



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



**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA
SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA
DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA
CARRETERA SAMÁN – CAMINACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALEX OSCALLA CAYTE

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

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA
SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA
DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA
CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ALEX OSCALLA CAYTE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 978-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 11591 presentado por el (la) Bachiller: **ALEX OSCALLA CAYTE** 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: **ALEX OSCALLA CAYTE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024**, 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Dr. 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, Dr. **MILTHON QUISPE HUANCA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **ALEX OSCALLA CAYTE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 19 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 306 - 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.



 DR. MILTHON QUISPE HUANCA
 DECANO
 CIP 47790



 DR. EFRAIN PARILLO SOSA
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECAÑAL N° 553-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 03 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-07590 por el o (la) Bachiller: ALEX OSCALLA CAYTE quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 502- 2024-UI-FICP-UANCV/S**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 113 - 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 o (la) Bachiller: ALEX OSCALLA CAYTE, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Títulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024**, 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° 113 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024**, 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: ALEX OSCALLA CAYTE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Títulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024** 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) **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

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.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECAÑO
CIR. 47750



UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
.....
Dr. Efraim FORTINO SOTO
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 318-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de mayo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 5609, presentado el o (la) Bachiller ALEX OSCALLA CAYTE solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 360 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 122 -2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: ALEX OSCALLA CAYTE ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024, 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° 122 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulada: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024.

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: ALEX OSCALLA CAYTE, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024 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 Dr. MILTON QUISPE HUANCA.

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,



MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



cc:
Archivos 2024
Interesado (a)



ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN – CAMINACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

14%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Ecuador - PUCE Trabajo del estudiante	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Alex Oscalla Cayte
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70366492
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-0968-4386
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Milthon Quispe Huanca
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
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	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Arapa Latitud: S 15° 17' 30" Longitud: O 70° 01' 01"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/mbLdzsSrZBkWiXrU9</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 - Setiembre 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



Dr. Efraim Carlos Poma
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ALEX OSCALLA CAYTE, identificado con DNI
Nro. 70366492, 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:

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON
EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA
DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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.

Juliana 04 de octubre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado A mi familia que me brindo las fuerzas, la motivación para superar cada obstáculo y llegar hasta este punto, este logro también es suyo.



AGRADECIMIENTO

Agradezco

A mi familia por su paciencia y apoyo constante.

A mis docentes por su sabiduría y orientación.

A mis amigos por su compañía y motivación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
RESUMEN	XI
ABSTRACT.....	XII
INTRODUCCIÓN	XIII

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2.1 <i>Problema General.....</i>	<i>2</i>
1.2.2 <i>Problemas Específicos</i>	<i>2</i>
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.3.1 <i>Objetivo General.....</i>	<i>3</i>
1.3.2 <i>Objetivos Específicos</i>	<i>3</i>
1.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1 <i>Justificación Técnica.....</i>	<i>3</i>
1.4.2 <i>Justificación Económica</i>	<i>4</i>
1.4.3 <i>Justificación Social</i>	<i>4</i>
1.4.4 <i>Justificación Ambiental</i>	<i>4</i>
1.5 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	4
1.5.1 <i>Hipótesis General</i>	<i>4</i>
1.5.2 <i>Hipótesis Específicas.....</i>	<i>5</i>
1.6 VARIABLES E INDICADORES	5
1.6.1 <i>Variable Independiente.....</i>	<i>5</i>
1.6.2 <i>Variable Dependiente</i>	<i>5</i>
1.7 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	6



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN 7

2.1.1 *Antecedentes Internacionales* 7

2.1.2 *Antecedente Nacional*..... 8

2.1.3 *Antecedente de Ámbito Local*..... 11

2.2 BASES TEÓRICAS..... 13

2.2.1 *Suelo*..... 13

2.2.2 *Fases del suelo*..... 17

2.2.3 *Tipos de suelo* 19

2.2.3.1 *Suelos gruesos* 19

2.2.3.2 *Grava* 21

2.2.3.3 *Arena23*

2.2.3.4 *Suelos finos* 26

2.2.3.5 *Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)* 34

2.2.3.6 *Asociación Americana de carreteras estatales y oficiales de transporte (AASHTO)* . 37

2.2.4 *Propiedad del índice de suelo* 38

2.2.4.1 *Gradación del suelo*..... 41

2.2.4.2 *Consistencia de los suelos* 41

2.2.5 *Propiedades mecánicas del suelo* 42

2.2.5.1 *Densidad seca máxima – humedad óptima*..... 42

2.2.5.2 *Contenido óptimo de humedad*..... 43

2.2.5.3 *Proctor modificado*..... 43

2.2.5.4 *Relación de soporte de california (CBR)* 45

2.2.6 *Propiedades físicas del suelo* 45

2.2.6.1 *Contenido de humedad* 45

2.2.6.2 *Tamaño de partículas en suelos*..... 46

2.2.6.3 *Análisis granulométrico*..... 46

2.2.6.4 *Límite líquido*..... 47

2.2.6.5 *Limite plástico*..... 47

2.2.6.6 *Nivel de flexibilidad del suelo*..... 47

2.2.6.7 *Gravedad específica*..... 48

2.2.7 *Pavimentos* 48

2.2.8 *Mejoramiento de subrasante* 49

2.2.9 *Elementos típicos del pavimento flexible* 49

2.2.10 *Mejoramiento por geomallas* 50

2.2.10.1 *Geomallas*..... 50



2.2.11	<i>Tipos de geomallas</i>	51
2.2.12	<i>Ceniza de cáscara de arroz</i>	54
2.2.12.1	<i>Ceniza de cáscara de arