CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.25
SUELO SECO + TARRO	gr	80.43
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.82
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.43
HUMEDAD %	%	17.40

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.63	41.64	42.17	20.89	20.76
SUELO SECO + TARRO	gr	37.14	36.09	36.61	18.72	18.72
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	5.49	5.55	5.56	2.17	2.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	16.14	15.09	15.61	10.72	10.72
HUMEDAD %	%	34.01	36.78	35.62	20.24	19.03
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 35.01 **LIMITE PLASTICO** : 19.64

INDICE PLASTICO : 15.38

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Mg. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257

BIE: B006-00288634



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN LUGAR : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 02 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.34
SUELO SECO + TARRO	gr	81.34
PESO DEL TARRO	gr	23.61
PESO DEL AGUA	gr	10.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.73
HUMEDAD %	%	17.32

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.56	42.12	41.56	20.89	20.76
SUELO SECO + TARRO	gr	36.18	36.67	36.05	18.62	18.78
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	5.38	5.45	5.51	2.27	1.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.18	15.67	15.05	10.61	10.77
HUMEDAD %	%	35.44	34.78	36.61	21.39	18.38
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO		35.14			LIMITE PLASTICO : 19.89	
INDICE PLASTICO		: 15.25				

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 M.Sc. Ing. Arnaldo Yana Torres
 123257

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATA 03 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO
FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.56
SUELO SECO + TARRO	gr	81.59
PESO DEL TARRO	gr	23.72
PESO DEL AGUA	gr	9.97
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.87
HUMEDAD %	%	17.23

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.68	41.72	41.85	20.64	20.52
SUELO SECO + TARRO	gr	36.26	36.25	36.38	18.49	18.51
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	5.42	5.47	5.47	2.15	2.01
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.26	15.25	15.38	10.48	10.50
HUMEDAD %	%	35.52	35.87	35.57	20.52	19.14
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 35.20 **LIMITE PLASTICO** : 19.83

INDICE PLASTICO : 15.38

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
2024

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.46
SUELO SECO + TARRO	gr	80.94
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.52
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.94
HUMEDAD %	%	16.72

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.12	40.65	40.84	19.62	19.43
SUELO SECO + TARRO	gr	35.47	35.87	35.99	17.69	17.73
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	4.65	4.78	4.85	1.93	1.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.47	14.87	14.99	9.69	9.73
HUMEDAD %	%	32.14	32.15	32.35	19.92	17.47
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 31.80 **LIMITE PLASTICO** : 18.69

INDICE PLASTICO : 13.11

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FICP - EXP. INGENIERIA CIVIL

M^g. Arnaldo Yana Torres

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.89
SUELO SECO + TARRO	gr	83.14
PESO DEL TARRO	gr	23.99
PESO DEL AGUA	gr	9.75
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.15
HUMEDAD %	%	16.48

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.45	39.67	38.89	19.67	19.49
SUELO SECO + TARRO	gr	35.04	35.28	34.47	17.78	17.78
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	4.41	4.39	4.42	1.89	1.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.04	14.28	13.47	9.77	9.77
HUMEDAD %	%	31.41	30.74	32.81	19.34	17.50
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 31.23 **LIMITE PLASTICO** : 18.42

INDICE PLASTICO : 12.81

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

M^{tr.} Arnaldo Yana Torres

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.12
SUELO SECO + TARRO	gr	80.65
PESO DEL TARRO	gr	23.75
PESO DEL AGUA	gr	9.47
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.90
HUMEDAD %	%	16.64

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	7	8	9	E	F	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.89	39.73	39.38	18.87	18.92
SUELO SECO + TARRO	gr	35.30	35.40	35.05	17.21	17.25
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	4.59	4.33	4.33	1.66	1.67
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.30	14.40	14.05	9.20	9.24
HUMEDAD %	%	32.10	30.07	30.82	18.04	18.07
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	30.62	LIMITE PLASTICO	:	18.06	

INDICE PLASTICO : **12.56**

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

MSc. Arnaldo Yana Torres
 12/04/2024

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	89.75
SUELO SECO + TARRO	gr	80.01
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.74
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.01
HUMEDAD %	%	17.39

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.89	40.78	40.92	20.16	21.45
SUELO SECO + TARRO	gr	35.63	35.48	35.54	18.24	19.18
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	5.26	5.30	5.38	1.92	2.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.63	14.48	14.54	10.24	11.18
HUMEDAD %	%	35.95	36.60	37.00	18.75	20.30
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 36.05 **LIMITE PLASTICO** : 19.53

INDICE PLASTICO : 16.52

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Limite Liquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL

Ing. Arnaldo Yana Torres

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

PROYECTO : EFECTO DE LA GENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.87
SUELO SECO + TARRO	gr	81.89
PESO DEL TARRO	gr	23.89
PESO DEL AGUA	gr	9.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.00
HUMEDAD %	%	17.21

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.12	40.56	42.67	20.26	20.48
SUELO SECO + TARRO	gr	35.27	35.29	36.68	18.34	18.35
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	4.85	5.27	5.99	1.92	2.13
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.27	14.29	15.68	10.33	10.34
HUMEDAD %	%	33.99	36.88	38.20	18.59	20.60
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 35.85 **LIMITE PLASTICO** : 19.59

INDICE PLASTICO : 16.25

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICR, CAR. INGENIERIA CIVIL
 W. Erik Dennis Argandoña Endara

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALÍCATA 03 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	89.16
SUELO SECO + TARRO	gr	79.55
PESO DEL TARRO	gr	23.75
PESO DEL AGUA	gr	9.61
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.80
HUMEDAD %	%	17.22

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
TARRO N°		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.89	39.86	39.92	19.89	19.75
SUELO SECO + TARRO	gr	34.87	34.84	34.84	18.09	17.66
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	5.02	5.02	5.08	1.80	2.09
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.87	13.84	13.84	10.08	9.65
HUMEDAD %	%	36.19	36.27	36.71	17.86	21.66
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 35.93 **LIMITE PLASTICO** : 19.76

INDICE PLASTICO : 16.17

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
Donde:
LL = Limite Liquido
Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
M.S.C. A. JEFATURA
Mtro. Arnaldo Yana Torres

BE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - CON 12% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	89.78
SUELO SECO + TARRO	gr	80.68
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.68
HUMEDAD %	%	16.06

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	A	B	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.98	38.67	38.84	19.92	19.84
SUELO SECO + TARRO	gr	34.49	34.25	34.35	18.02	18.09
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	4.49	4.42	4.49	1.90	1.75
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.49	13.25	13.35	10.02	10.09
HUMEDAD %	%	33.28	33.36	33.63	18.96	17.34
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 33.00 **LIMITE PLASTICO** : 18.15

INDICE PLASTICO : 14.85

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FICP - CARRERA INGENIERIA CIVIL

 Mr. Arnaldo Yana Torres
 103267

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICOTA 02 - CON 12% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.97
SUELO SECO + TARRO	gr	82.47
PESO DEL TARRO	gr	23.89
PESO DEL AGUA	gr	9.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.58
HUMEDAD %	%	16.22

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°	ANIL	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.78	38.62	38.57	19.61	19.72
SUELO SECO + TARRO	gr	34.36	34.17	34.28	17.95	17.82
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	4.42	4.45	4.29	1.66	1.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.36	13.17	13.28	9.94	9.81
HUMEDAD %	%	33.08	33.79	32.30	16.70	19.37
N° DE GÓLPE		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 32.66 **LIMITE PLASTICO** : 18.03

INDICE PLASTICO : 14.63

$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$
 Donde:
 LL = Limite Liquido
 Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)
 N = Numero de Golpes

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A. JEFATURA
 Ing. Arnaldo Yana Torres
 C.I.F. 103267

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN LUGAR : AVENIDA SACSAYHUAMAN
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03 - CON 12% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D - 2216 - MTC - E 108

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	89.78
SUELO SECO + TARRO	gr	80.59
PESO DEL TARRO	gr	23.75
PESO DEL AGUA	gr	9.19
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.84
HUMEDAD %	%	16.17

LIMITE LIQUIDO - LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	39.89	39.76	39.68	18.67	18.59
SUELO SECO + TARRO	gr	35.27	35.08	34.87	17.00	16.94
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	4.62	4.68	4.81	1.67	1.65
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.27	14.08	13.87	8.99	8.93
HUMEDAD %	%	32.38	33.24	34.68	18.58	18.48
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 32.98 **LIMITE PLASTICO** : 18.53

INDICE PLASTICO : 14.45

$$LL = W_n * (N/25)^{0.121}$$

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL

Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA		
SOLICITANTE	BACHILLER. ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA		
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN		
MUESTRA	CALICATA 1		
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024		

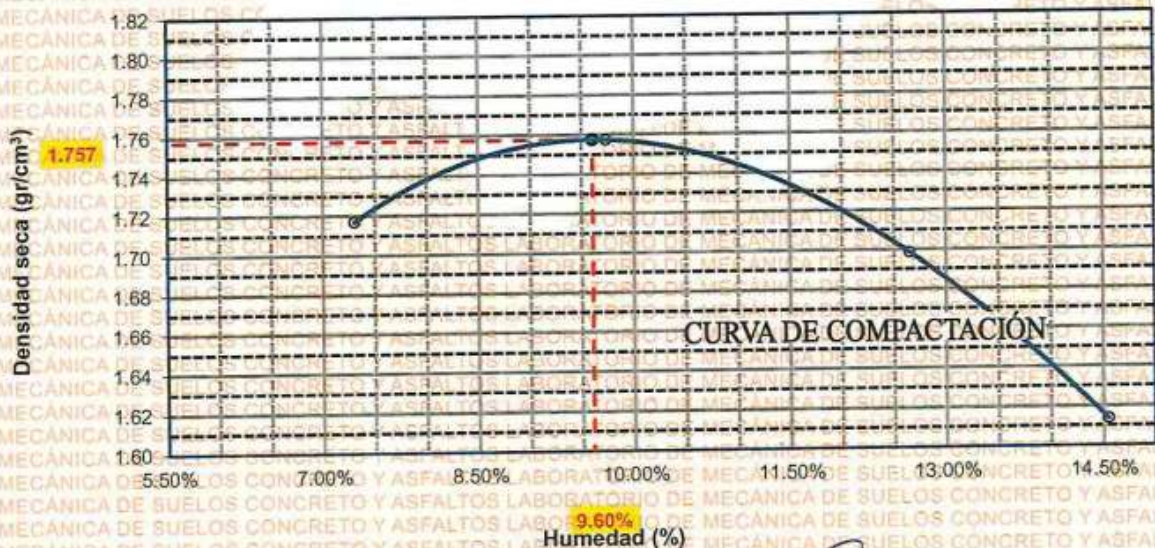
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2136 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9916	10068	10100	9929
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3935	4087	4119	3948
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.842	1.913	1.928	1.848

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	448.44	443.89	493.77	441.78	449.44	444.69	445.87	406.97
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	427.79	412.79	435.46	408.64	424.67	402.41	385.67	375.25
Peso del Agua	gr.	20.65	31.10	58.31	33.14	24.77	42.28	60.20	31.72
Peso de la Capsula	gr.	64.52	64.21	63.32	64.51	66.42	65.56	65.84	66.62
Peso del Suelo Seco	gr.	363.27	348.58	372.14	344.13	358.25	336.85	319.83	308.63
% de Humedad	%	5.68%	8.92%	15.67%	9.63%	6.91%	12.55%	18.82%	10.28%
Promedio de Humedad	%	7.30%		12.65%		9.73%		14.55%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.717		1.699		1.757		1.614	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.757 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	9.60%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Petr. Arnaldo Yana Torres
 E.I.P. 173257

BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	CALICATA 1
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12691	12627	12787	12693	12835	12799
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3704	3640	4021	3927	4302	4266
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.760	1.729	1.913	1.868	2.052	2.035

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	287.68	280.95	267.78	296.89	287.63	271.45	259.66	262.89	271.76
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	251.57	252.34	235.68	261.34	256.89	240.07	229.61	236.68	240.74
Peso del Agua	gr.	36.11	28.61	32.10	35.55	30.74	31.38	30.05	26.21	31.02
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.66	23.45	38.08	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	212.42	212.68	212.23	223.26	217.73	216.86	189.08	197.31	217.57
% de Humedad	%	17.00%	13.45%	15.13%	15.92%	14.12%	14.47%	15.89%	13.28%	14.26%
Promedio de Humedad	%	15.23%	15.13%	15.02%	14.47%	14.47%	14.47%	14.59%	14.26%	14.26%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.527	1.502	1.663	1.632	1.632	1.632	1.791	1.781	1.781

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.01	0.00	0.00	0.07	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.05	0.00	0.01	0.09	0.00	0.02	0.16	0.00	0.03
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.07	0.00	0.02	0.10	0.00	0.02	0.18	0.00	0.04
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.09	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.20	0.01	0.04

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I					
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.		
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00					0.0	0.00	0.00				
0.63	00:30		1.4	31.1	0.9					4.3	43	2.2				
1.27	01:00		3.5	40.0	2.0					8.9	63	3.2				
1.91	01:30		5.9	50.2	2.5					13.8	84	4.2				
2.54	02:00	70.31	8.7	62.1	3.1					18.6	104	5.3				
3.81	03:00		9.9	67.0	3.4					17.6	100	5.1				
5.09	04:00	105.00	10.6	70.0	3.5					20.7	113	5.7				
6.35	05:00		12.6	78.4	4.0					21.3	116	5.8				
7.62	06:00		13.6	82.8	4.2					22.6	121	6.1				
8.84	07:00		14.6	86.9	4.4					24.7	130	6.6				
10.16	08:00		15.9	92.6	4.7					26.6	138	7.0				



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP/INGENIERIA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 103257

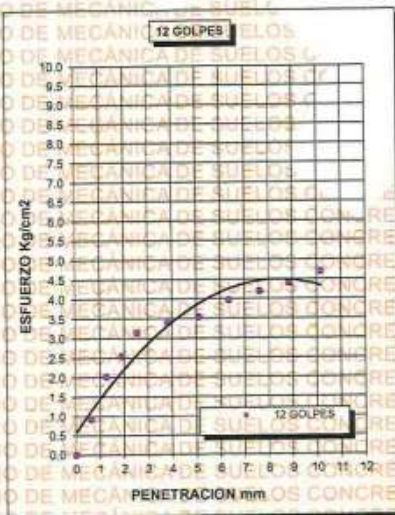
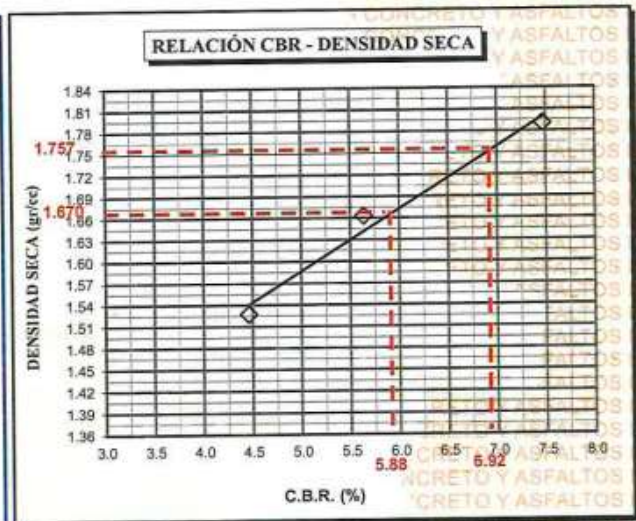
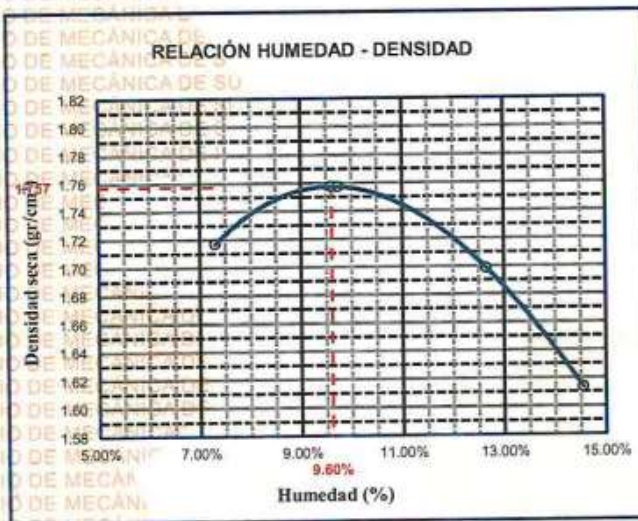
BIE: B006-00288634



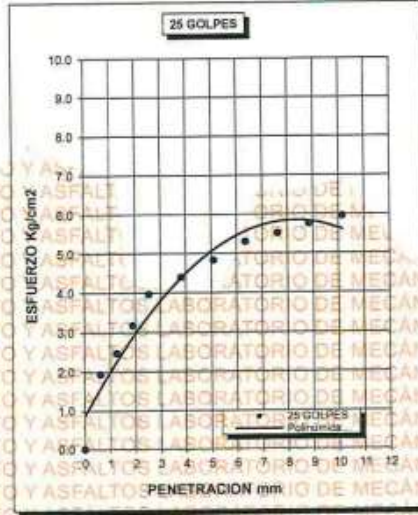
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



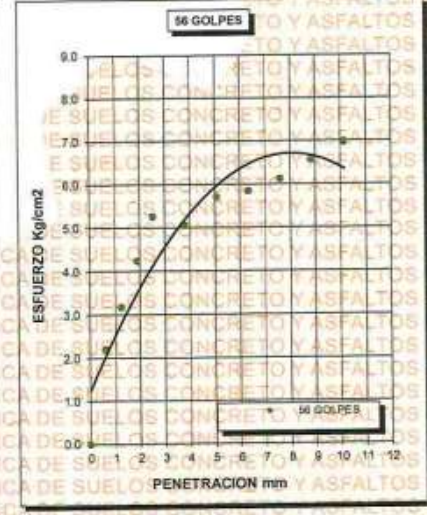
PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.757
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.60%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 01	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.92
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.88
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 4.46



CBR 5.64



CBR 7.47

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 2
FECHA	: 2 DE ABRIL DEL 2024

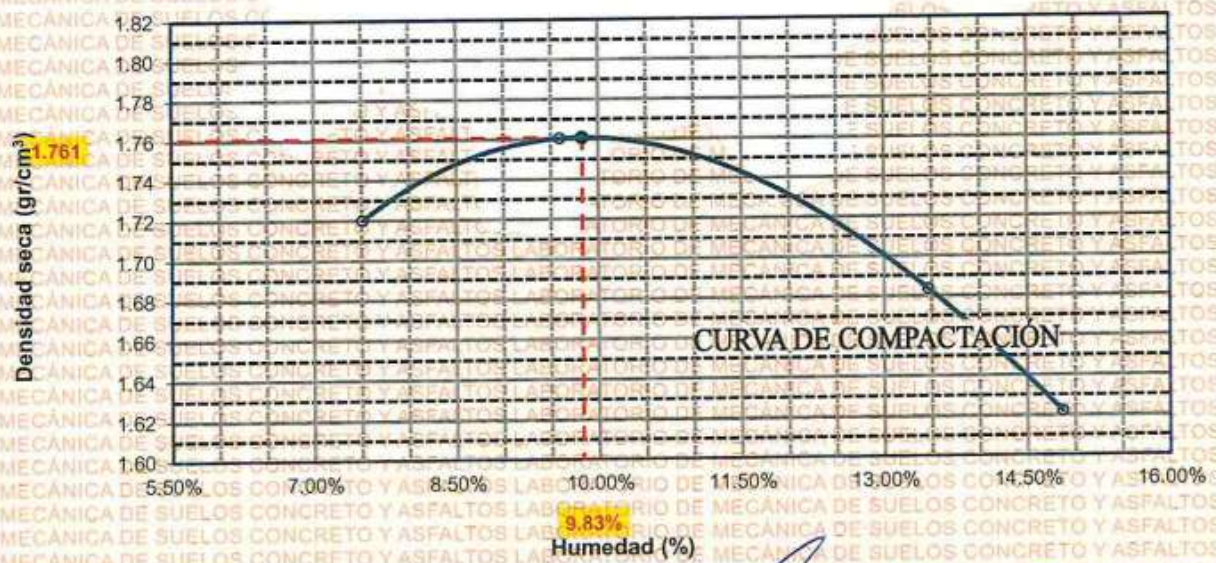
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9931	10061	10102	9961
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	3950	4080	4121	3980
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.849	1.910	1.929	1.863

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	450.69	445.78	495.62	443.49	451.63	445.37	447.29	408.57
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	429.68	413.45	434.39	407.71	426.87	403.67	386.28	375.39
Peso del Agua	gr.	21.01	32.33	61.23	35.78	24.76	41.70	61.01	33.18
Peso de la Capsula	gr.	64.22	64.71	63.46	64.38	66.29	65.18	65.26	66.34
Peso del Suelo Seco	gr.	365.46	348.74	370.93	343.33	360.58	338.49	321.02	309.05
% de Humedad	%	5.75%	9.27%	16.51%	10.42%	6.87%	12.32%	19.01%	10.74%
Promedio de Humedad	%	7.51%		13.46%		9.59%		14.87%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.720		1.683		1.760		1.622	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.761 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.83%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

Alc. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	CALICATA 2
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024

CALICATA 2

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12701	12632	12791	12695	12839	12803
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3714	3645	4025	3929	4306	4270
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.765	1.732	1.915	1.869	2.054	2.037

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T		
Suelo Humedo + Capsula	gr.	289.79	282.85	269.38	299.64	289.58	275.37	261.29	265.46	274.58		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	253.63	255.21	237.19	263.24	259.36	242.16	231.54	238.37	242.46		
Peso del Agua	gr.	36.16	27.64	32.19	36.40	30.22	33.21	29.75	27.09	32.12		
Peso de la Capsula	gr.	39.19	39.56	23.39	38.12	39.24	23.34	40.62	39.24	23.37		
Peso del Suelo Seco	gr.	214.44	215.65	213.80	225.12	220.12	218.82	190.92	199.13	219.09		
% de Humedad	%	16.86%	12.82%	15.06%	16.17%	13.73%	15.18%	15.58%	13.60%	14.66%		
Promedio de Humedad	%	14.84%			15.06%			14.95%			15.18%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.537			1.505			1.666			1.623	
		1.792			1.776							

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.01	0.00	0.00	0.08	0.00	0.02	0.13	0.00	0.03
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.03	0.00	0.01	0.10	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.06	0.00	0.01	0.12	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03
22/09/2023	08:25 a.m.	96:00:00	0.09	0.00	0.02	0.13	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		1.6	31.9	0.9	3.6	40	2.0	4.6	45	2.3	9.0	63	3.2
1.27	01:00		3.4	39.6	2.0	5.8	50	2.5	9.0	63	3.2	13.7	83	4.2
1.91	01:30		6.0	50.6	2.6	9.0	63	3.2	13.7	83	4.2	19.3	107	5.4
2.54	02:00	70.31	8.9	62.9	3.2	12.9	80	4.0	18.2	102	5.2	22.7	121	6.1
3.81	03:00		9.7	66.3	3.4	14.8	88	4.4	21.9	118	6.0	24.9	131	6.6
5.09	04:00	105.00	10.7	70.7	3.6	16.7	96	4.9	22.7	121	6.1	27.0	140	7.1
6.35	05:00		12.9	79.8	4.0	18.9	105	5.3	24.9	131	6.6	29.9	150	7.7
7.62	06:00		13.7	83.5	4.2	20.1	111	5.6	27.0	140	7.1	31.9	160	8.3
8.84	07:00		14.9	88.2	4.5	21.7	117	5.9	29.9	150	7.7	33.9	170	8.9
10.16	08:00		15.9	92.8	4.7	22.6	121	6.1	31.9	160	8.3	35.9	180	9.5

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

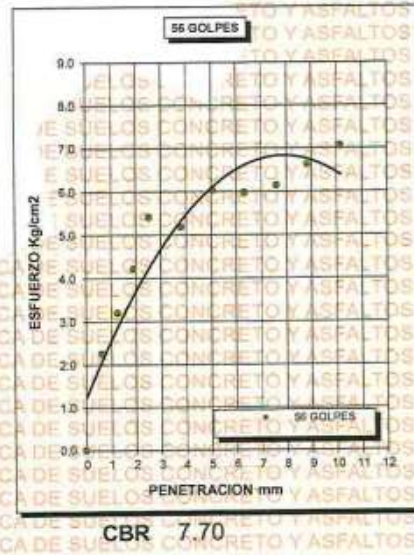
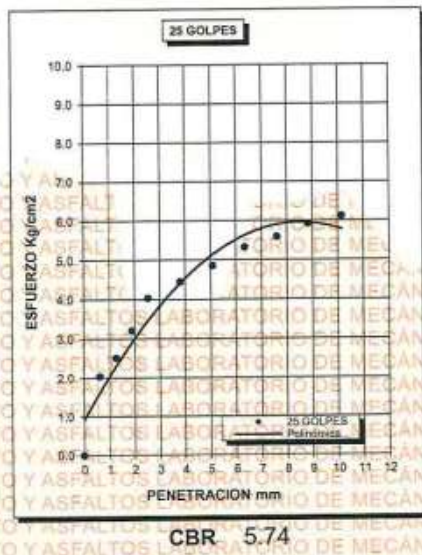
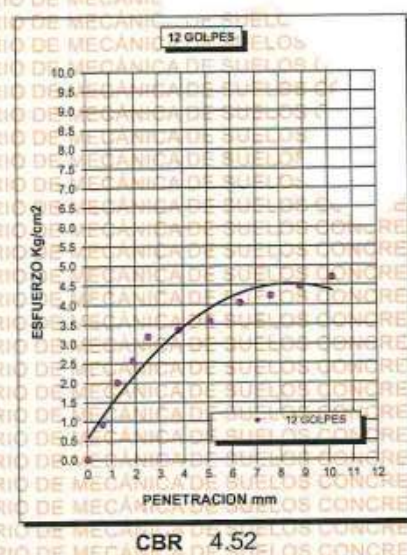
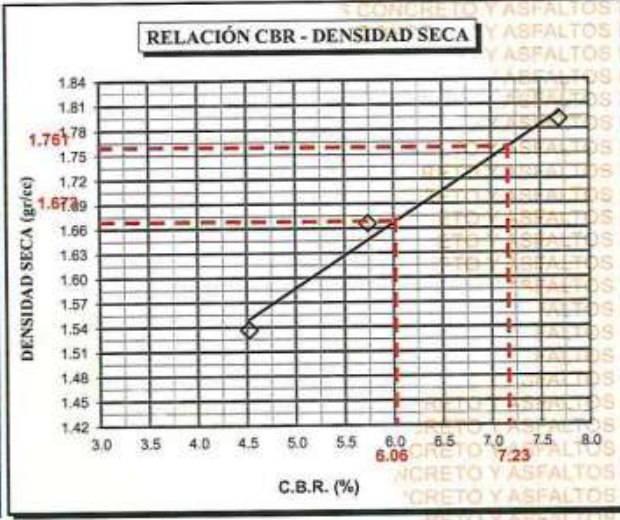
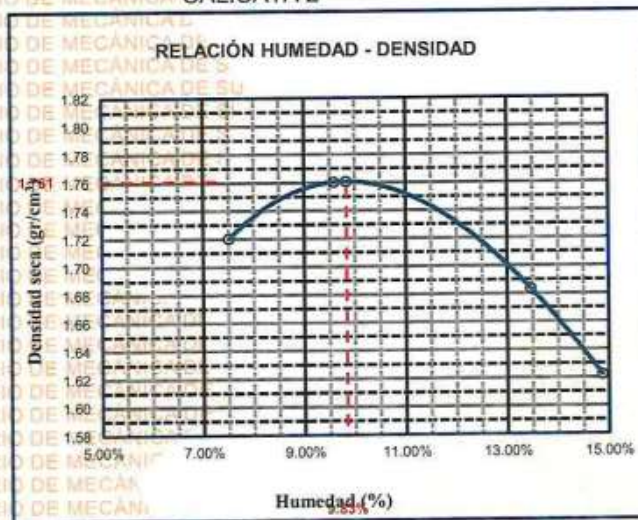
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.) 1.761
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.83%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 02	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 7.23
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.06
	CALICATA 2	AASHTO :
		EMBEBIDO :



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CALIFICACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 C.I. 103257

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 3
FECHA	: 2 DE ABRIL DEL 2024

CALICATA 3

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12729	12646	12799	12703	12841	12809
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3742	3659	4033	3937	4308	4276
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.778	1.738	1.919	1.873	2.055	2.040

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	282.34	280.16	265.27	293.43	282.37	270.29	259.18	260.27	270.34
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	249.54	250.29	232.16	260.37	253.16	239.09	227.07	230.10	235.20
Peso del Agua	gr.	32.80	29.87	33.11	33.06	29.21	31.20	32.11	30.17	35.14
Peso de la Capsula	gr.	39.06	39.11	23.20	38.23	39.30	23.50	40.26	39.33	23.44
Peso del Suelo Seco	gr.	210.48	211.18	208.96	222.14	213.86	215.59	186.81	190.77	211.76
% de Humedad	%	15.58%	14.14%	15.85%	14.88%	13.66%	14.47%	17.19%	15.81%	16.59%
Promedio de Humedad	%	14.86%	15.85%	14.27%	14.47%	16.50%	16.59%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.548	1.501	1.679	1.636	1.764	1.749			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.03	0.00	0.01	0.06	0.00	0.01	0.12	0.00	0.03
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.05	0.00	0.01	0.09	0.00	0.02	0.15	0.00	0.03
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.07	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.09	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.19	0.00	0.04

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		1.4	31.1	0.9	4.2	43	2.2	0.8	4.9	46	2.3	0.8	
1.27	01:00		3.1	38.3	1.9	6.0	51	2.6	1.2	9.5	65	3.3	1.2	
1.91	01:30		6.2	51.4	2.6	9.5	65	3.3	1.8	13.9	84	4.3	1.8	
2.54	02:00	70.31	8.1	59.5	3.0	13.0	80	4.1	2.5	19.8	109	5.5	2.5	
3.81	03:00		9.2	64.2	3.2	15.0	89	4.5	3.5	18.9	105	5.3	3.5	
5.09	04:00	105.00	10.2	68.4	3.5	17.0	97	4.9	4.5	22.8	122	6.2	4.5	
6.35	05:00		12.3	77.3	3.9	19.0	106	5.3	5.5	21.9	118	6.0	5.5	
7.62	06:00		13.6	82.9	4.2	20.5	112	5.7	6.5	23.0	123	6.2	6.5	
8.84	07:00		14.2	85.4	4.3	21.9	118	6.0	7.5	25.0	131	6.6	7.5	
10.16	08:00		15.4	90.5	4.6	22.9	122	6.2	8.5	27.0	140	7.1	8.5	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mg. Arnelio Yana Torres
 CIP 103257

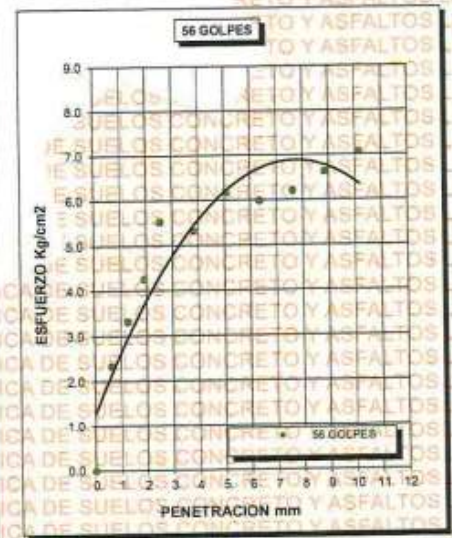
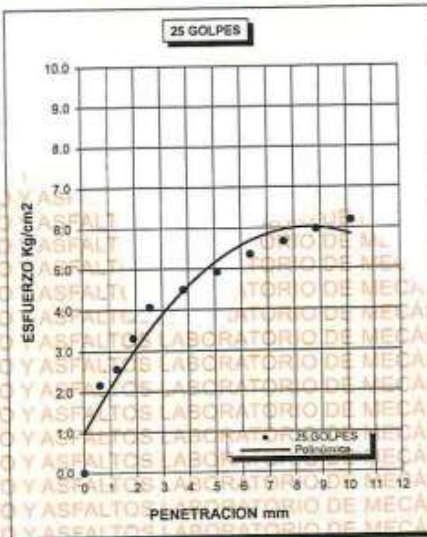
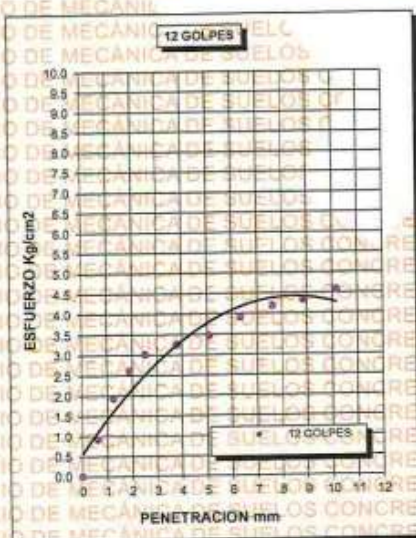
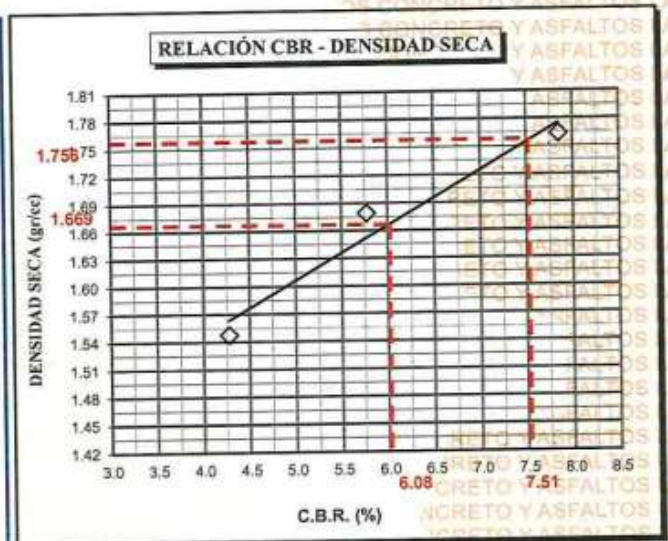
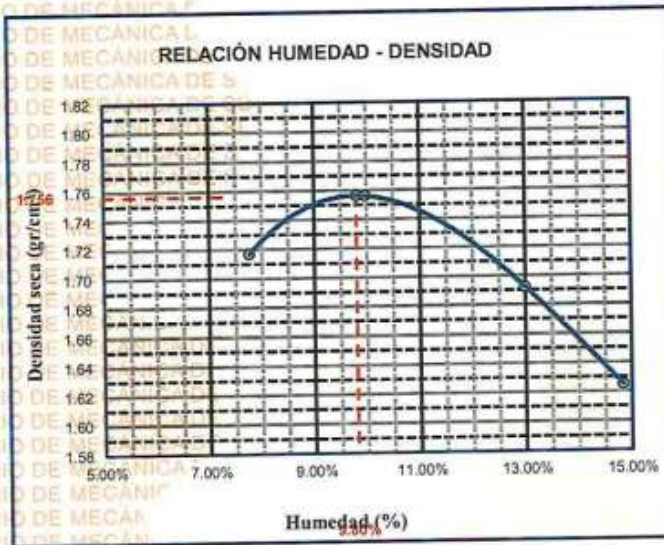
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER -ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.756
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.80%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 03	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.51
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.08
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mtr. Arnaldo Yana Torres
 03257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA		
SOLICITANTE	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA		
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN		
MUESTRA	CALICATA 1 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO		
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024		

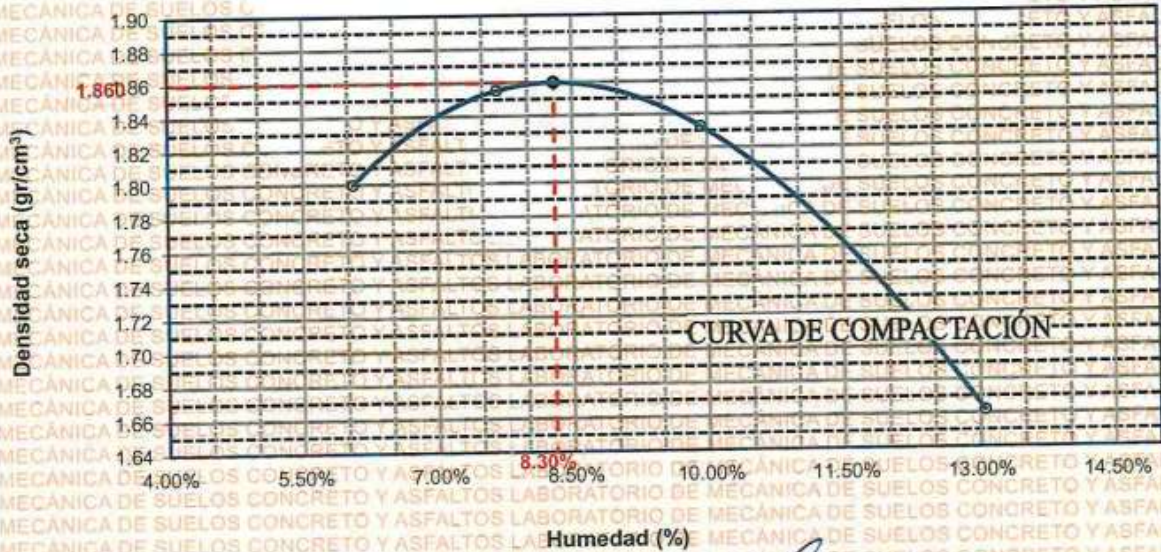
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2136 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10058	10247	10284	9994
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4077	4266	4303	4013
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.909	1.997	2.015	1.879

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	437.32	420.21	453.16	431.11	445.21	425.33	423.09	399.17
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	411.45	404.26	426.86	403.52	412.38	391.46	371.92	370.61
Peso del Agua	gr.	25.87	15.95	26.30	27.59	32.83	33.87	51.17	28.56
Peso de la Capsula	gr.	63.56	63.32	61.09	64.22	66.17	65.27	65.85	66.34
Peso del Suelo Seco	gr.	347.89	340.94	365.77	339.30	346.21	326.19	306.07	304.27
% de Humedad	%	7.44%	4.68%	7.19%	8.13%	9.48%	10.38%	16.72%	9.39%
Promedio de Humedad	%	6.06%		7.66%		9.93%		13.05%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.800		1.855		1.832		1.662	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.860 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	8.30%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CARR. INGENIERÍA CIVIL

Mtro. Arnulfo Yana Torres

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 1 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

CALICATA 1 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

MOLDE No	III		II		I	
	5	12	5	25	5	56
No DE CAPAS	12		25		56	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

	gr.	12841	12836	12980	12970	13149	13075
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Molde	gr.	3854	3849	4214	4204	4616	4542
Peso del Suelo Humedo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Volumen del Suelo	gr/cc.	1.831	1.829	2.005	2.000	2.202	2.166
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	445.64	433.46	342.89	431.97	435.83	315.91	431.97	413.83	291.94
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	385.89	381.93	299.90	378.87	379.80	278.69	390.79	359.81	259.89
Peso del Agua	gr.	59.75	51.53	42.99	53.10	56.03	37.22	41.18	54.02	32.05
Peso de la Capsula	gr.	39.89	39.79	23.82	38.99	39.86	23.85	40.87	39.96	23.93
Peso del Suelo Seco	gr.	346.00	342.14	276.08	339.88	339.94	254.84	349.92	319.85	235.96
% de Humedad	%	17.27%	15.06%	15.57%	15.62%	16.48%	14.61%	11.77%	16.89%	13.58%
Promedio de Humedad	%	16.16%		15.57%	16.05%		14.61%	14.33%		13.58%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.576		1.582	1.728		1.745	1.926		1.907

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.07	0.00	0.02	0.50	0.01	0.11	1.00	0.03	0.22
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.09	0.00	0.02	0.90	0.02	0.20	1.20	0.03	0.26
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.20	0.01	0.04	1.00	0.03	0.22	1.50	0.04	0.33
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.70	0.02	0.15	1.20	0.03	0.26	1.80	0.05	0.39

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.5	52.7	0.9		10.9	71	3.6		16.2	94	4.8	
1.27	01:00		10.5	69.7	3.5		14.2	86	4.3		20.6	112	5.7	
1.91	01:30		13.5	82.2	4.2		18.6	104	5.3		25.9	135	6.8	
2.54	02:00	70.31	17.7	100.2	5.1		22.9	122	6.2		29.3	150	7.6	
3.81	03:00		18.5	103.5	5.2		23.8	126	6.4		30.6	155	7.8	
5.09	04:00	105.00	21.9	118.0	6.0		25.6	134	6.8		31.3	158	8.0	
6.35	05:00		22.6	120.9	6.1		26.3	137	6.9		32.6	163	8.3	
7.62	06:00		23.9	126.4	6.4		27.6	142	7.2		33.6	168	8.5	
8.84	07:00		24.3	128.4	6.5		28.3	147	7.4		34.6	172	8.7	
10.16	08:00		25.9	135.0	6.8		29.9	152	7.7		35.5	176	8.9	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257

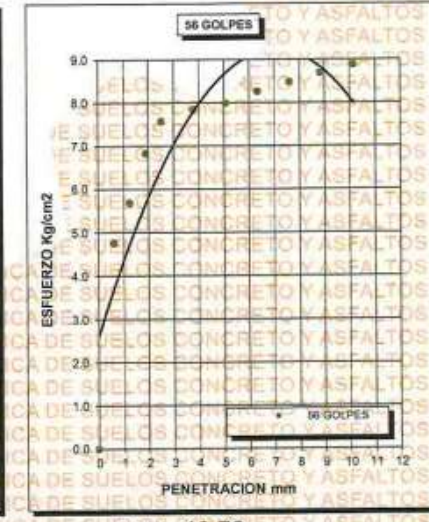
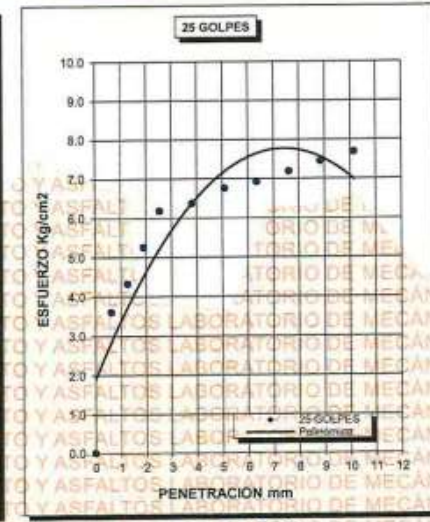
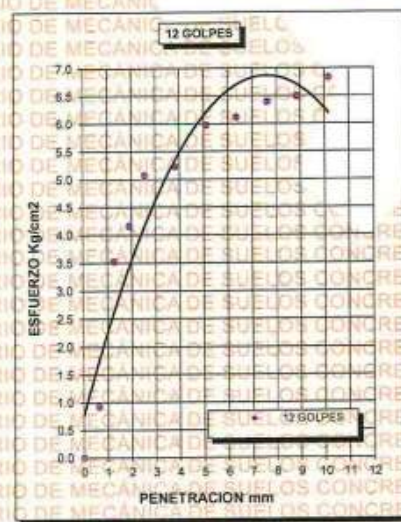
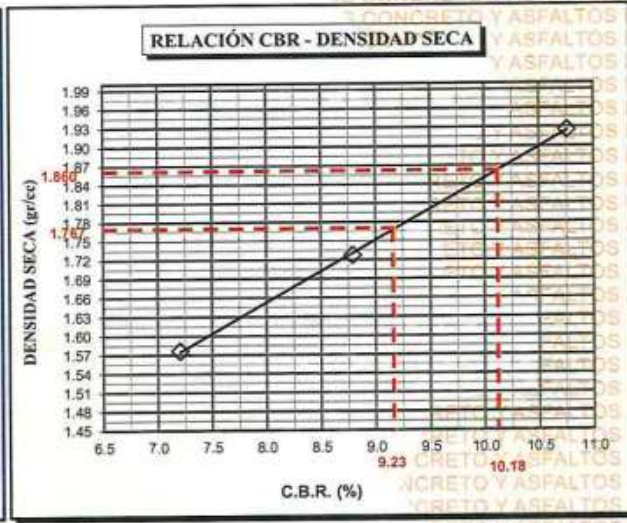
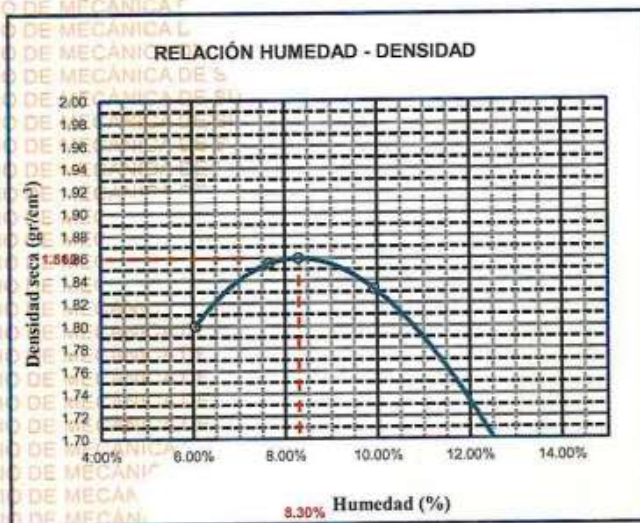
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFEECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.860
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.30%
MUESTRA :	CALICATA 01 - CON 6% CCP	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.18
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.23
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



(Firma manuscrita)

Mgtr. Arnuldo Yana Torres
FICP CAP. INGENIERIA CIVIL
C.I. 103257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 2 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO
FECHA	: 2 DE ABRIL DEL 2024

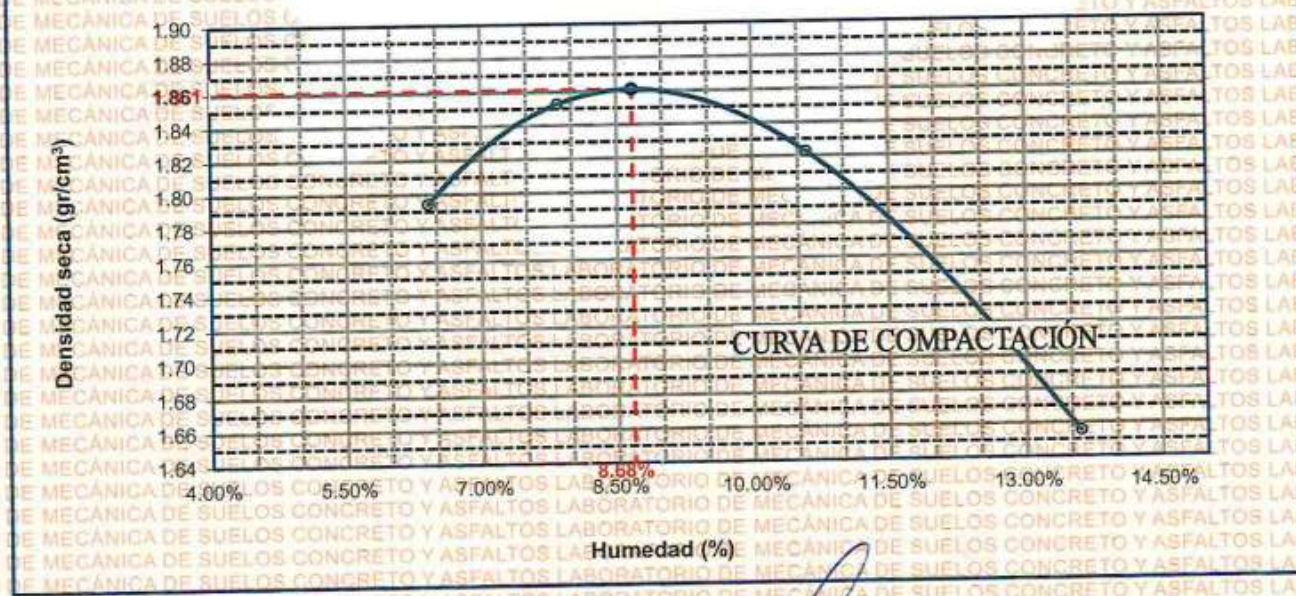
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10059	10249	10287	9998
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4078	4268	4306	4017
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.909	1.998	2.016	1.881

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	438.53	421.52	453.39	431.88	447.45	427.62	424.71	400.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	411.23	404.54	426.62	403.47	412.38	391.54	371.82	370.17
Peso del Agua	gr.	27.30	16.98	26.77	28.41	35.07	36.08	52.89	30.11
Peso de la Capsula	gr.	63.11	63.44	61.13	64.27	66.12	65.31	65.67	66.71
Peso del Suelo Seco	gr.	348.12	341.10	365.49	339.20	346.26	326.23	306.15	303.46
% de Humedad	%	7.84%	4.98%	7.32%	8.38%	10.13%	11.06%	17.28%	9.92%
Promedio de Humedad	%	6.41%		7.85%		10.59%		13.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.794		1.853		1.823		1.655	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.861 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.68%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Msc. Arnoldo Yana Torres
 C.I. 103257

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA				
SOLICITANTE	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA				
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN				
MUESTRA	CALICATA 2 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO				
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024				

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12844	12832	12983	12974	13131	13072
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3857	3845	4217	4208	4598	4539
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.832	1.827	2.006	2.002	2.193	2.165

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	447.56	437.36	345.67	433.54	437.87	318.23	434.21	417.84	296.42
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	388.23	386.41	301.84	380.23	380.26	280.35	392.87	360.23	260.27
Peso del Agua	gr.	59.33	50.95	43.83	53.31	57.61	37.88	41.34	57.61	36.15
Peso de la Capsula	gr.	39.26	39.44	23.57	38.37	39.62	23.51	40.41	39.54	23.27
Peso del Suelo Seco	gr.	348.97	346.97	278.27	341.86	340.64	256.84	352.46	320.69	237.00
% de Humedad	%	17.00%	14.68%	15.75%	15.59%	16.91%	14.75%	11.73%	17.96%	15.25%
Promedio de Humedad	%	15.84%		15.75%	16.25%		14.75%	14.85%		15.25%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.582		1.578	1.726		1.745	1.910		1.879

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.07	0.00	0.02	0.17	0.00	0.04	0.90	0.02	0.20
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.09	0.00	0.02	0.20	0.01	0.04	1.00	0.03	0.22
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.10	0.00	0.02	0.40	0.01	0.09	1.20	0.03	0.26
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.17	0.00	0.04	0.90	0.02	0.20	1.50	0.04	0.33

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.7	53.6	0.9		11.1	72	3.7		17.0	97	4.9	
1.27	01:00		11.0	71.8	3.6		15.2	90	4.5		20.9	114	5.8	
1.91	01:30		13.9	84.1	4.3		19.2	107	5.4		26.1	136	6.9	
2.54	02:00	70.31	18.1	102.0	5.2		23.1	123	6.2		30.1	153	7.7	
3.81	03:00		19.0	105.6	5.3		24.1	128	6.4		31.5	159	8.0	
5.09	04:00	105.00	20.2	111.0	5.6		26.5	138	7.0		32.5	163	8.2	
6.35	05:00		21.5	116.3	5.9		27.1	140	7.1		33.3	166	8.4	
7.62	06:00		22.7	121.4	6.1		28.2	145	7.3		34.7	172	8.7	
8.84	07:00		23.5	125.0	6.3		29.4	150	7.6		35.2	175	8.8	
10.16	08:00		24.9	130.7	6.6		30.1	153	7.7		36.8	181	9.2	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Iano Torres
CIP 103257

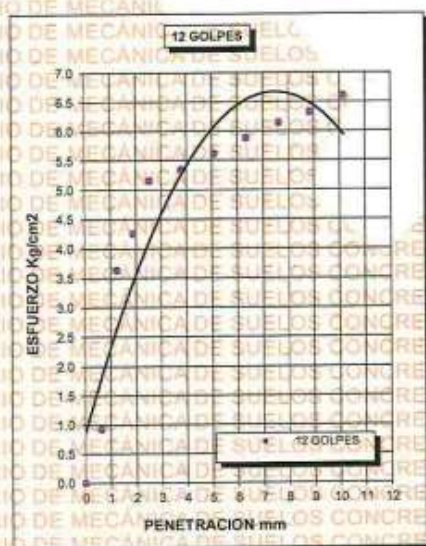
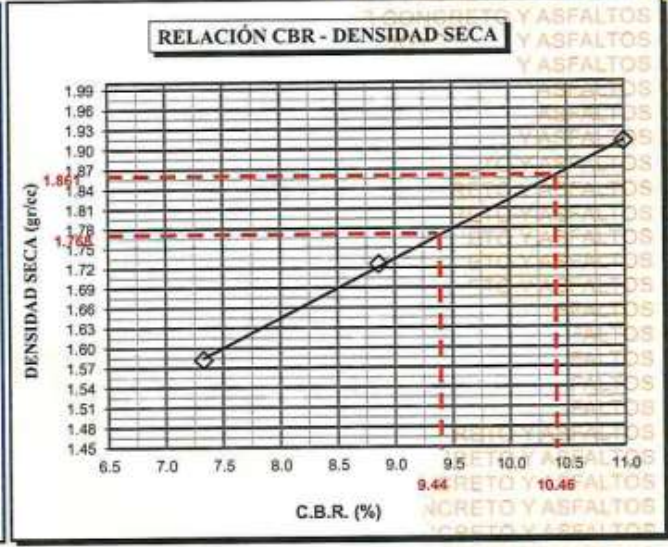
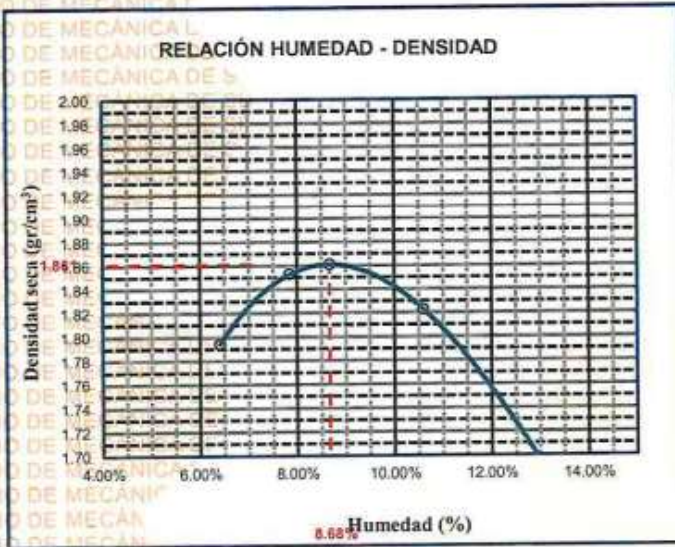
BIE: B006-00288634



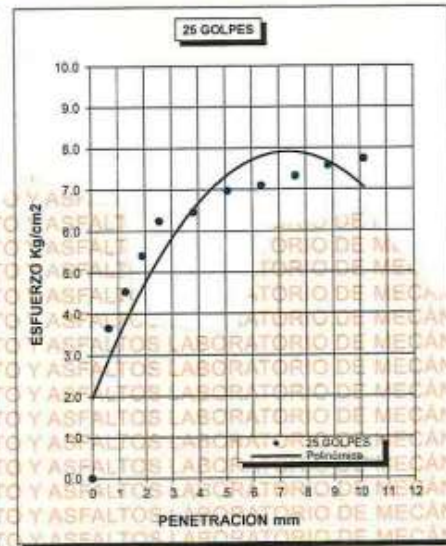
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



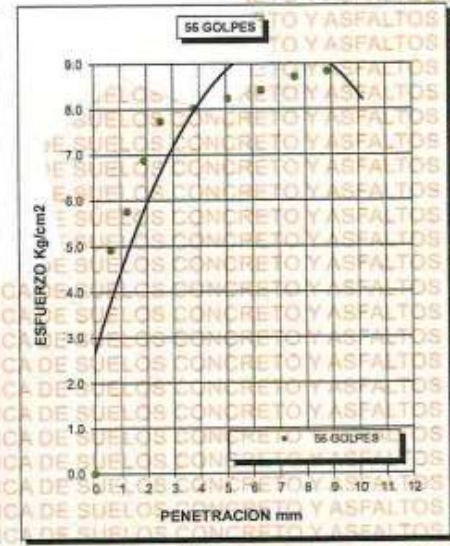
PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.861
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.68%
MUESTRA :	CALICATA 2- 6% CCP	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.46
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.44
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



CBR 7.33



CBR 8.86



CBR 11.00



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C. JEFEATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.P. 403257

DIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

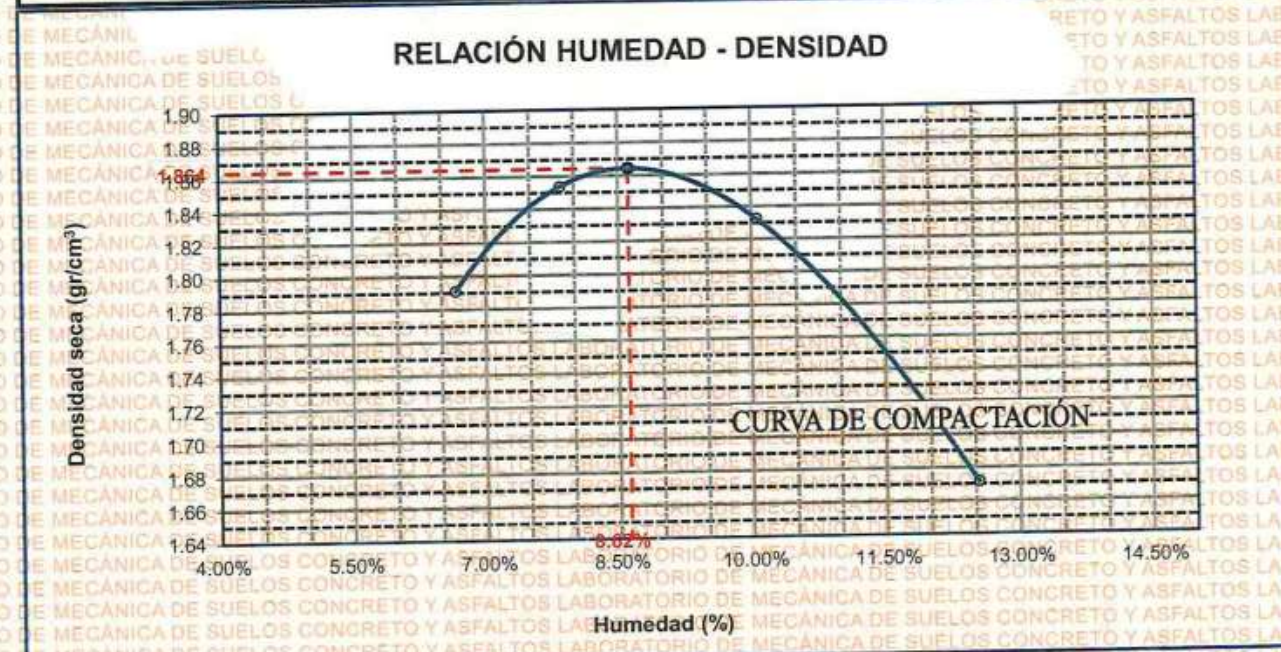
TESIS	: EFECTO DE LA GENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 3 - CON 6% DE GENIZA DE CORTEZA DE PLATANO
FECHA	: 2 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10061	10251	10289	9999
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4080	4270	4308	4018
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.910	1.999	2.017	1.881

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	440.64	423.85	453.74	432.84	448.97	426.82	423.83	399.92
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	412.47	405.87	427.72	403.68	413.83	393.92	373.73	372.92
Peso del Agua	gr.	28.17	17.98	26.02	29.16	35.14	32.90	50.10	27.00
Peso de la Capsula	gr.	63.52	63.23	61.27	64.34	66.36	65.29	65.57	66.61
Peso del Suelo Seco	gr.	348.95	342.64	366.45	339.34	347.47	328.63	308.16	306.31
% de Humedad	%	8.07%	5.25%	7.10%	8.59%	10.11%	10.01%	16.26%	8.81%
Promedio de Humedad	%	6.66%		7.85%		10.06%		12.54%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.791		1.854		1.832		1.672	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.864 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.62%



Mgtr. Arnoldo Yana Torres
 109257

BE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 3 - CON 6% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II			I
No DE CAPAS	5	5			5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25			56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12846	12837	12985	12977	13135	13076
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3859	3850	4219	4211	4602	4543
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.833	1.829	2.007	2.003	2.195	2.167

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	449.33	439.68	348.95	435.75	439.82	320.67	438.53	419.64	298.57
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	390.34	389.52	304.71	383.45	384.62	283.75	395.84	384.62	263.67
Peso del Agua	gr.	58.99	50.16	44.24	52.30	55.20	36.92	42.69	55.02	34.90
Peso de la Capsula	gr.	39.57	39.68	23.71	38.57	39.44	23.69	39.87	40.12	23.89
Peso del Suelo Seco	gr.	350.77	349.84	281.00	344.88	345.18	260.06	355.97	324.50	239.78
% de Humedad	%	16.82%	14.34%	15.74%	15.16%	15.99%	14.20%	11.99%	16.96%	14.56%
Promedio de Humedad	%	15.58%		15.74%	15.58%		14.20%	14.47%		14.56%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.586		1.580	1.737		1.754	1.918		1.892

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.07	0.00	0.02	0.17	0.00	0.04	0.90	0.02	0.20
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.09	0.00	0.02	0.20	0.01	0.04	1.00	0.03	0.22
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.10	0.00	0.02	0.40	0.01	0.09	1.20	0.03	0.26
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	0.17	0.00	0.04	0.90	0.02	0.20	1.50	0.04	0.33

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.7	53.6	0.9	11.1	72	3.7		17.5	99	5.0		
1.27	01:00		11.0	71.8	3.6	16.0	93	4.7		21.3	116	5.8		
1.91	01:30		13.9	84.1	4.3	20.0	110	5.6		26.2	136	6.9		
2.54	02:00	70.31	19.9	109.5	5.5	24.0	127	6.4		32.9	165	8.3		
3.81	03:00		19.9	109.5	5.5	24.8	130	6.6		32.0	161	8.1		
5.09	04:00	105.00	20.7	112.9	5.7	26.9	139	7.0		33.2	166	8.4		
6.35	05:00		21.9	118.0	6.0	27.9	144	7.3		34.6	172	8.7		
7.62	06:00		23.0	122.6	6.2	29.0	148	7.5		35.1	174	8.8		
8.84	07:00		23.9	126.5	6.4	30.0	152	7.7		36.5	180	9.1		
10.16	08:00		25.0	131.1	6.6	31.1	157	7.9		39.9	194	9.6		

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 P.O. BOX 103257
 Mgr. Arnoldo Iana Torres
 LABORATORIO M.S.C.I.

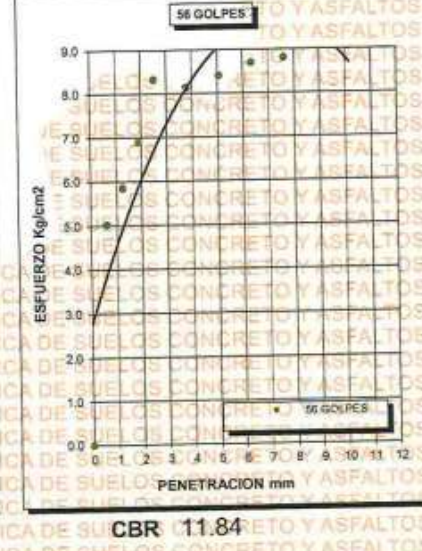
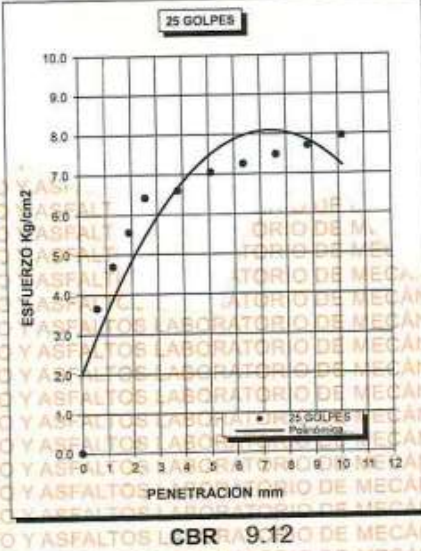
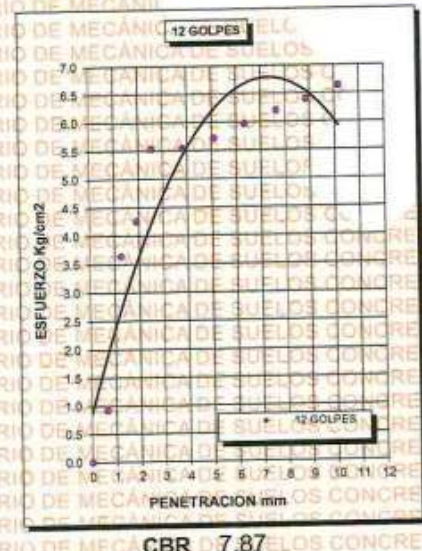
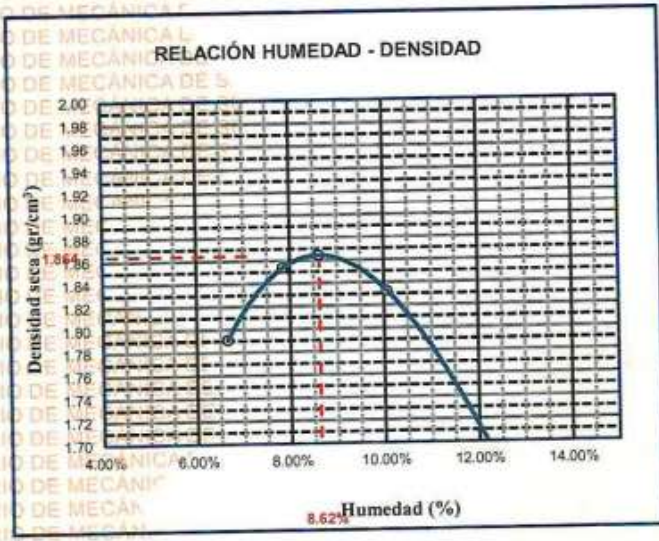
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.864
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.62%
MUESTRA :	CALICATA 3- 6% CCP	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.98
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.96
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



LABORATORIO M.S.C. UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 03257

B/E: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 1 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO
FECHA	: 2 DE ABRIL DEL 2024

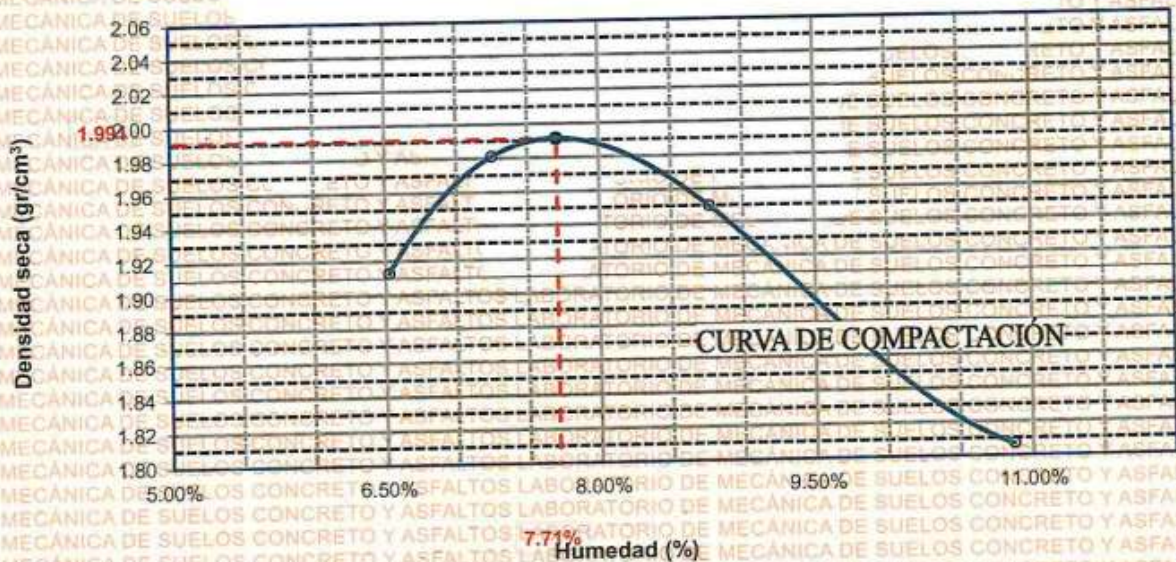
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10333	10519	10511	10260
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4352	4538	4530	4279
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.037	2.125	2.121	2.003

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	432.32	418.54	442.38	431.29	433.17	435.52	415.49	409.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	409.32	397.19	426.58	397.34	410.81	398.64	384.67	372.52
Peso del Agua	gr.	23.00	21.35	15.80	33.95	22.36	36.88	30.82	37.10
Peso de la Capsula	gr.	63.87	63.11	62.36	63.37	65.78	64.95	65.68	65.52
Peso del Suelo Seco	gr.	345.45	334.08	364.22	333.97	345.03	333.69	318.99	307.00
% de Humedad	%	6.66%	6.39%	4.34%	10.17%	6.48%	11.05%	9.66%	12.08%
Promedio de Humedad	%	6.52%		7.25%		8.77%		10.87%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.913		1.981		1.950		1.807	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.991 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 7.71%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO U.S.C. JULIACA
JEFATURA
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
03257

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 1 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II		
No DE CAPAS	5	5	5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13148	13150	13269	13280	13520	13598
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	4161	4163	4503	4514	4987	5065
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.977	1.978	2.142	2.148	2.379	2.416

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	430.87	432.67	312.38	431.66	430.69	300.75	400.86	390.93	230.87
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	370.62	383.47	273.61	374.66	379.46	264.23	350.83	347.48	204.52
Peso del Agua	gr.	60.05	49.20	38.77	57.00	51.23	36.52	50.03	43.45	26.35
Peso de la Capsula	gr.	39.11	39.13	23.04	38.12	39.28	23.64	40.46	39.54	23.32
Peso del Suelo Seco	gr.	331.51	344.34	250.57	336.54	340.18	240.59	310.37	307.94	181.20
% de Humedad	%	18.11%	14.29%	15.47%	16.94%	15.06%	15.18%	16.12%	14.11%	14.54%
Promedio de Humedad	%	16.20%		15.47%	16.00%		15.18%	15.11%		14.54%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.701		1.713	1.847		1.865	2.066		2.109

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.70	0.02	0.15	1.00	0.03	0.22	1.30	0.03	0.28
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.90	0.02	0.20	1.20	0.03	0.26	1.60	0.04	0.35
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	1.10	0.03	0.24	1.50	0.04	0.33	1.90	0.05	0.41
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	1.50	0.04	0.33	1.80	0.05	0.39	2.20	0.06	0.48

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.6	91.2	0.9	19.5	108	5.5	21.3	116	5.8	27.7	143	7.2
1.27	01:00		20.9	113.7	5.7	24.8	130	6.6	27.7	143	7.2	34.7	172	8.7
1.91	01:30		25.5	133.2	6.7	30.0	152	7.7	34.7	172	8.7	44.9	216	10.9
2.54	02:00	70.31	30.6	155.0	7.8	37.7	185	9.4	44.9	216	10.9	46.1	221	11.2
3.81	03:00		32.8	164.5	8.3	39.6	193	9.8	46.1	221	11.2	48.7	232	11.7
5.09	04:00	105.00	33.6	167.6	8.5	40.6	197	10.0	48.7	232	11.7	49.1	234	11.8
6.35	05:00		34.3	170.5	8.6	41.2	200	10.1	49.1	234	11.8	50.5	240	12.1
7.62	06:00		35.5	176.0	8.9	43.6	210	10.6	50.5	240	12.1	51.7	245	12.4
8.84	07:00		36.1	178.4	9.0	44.7	215	10.9	51.7	245	12.4	52.1	246	12.5
10.16	08:00		37.7	185.1	9.4	45.9	220	11.1	52.1	246	12.5			



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. A. Hoidalana Torres

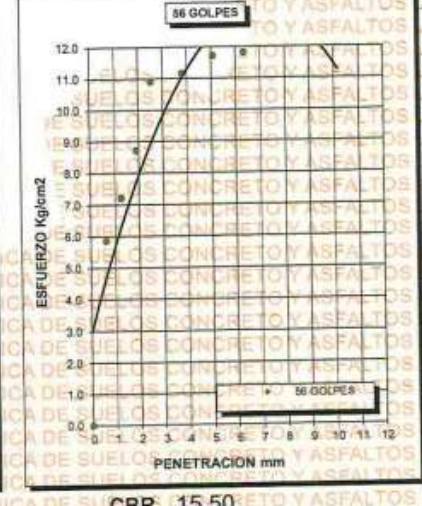
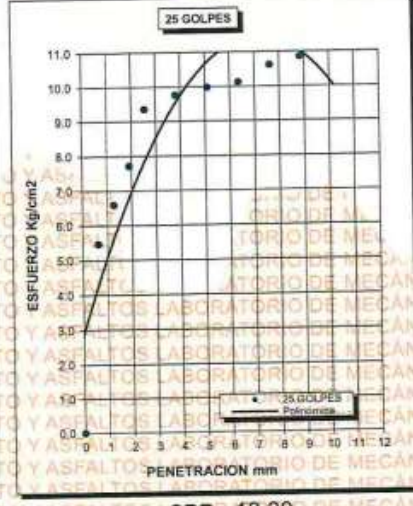
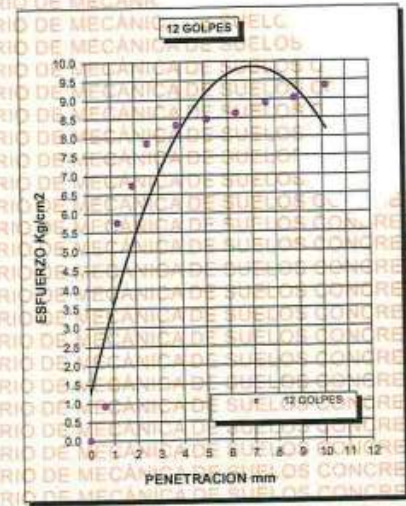
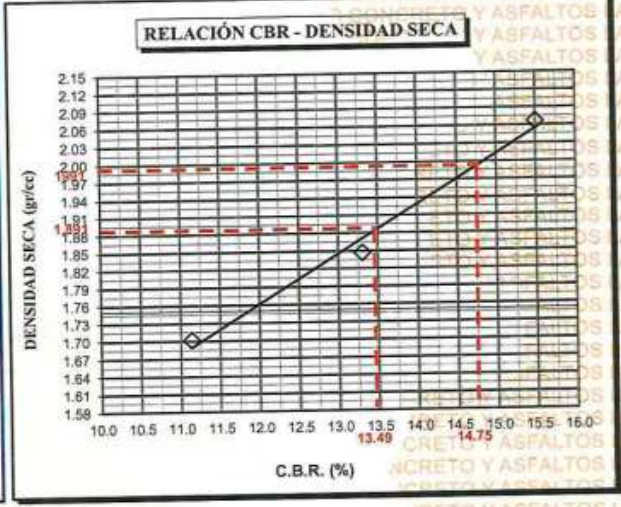
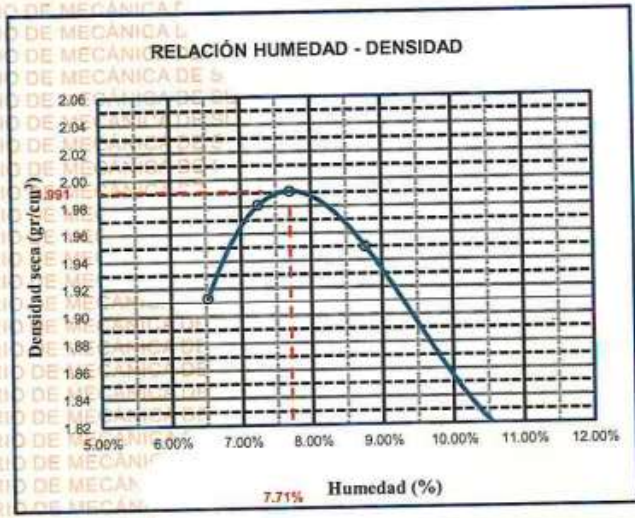
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFEECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.991
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.71%
MUESTRA :	CALICATA 1- 10% CCP	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14.75
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	13.49
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



Ing. Arno Yana Torres
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER. ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 2 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO
FECHA	: 2 DE ABRIL DEL 2024

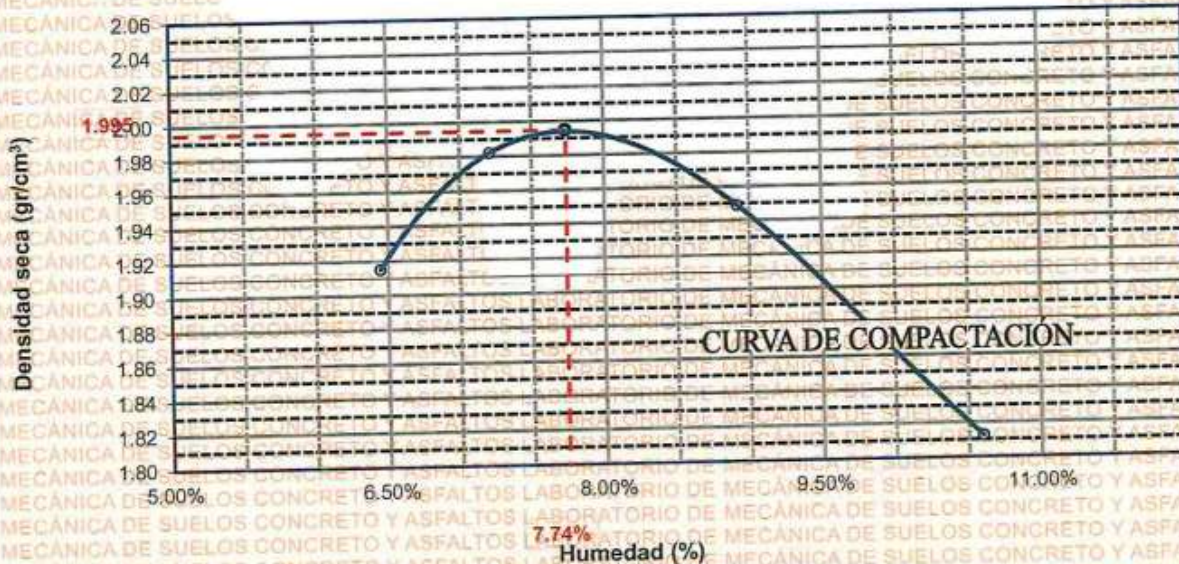
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10335	10520	10515	10263
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4354	4539	4534	4282
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.038	2.125	2.123	2.005

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	431.84	420.82	441.43	432.71	432.82	436.64	414.97	410.34
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	410.53	398.24	427.44	397.38	411.71	397.54	385.26	373.67
Peso del Agua	gr.	21.31	22.58	13.99	35.33	21.11	39.10	29.71	36.67
Peso de la Capsula	gr.	63.88	63.26	62.41	63.67	65.67	64.37	65.46	65.68
Peso del Suelo Seco	gr.	346.65	334.98	365.03	333.71	346.04	333.17	319.80	307.99
% de Humedad	%	6.15%	6.74%	3.83%	10.59%	6.10%	11.74%	9.29%	11.91%
Promedio de Humedad	%	6.44%		7.21%		8.92%		10.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.915		1.982		1.949		1.813	

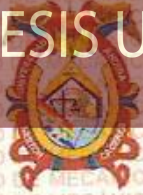
METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.995 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.74%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - F.A.P. INGENIERÍA CIVIL
M.S.C. ARGANDOÑA ENDARA
Erik Dennis Argandoña Endara

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA					
SOLICITANTE	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA					
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN					
MUESTRA	CALICATA 2 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO					
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024					

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13190	13182	13271	13283	13524	13601
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	4203	4195	4505	4517	4991	5068
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.997	1.993	2.143	2.149	2.381	2.417

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	431.69	434.82	312.37	433.54	432.49	301.52	402.63	393.28	232.36
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	371.28	384.19	275.38	376.43	381.51	265.68	352.72	349.49	208.61
Peso del Agua	gr.	60.41	50.63	36.99	57.11	50.98	35.84	49.91	43.79	25.75
Peso de la Capsula	gr.	39.44	39.13	23.68	38.12	39.58	23.71	40.34	39.19	23.22
Peso del Suelo Seco	gr.	331.84	345.06	251.70	338.31	341.93	241.97	312.38	310.30	183.39
% de Humedad	%	18.20%	14.67%	14.70%	16.88%	14.91%	14.81%	15.98%	14.11%	14.04%
Promedio de Humedad	%	16.44%		14.70%	15.90%		14.81%	15.04%		14.04%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.715		1.738	1.849		1.872	2.069		2.120

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.80	0.02	0.17	1.10	0.03	0.24	1.50	0.04	0.33
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	1.00	0.03	0.22	1.30	0.03	0.28	1.70	0.04	0.37
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	1.30	0.03	0.28	1.60	0.04	0.35	1.90	0.05	0.41
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	1.60	0.04	0.35	1.90	0.05	0.41	2.10	0.05	0.46

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.1	89.4	0.9		20.0	110	5.6		25.7	134	6.8	
1.27	01:00		20.4	111.5	5.6		26.7	138	7.0		30.1	153	7.7	
1.91	01:30		25.1	131.7	6.7		32.6	164	8.3		37.9	186	9.4	
2.54	02:00	70.31	31.1	157.1	7.9		38.0	186	9.4		45.9	220	11.1	
3.81	03:00		32.4	162.5	8.2		39.9	194	9.8		47.4	226	11.4	
5.09	04:00	105.00	34.1	170.0	8.6		41.2	200	10.1		49.1	233	11.8	
6.35	05:00		35.0	173.9	8.8		42.4	205	10.4		50.1	238	12.0	
7.62	06:00		36.0	178.1	9.0		43.5	210	10.6		51.0	241	12.2	
8.84	07:00		37.0	182.3	9.2		44.3	213	10.8		52.3	247	12.5	
10.16	08:00		38.7	189.3	9.6		45.3	217	11.0		53.6	253	12.8	

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CARRER INGENIERIA CIVIL
 Mtro. Arnaldo Yana Torres
 032957

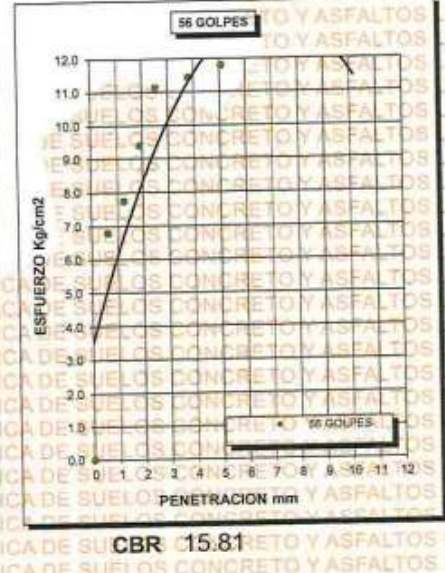
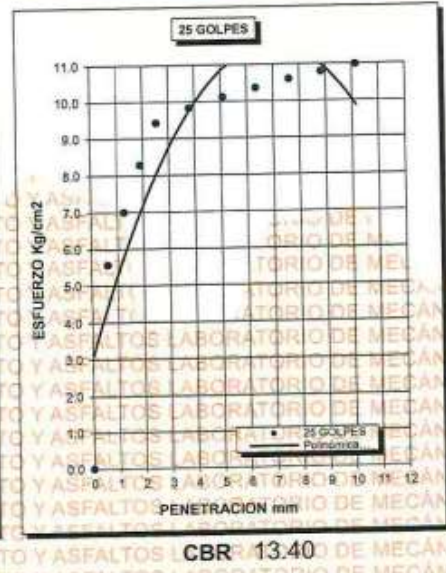
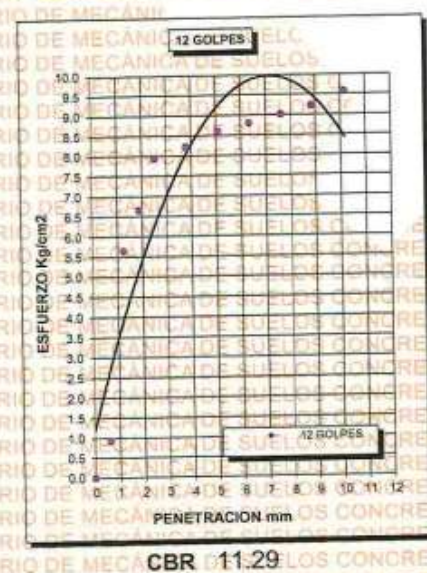
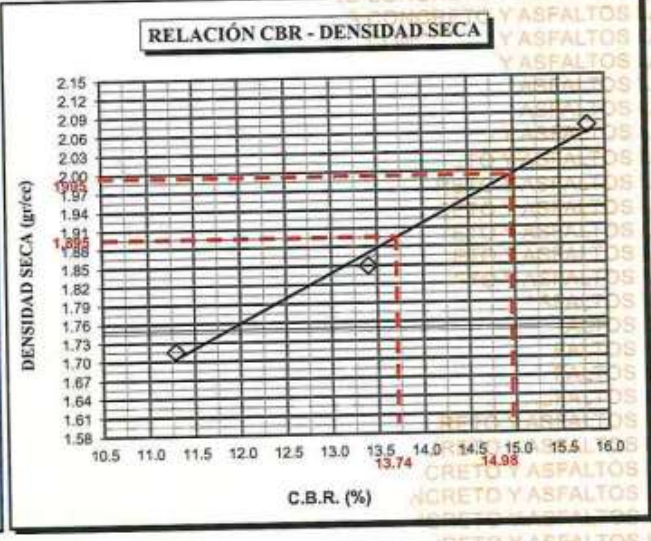
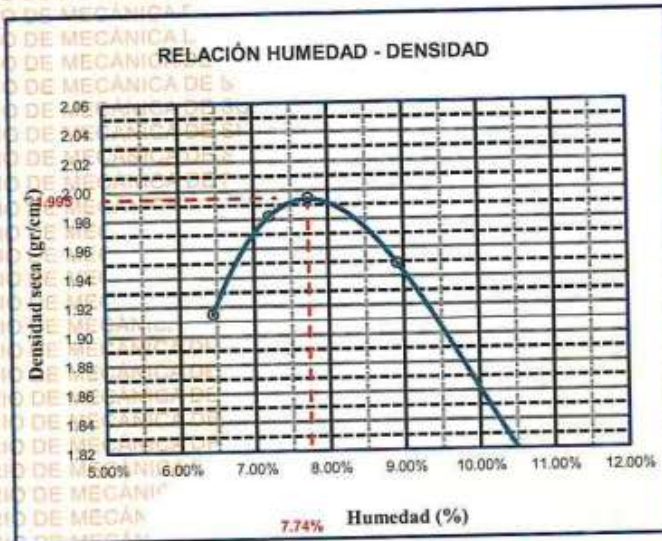
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.995
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.74%
		CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14.98
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	13.74
MUESTRA :	CALICATA 2 - 10% CCP	AASHTO :	
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 EICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mr. Arnaldo Yana Torres
 03257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 3 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO

FECHA : 2 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No : 1 **VOLUMEN DEL MOLDE** : 2136 cm³

No DE CAPAS : 5 **GOLPES POR CAPA** : 56 golpes

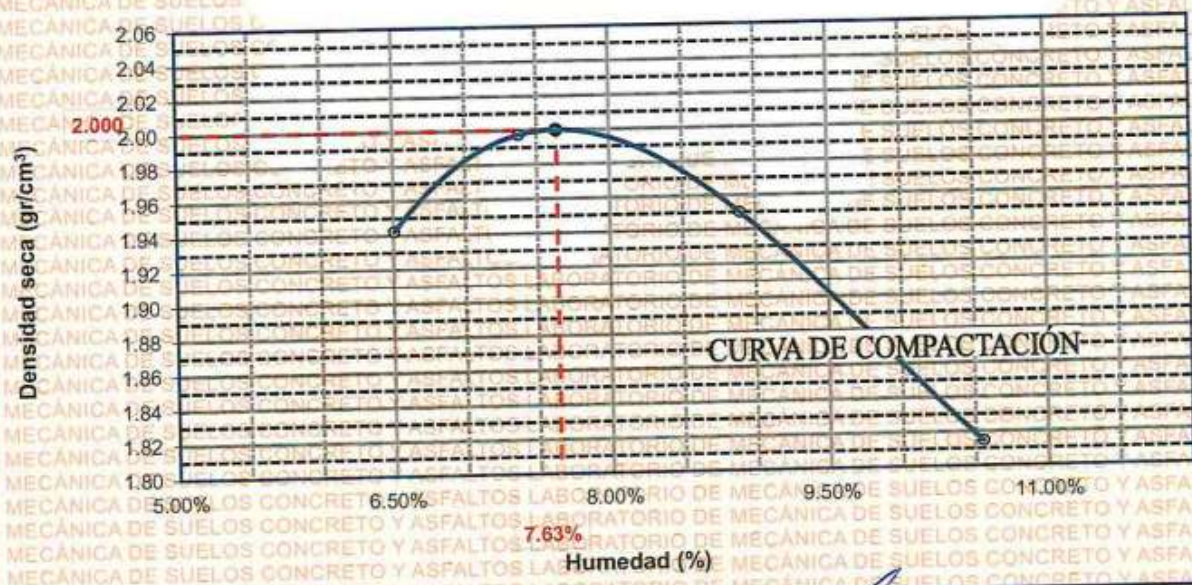
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10399	10562	10517	10266
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4418	4581	4536	4285
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.068	2.145	2.124	2.006

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	429.91	422.87	442.52	433.79	433.88	437.69	415.87	411.44
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	411.45	397.14	428.69	397.18	412.74	398.60	386.30	374.70
Peso del Agua	gr.	18.46	25.73	13.83	36.61	21.14	39.09	29.57	36.74
Peso de la Capsula	gr.	63.40	63.32	62.41	63.56	65.67	64.41	65.52	65.68
Peso del Suelo Seco	gr.	348.05	333.82	366.28	333.62	347.07	334.19	320.78	309.02
% de Humedad	%	5.30%	7.71%	3.78%	10.97%	6.09%	11.70%	9.22%	11.89%
Promedio de Humedad	%	6.51%		7.37%		8.89%		10.55%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.942		1.997		1.950		1.815	

METODO: ASTM D - 1557 **MAXIMA DENSIDAD SECA** : 2.000 gr/cm³

MODIFICADO "C" **HUMEDAD OPTIMA** : 7.63%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



[Signature]
 FIG. ING. INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yane Torres
 153257

B/E: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	CALICATA 3 - CON 10% DE CENIZA DE CORTEZA DE PLATANO
FECHA	2 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13197	13188	13277	13288	13529	13607
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	4210	4201	4511	4522	4996	5074
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.000	1.996	2.146	2.151	2.383	2.420

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T		
Suelo Humedo + Capsula	gr.	433.54	435.63	314.44	435.58	434.63	303.71	404.95	395.37	235.85		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	374.44	386.62	279.42	379.52	385.73	269.81	355.63	353.52	210.48		
Peso del Agua	gr.	59.10	49.01	35.02	56.06	48.90	33.90	49.32	41.85	25.37		
Peso de la Capsula	gr.	38.89	38.36	23.87	38.32	39.44	23.63	40.52	39.34	23.42		
Peso del Suelo Seco	gr.	335.55	348.26	255.55	341.20	346.29	246.18	315.11	314.18	187.06		
% de Humedad	%	17.61%	14.07%	13.70%	16.43%	14.12%	13.77%	15.65%	13.32%	13.56%		
Promedio de Humedad	%	15.84%			13.70%			15.28%			13.77%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.727			1.755			1.862			1.891	
		2.081			2.131							

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.90	0.02	0.20	1.30	0.03	0.28	1.70	0.04	0.37
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	1.20	0.03	0.26	1.50	0.04	0.33	1.90	0.05	0.41
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	1.40	0.04	0.31	1.70	0.04	0.37	2.10	0.05	0.46
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	1.70	0.04	0.37	2.00	0.05	0.44	2.40	0.06	0.52

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.9	92.6	0.9	20.9	114	5.7	25.9	135	6.8	30.9	156	
1.27	01:00		21.0	114.1	5.8	27.0	140	7.1	30.9	156	7.9	38.0	186	
1.91	01:30		26.0	135.4	6.8	33.0	165	8.3	38.0	186	9.4	46.6	223	
2.54	02:00	70.31	32.0	160.9	8.1	39.0	191	9.6	46.6	223	11.3	48.0	229	
3.81	03:00		33.0	165.1	8.3	40.0	195	9.9	48.0	229	11.6	50.0	237	
5.09	04:00	105.00	34.8	172.8	8.7	42.0	203	10.3	50.0	237	12.0	50.9	241	
6.35	05:00		35.7	176.6	8.9	43.0	207	10.5	50.9	241	12.2	50.9	241	
7.62	06:00		36.6	180.4	9.1	44.0	212	10.7	50.9	241	12.2	52.7	249	
8.84	07:00		37.4	183.8	9.3	45.0	216	10.9	52.7	249	12.6	53.9	254	
10.16	08:00		39.0	190.5	9.6	46.0	220	11.1	53.9	254	12.8			

[Handwritten Signature]
 Mtro. Arnoldo Yana Pompa
 03257



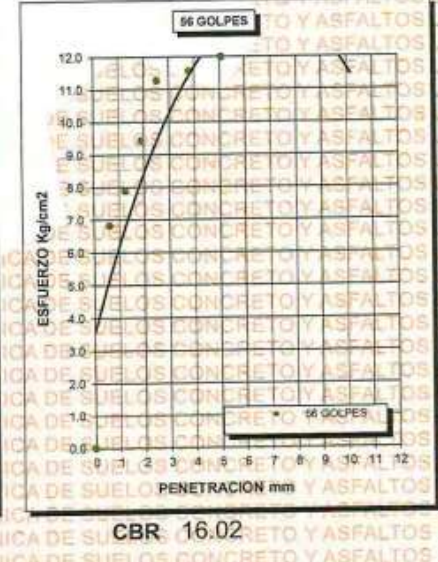
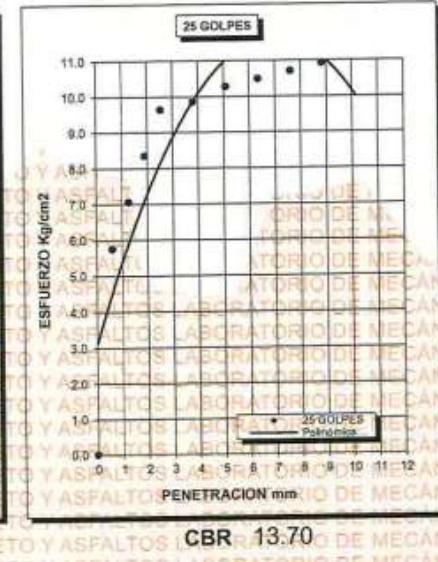
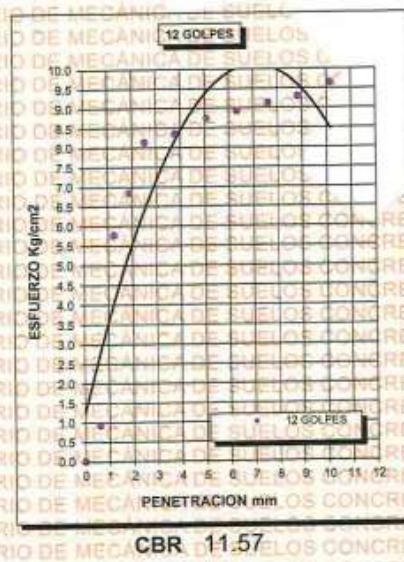
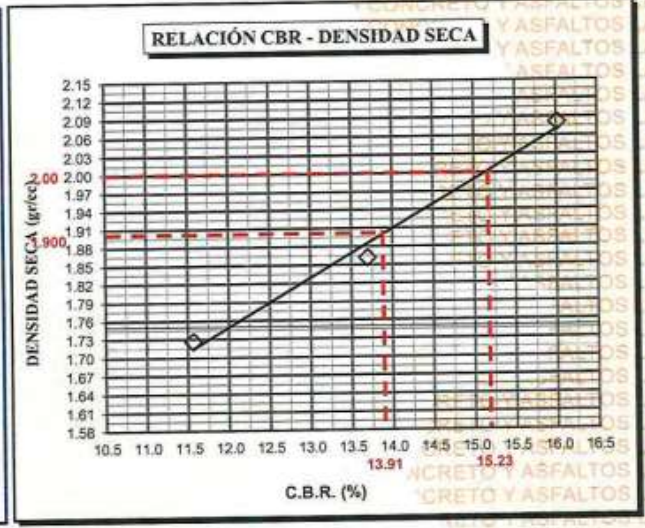
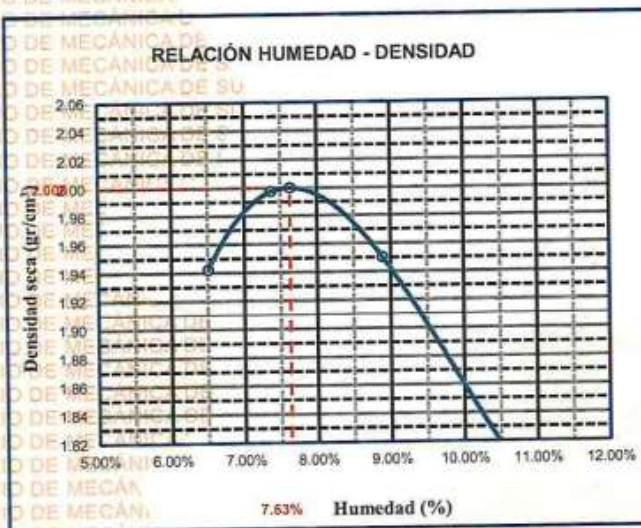
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.000
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.63%
MUESTRA :	CALICATA 3- 10% CCP	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	15.23
FECHA :	2 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	13.91
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

[Signature]
Ing. Arnaldo Yana Torres

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 1 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA
FECHA	: 4 DE ABRIL DEL 2024

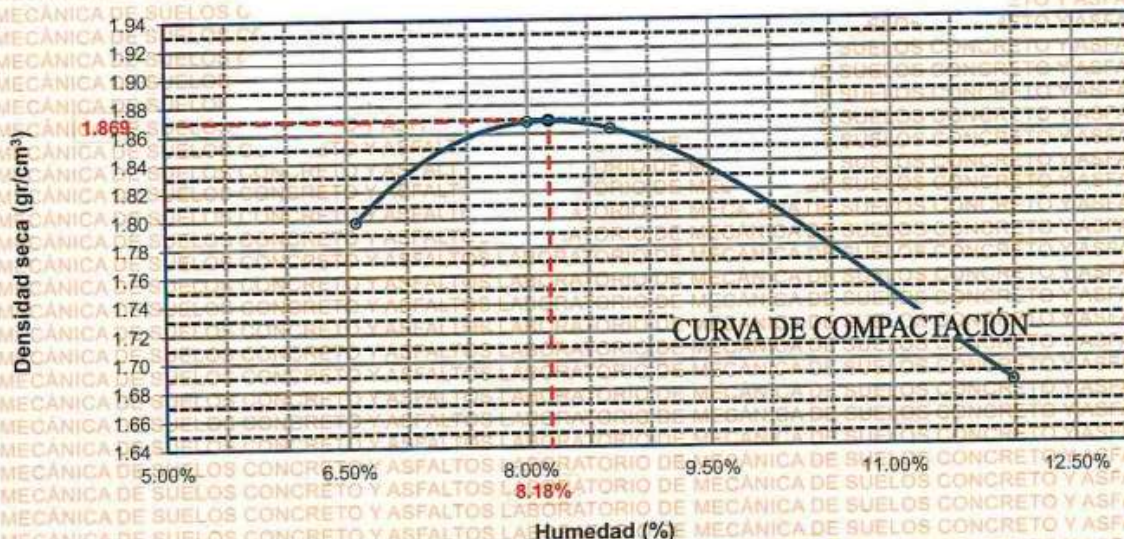
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10075	10307	10291	10009
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4094	4326	4310	4028
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.917	2.025	2.018	1.886

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	450.89	433.78	469.78	445.86	452.87	434.92	427.76	407.82
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	423.86	413.95	437.86	414.76	428.78	402.86	382.91	376.84
Peso del Agua	gr.	27.03	19.83	31.92	31.10	24.09	32.06	44.85	30.98
Peso de la Capsula	gr.	63.12	63.34	62.57	64.12	63.18	62.34	65.75	61.84
Peso del Suelo Seco	gr.	360.74	350.61	375.29	350.64	365.60	340.52	317.16	315.00
% de Humedad	%	7.49%	5.66%	8.51%	8.87%	6.59%	9.42%	14.14%	9.83%
Promedio de Humedad	%	6.57%		8.69%		8.00%		11.99%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.798		1.863		1.868		1.684	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.869 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.18%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



M.A. Arnaldo Yana Torres
 73257

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EFECTO DE LA GENIZA DE CORTEZA DE PLATANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 1- CON 7% DE ESCORIA-BLANCA DE HORNO DE CUCHARA
FECHA	: 4 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12798	12795	12915	12942	13191	13183
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3811	3808	4149	4176	4658	4650
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.811	1.809	1.974	1.987	2.222	2.218

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	445.44	437.65	344.71	437.85	439.26	321.34	437.44	417.82	298.95
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	385.55	377.48	296.39	384.42	379.44	279.16	382.51	365.48	280.26
Peso del Agua	gr.	59.89	60.17	48.32	53.43	59.82	42.18	54.93	52.34	38.69
Peso de la Capsula	gr.	39.58	39.48	23.69	38.44	39.29	23.37	40.29	39.36	23.84
Peso del Suelo Seco	gr.	345.97	338.00	272.70	345.98	340.15	255.79	342.22	326.12	236.42
% de Humedad	%	17.31%	17.80%	17.72%	15.44%	17.59%	16.49%	16.05%	16.05%	16.36%
Promedio de Humedad	%	17.56%		17.72%	16.51%		16.49%	16.05%		16.36%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.540		1.537	1.694		1.706	1.915		1.906

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.80	0.02	0.17	1.10	0.03	0.24	1.30	0.03	0.28
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	1.00	0.03	0.22	1.20	0.03	0.26	1.50	0.04	0.33
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	1.20	0.03	0.26	1.30	0.03	0.28	1.70	0.04	0.37
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	1.30	0.03	0.28	1.40	0.04	0.30	1.90	0.05	0.41

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		10.1	68.1	0.9	15.6	92	4.6	19.6	108	5.5			
1.27	01:00		14.7	87.5	4.4	19.5	108	5.4	22.5	120	6.1			
1.91	01:30		17.5	99.2	5.0	24.6	129	6.5	25.5	133	6.7			
2.54	02:00	70.31	19.4	107.4	5.4	26.4	137	6.9	30.6	155	7.8			
3.81	03:00		21.7	117.1	5.9	28.1	144	7.3	32.2	162	8.2			
5.09	04:00	105.00	22.1	119.0	6.0	30.5	154	7.8	34.6	172	8.7			
6.35	05:00		24.8	130.3	6.6	32.0	161	8.1	36.9	182	9.2			
7.62	06:00		25.7	134.1	6.8	33.6	168	8.5	37.9	186	9.4			
8.84	07:00		26.6	137.9	7.0	34.1	170	8.6	38.8	190	9.6			
10.16	08:00		27.7	142.6	7.2	35.2	175	8.8	39.9	194	9.8			

[Handwritten Signature]
 Mtro. Armando Yana Torres
 CIP: 123257



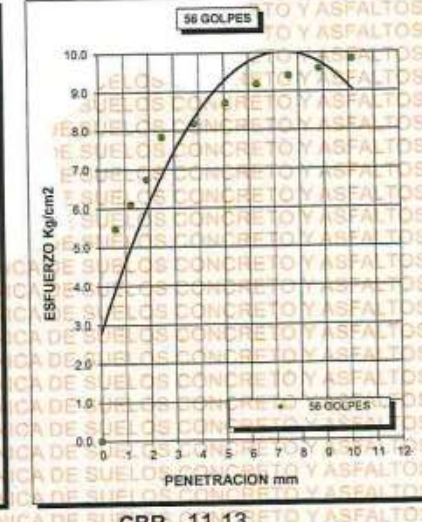
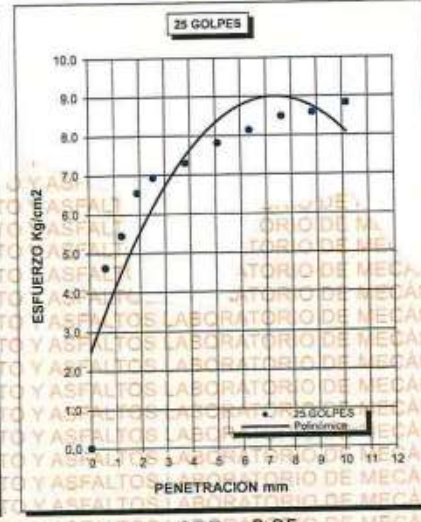
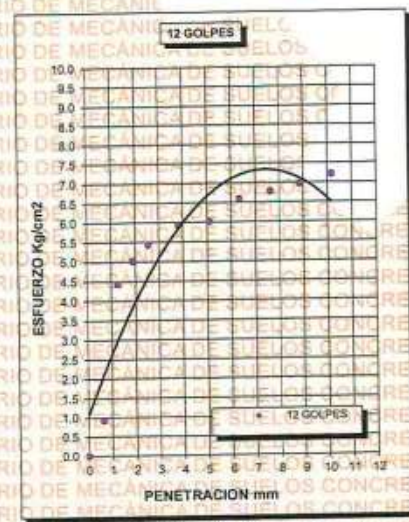
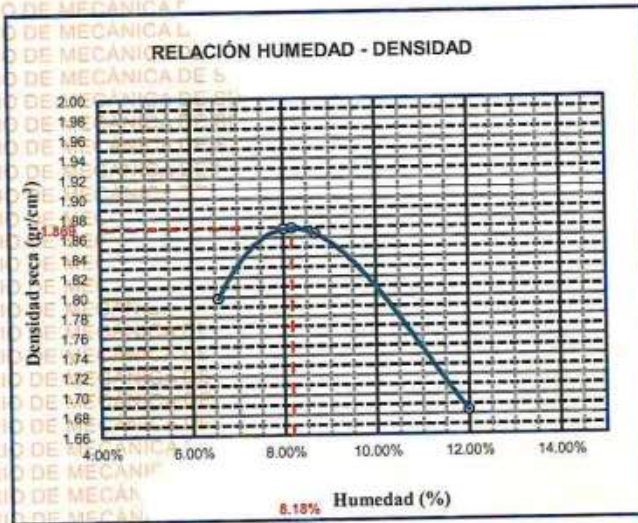
BE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.869
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.18%
MUESTRA :	CALICATA 1 - 7% EBHC	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	11.14
FECHA :	4 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	10.19
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Marta Arredondo Yana Torres
CIP: 03257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 2.- CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA
FECHA	: 4 DE ABRIL DEL 2024

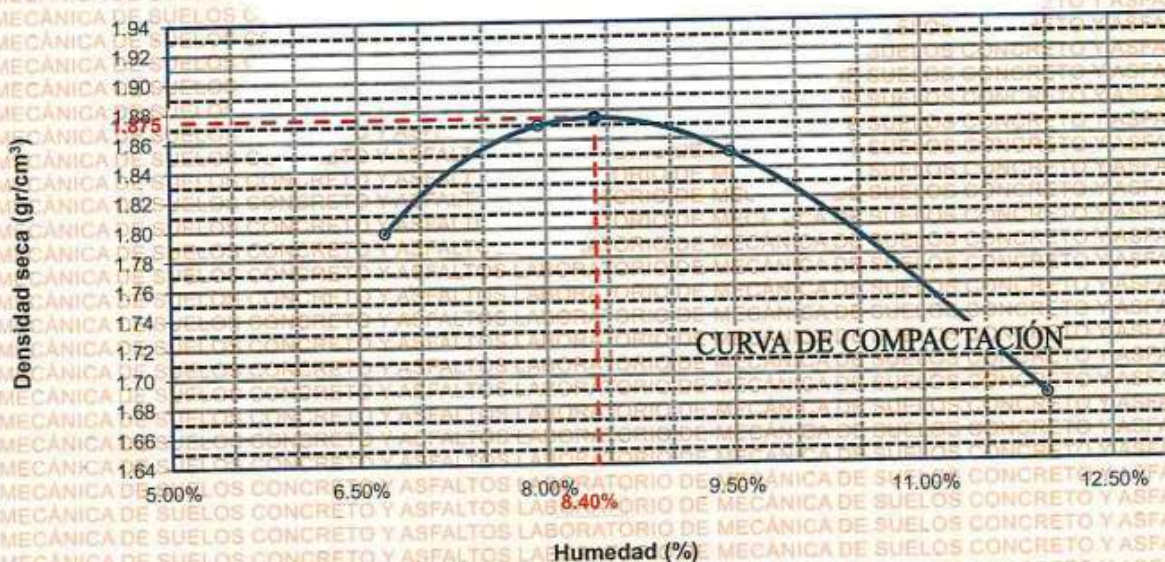
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10079	10309	10292	10010
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4098	4328	4311	4029
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.919	2.026	2.018	1.886

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	452.78	432.69	470.98	444.59	451.68	435.44	426.64	406.58
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	422.78	414.84	434.68	412.59	427.68	403.72	381.98	375.68
Peso del Agua	gr.	30.00	17.85	36.30	32.00	24.00	31.72	44.66	30.90
Peso de la Capsula	gr.	63.44	63.56	62.68	64.32	63.74	62.64	65.82	61.71
Peso del Suelo Seco	gr.	359.34	351.28	372.00	348.27	363.94	341.08	316.16	313.97
% de Humedad	%	8.35%	5.08%	9.76%	9.19%	6.59%	9.30%	14.13%	9.84%
Promedio de Humedad	%	6.72%		9.47%		7.95%		11.98%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.798		1.851		1.870		1.684	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.875 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.40%

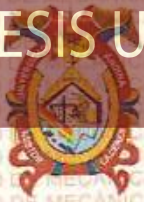
RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Erik Dennis Argandoña Endara

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 2 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 4 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No. DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12882	12869	12918	12946	13194	13187
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3895	3882	4152	4180	4661	4654
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.851	1.844	1.975	1.989	2.223	2.220

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	441.44	432.65	340.71	434.85	430.26	324.34	433.44	411.82	292.95	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	384.55	373.48	294.39	383.42	378.44	285.16	381.51	363.48	258.26	
Peso del Agua	gr.	56.89	59.17	46.32	51.43	51.82	39.18	51.93	48.34	34.69	
Peso de la Capsula	gr.	39.58	39.48	23.69	38.44	39.29	23.37	40.29	39.36	23.84	
Peso del Suelo Seco	gr.	344.97	334.00	270.70	344.98	339.15	261.79	341.22	324.12	234.42	
% de Humedad	%	16.49%	17.72%	17.11%	14.91%	15.28%	14.97%	15.22%	14.91%	14.80%	
Promedio de Humedad	%	17.10%			17.11%			15.07%			14.80%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.580			1.575			1.932			1.934

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.90	0.02	0.20	1.30	0.03	0.28	1.70	0.04	0.37
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	1.20	0.03	0.26	1.50	0.04	0.33	1.90	0.05	0.41
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	1.50	0.04	0.33	1.80	0.05	0.39	2.10	0.05	0.46
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	1.80	0.05	0.39	2.10	0.05	0.46	2.20	0.06	0.48

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I					
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.		
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00					0.0	0.00	0.00				
0.63	00:30		11.1	72.3	0.9		15.3	90	4.6	20.0	110	5.6				
1.27	01:00		14.9	88.2	4.5		19.9	110	5.5	22.7	121	6.1				
1.91	01:30		17.9	100.9	5.1		24.4	129	6.5	25.8	135	6.8				
2.54	02:00	70.31	20.0	110.0	5.6		26.1	136	6.9	32.0	161	8.1				
3.81	03:00		21.9	118.0	6.0		29.0	148	7.5	33.0	165	8.3				
5.09	04:00	105.00	22.6	120.9	6.1		30.7	155	7.9	35.0	173	8.8				
6.35	05:00		25.0	131.0	6.6		32.1	161	8.2	36.5	180	9.1				
7.62	06:00		25.7	134.1	6.8		33.5	167	8.4	38.0	186	9.4				
8.84	07:00		26.9	139.5	7.1		34.5	172	8.7	39.0	191	9.6				
10.16	08:00		27.9	143.4	7.2		35.4	176	8.9	40.0	195	9.8				



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
 M.S. C. DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S. C. DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S. C. DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

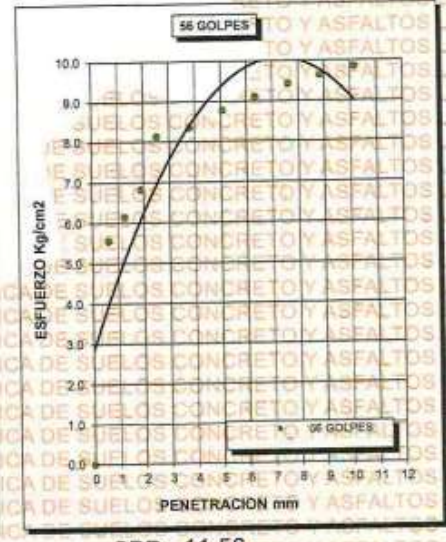
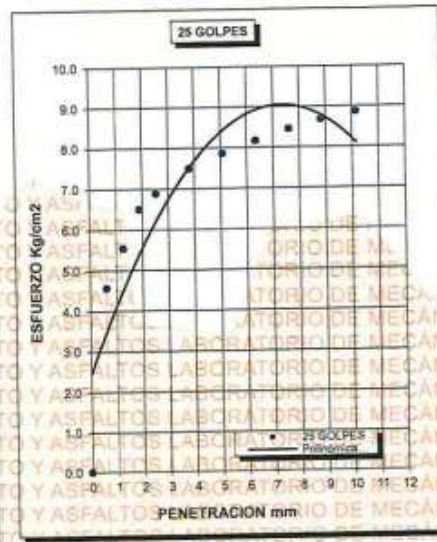
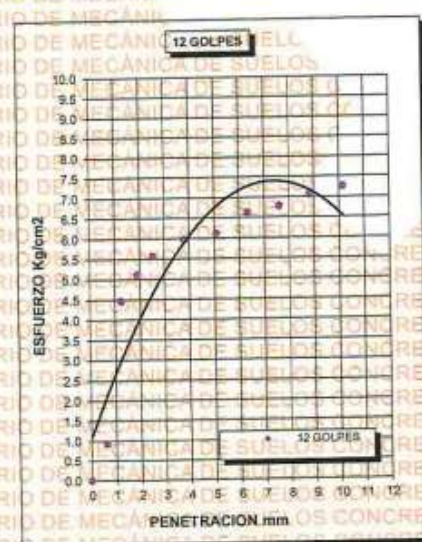
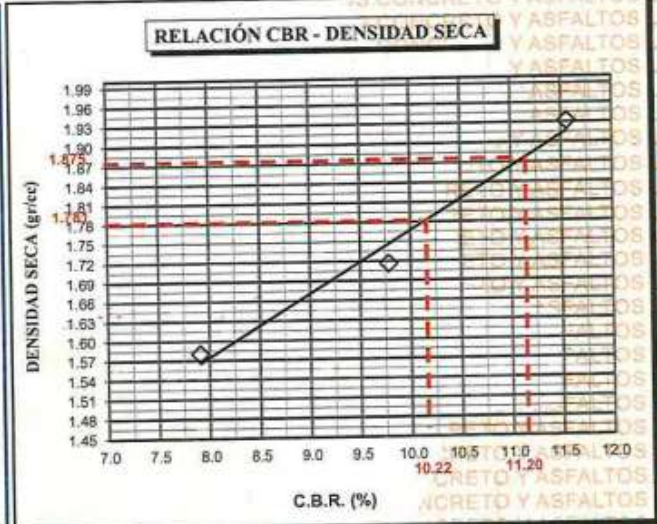
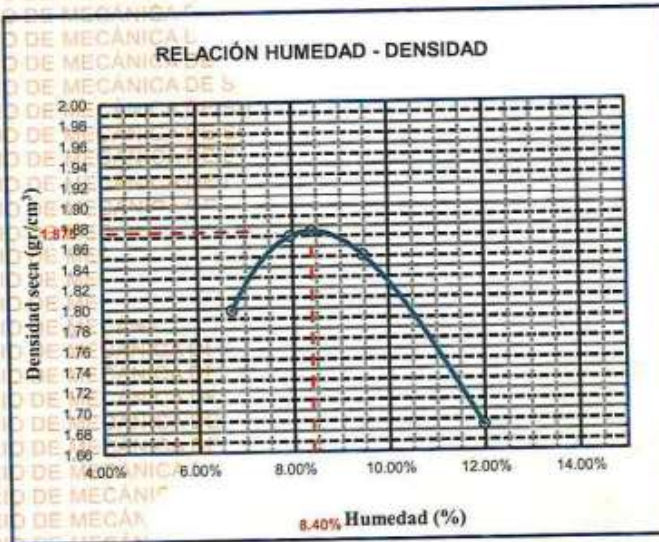
BIE: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFEECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.875
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.40%
MUESTRA :	CALICATA 2 - 7% EBHC	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 11.20
FECHA :	4 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10.22
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 7.91

CBR 9.78

CBR 11.56



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - GAP, INGENIERÍA CIVIL

Erik Dennis Argandoña Endara
M.S.C. JEFE TALLER
03257

BIE: B006-00288634



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	: EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA
SOLICITANTE	: BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
UBICACIÓN	: AVENIDA SACSAYHUAMAN
MUESTRA	: CALICATA 3 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA
FECHA	: 4 DE ABRIL DEL 2024

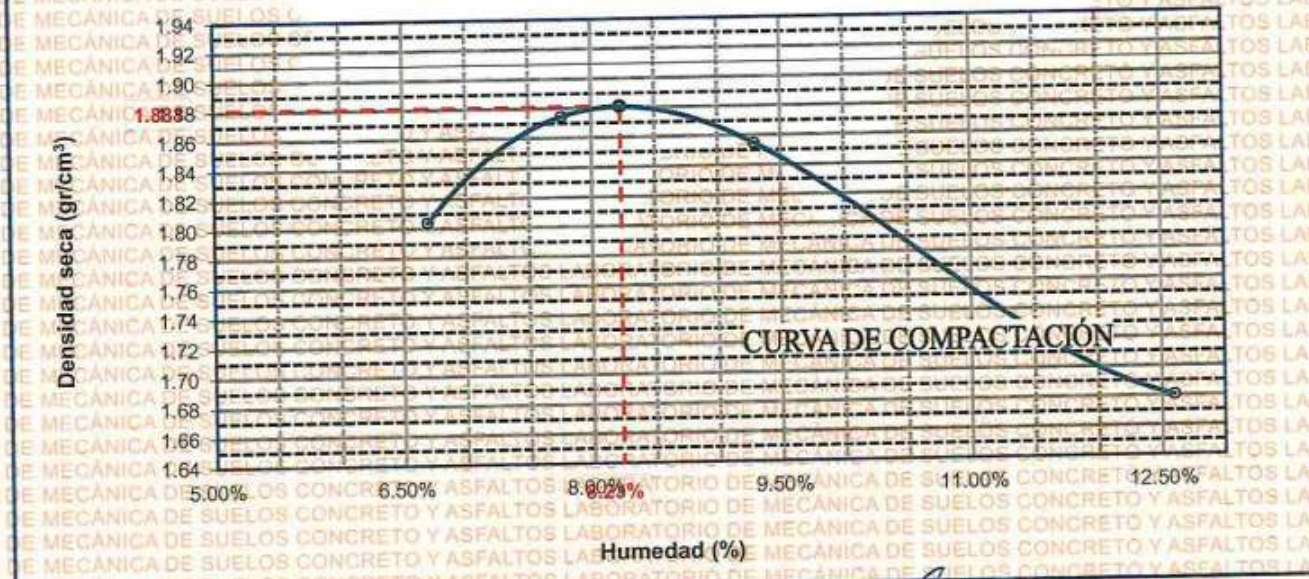
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2136 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10092	10311	10296	10023
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4111	4330	4315	4042
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.925	2.027	2.020	1.892

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	453.67	433.59	471.76	443.62	451.72	434.65	428.59	407.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	423.58	415.72	435.54	412.62	426.78	404.99	390.99	375.67
Peso del Agua	gr.	30.09	17.87	36.22	31.00	24.94	29.66	47.60	31.71
Peso de la Capsula	gr.	62.45	62.33	61.51	64.43	63.62	62.67	65.72	61.78
Peso del Suelo Seco	gr.	361.13	353.39	374.03	348.19	363.16	342.32	315.27	313.89
% de Humedad	%	8.33%	5.06%	9.68%	8.90%	6.87%	8.66%	15.10%	10.10%
Promedio de Humedad	%	6.69%		9.29%		7.77%		12.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.804		1.855		1.875		1.681	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.881 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.23%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



LABORATORIO N.S.C.A.
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
Mtro. Arnaldo Lara Torres

BIE: B006-00288634



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

SOLICITANTE : BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA

UBICACIÓN : AVENIDA SACSAYHUAMAN

MUESTRA : CALICATA 3 - CON 7% DE ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA

FECHA : 4 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12896	12879	12931	12952	13254	13249
Peso del Molde	gr.	8987	8987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	3909	3892	4165	4186	4721	4716
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.857	1.849	1.982	1.992	2.252	2.249

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T		
Suelo Humedo + Capsula	gr.	449.85	438.95	349.82	439.72	438.54	327.46	438.53	417.79	298.84		
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	392.38	378.28	302.19	382.68	381.52	285.26	384.42	363.38	262.54		
Peso del Agua	gr.	57.47	60.67	47.63	57.04	57.02	42.20	54.11	54.41	36.30		
Peso de la Capsula	gr.	39.69	39.87	23.92	38.68	39.84	23.79	40.68	39.58	23.94		
Peso del Suelo Seco	gr.	352.69	338.41	278.27	344.00	341.68	261.47	343.74	323.80	238.60		
% de Humedad	%	16.29%	17.93%	17.12%	16.58%	16.69%	16.14%	15.74%	16.80%	15.21%		
Promedio de Humedad	%	17.11%			17.12%			16.63%			16.14%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.586			1.579			1.699			1.715	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.80	0.02	0.17	1.40	0.04	0.30	1.70	0.04	0.37
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	1.00	0.03	0.22	1.60	0.04	0.35	2.00	0.05	0.44
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	1.30	0.03	0.28	1.80	0.05	0.39	2.20	0.06	0.48
22/09/2023	08:25: a.m.	96:00:00	1.60	0.04	0.35	2.10	0.05	0.46	2.50	0.06	0.55

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		11.9	75.6	0.9	15.7	92	4.6	20.1	111	5.6	23.7	126	
1.27	01:00		15.1	89.3	4.5	20.1	111	5.6	23.7	126	6.3	28.1	136	
1.91	01:30		17.6	100.0	5.1	25.0	131	6.6	26.1	136	6.9	32.4	162	
2.54	02:00	70.31	20.5	112.3	5.7	27.0	140	7.1	32.4	162	8.2	35.3	175	
3.81	03:00		22.0	118.3	6.0	29.0	148	7.5	33.2	166	8.4	37.0	182	
5.09	04:00	105.00	23.5	125.0	6.3	31.0	157	7.9	35.3	175	8.8	38.3	188	
6.35	05:00		25.1	131.8	6.7	32.7	164	8.3	37.0	182	9.2	39.7	194	
7.62	06:00		26.9	139.2	7.0	33.9	169	8.5	39.7	194	9.8	40.6	197	
8.84	07:00		27.1	140.2	7.1	34.9	173	8.7	39.7	194	9.8	40.6	197	
10.16	08:00		28.1	144.4	7.3	36.0	178	9.0	40.6	197	10.0			

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Mtro. Armando Irujo Torres
 03257

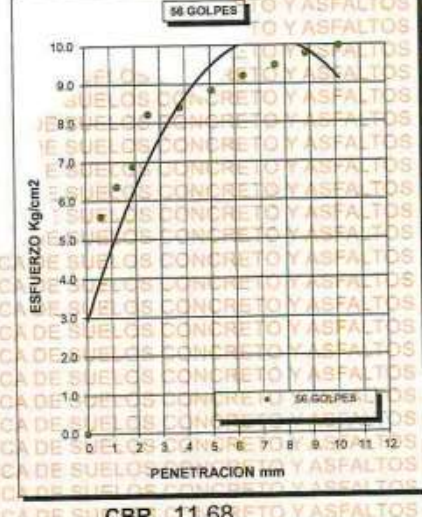
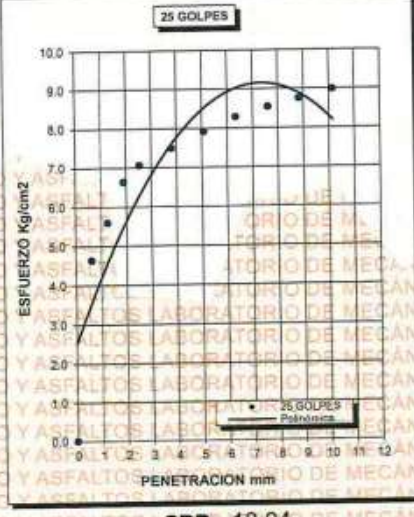
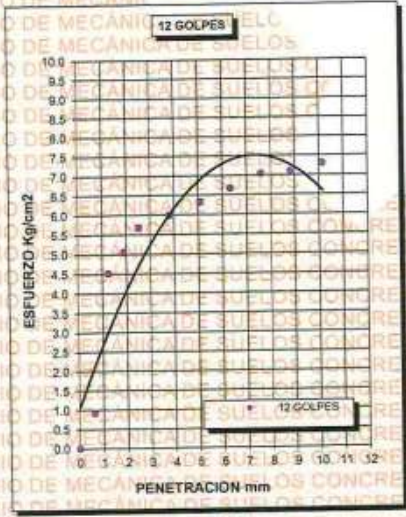
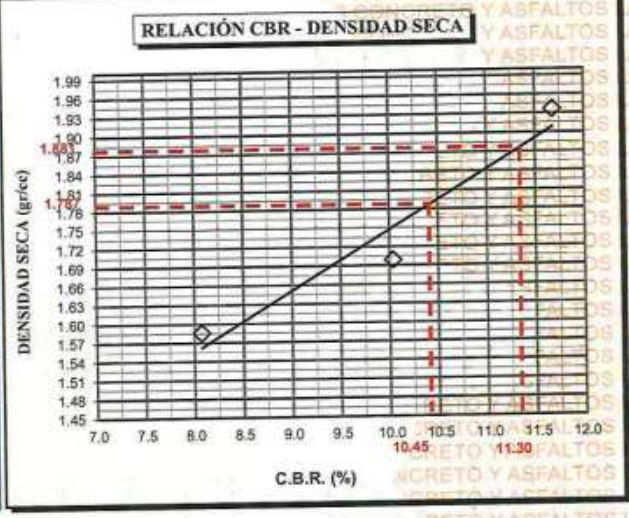
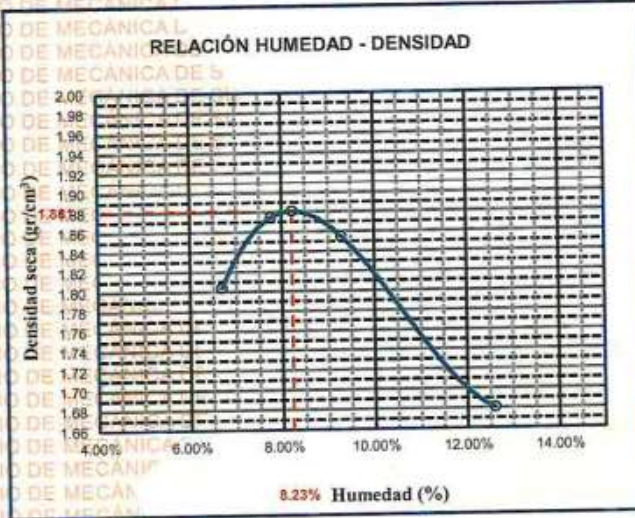
B/E: B006-00288634



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO :	EFEECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.881
UBICACIÓN :	AVENIDA SACSAYHUAMAN	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.23%
MUESTRA :	CALICATA 3- 7% EBHC	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	11.30
FECHA :	4 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	10.45
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Erik Dennis Argandoña Endara

BIE: B006-00288634



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS
TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN
EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 08-07-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ERIK DENNIS ARGANDOÑA ENDARA
Dirección: Jr. MAMA OCLLO Mz. B LT. 13
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70482765
Teléfono: 940 088 790 email: argandonaendaraerik@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____
Dirección: _____
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____
Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL
Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFFECTO DE LA CENIZA DE CORTEZA DE PLÁTANO Y ESCORIA BLANCA DE HORNO DE
CUCHARA SOBRE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE DE LA AVENIDA
SACSAYHUAMAN DE LA CIUDAD DE JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE PLÁTANO, ESCORIA BLANCA, PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE Y SUELO
¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2?}

1

Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.
Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): _____
- No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.


En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17


Firma de Autor


huella digital

06-07-2024
Fecha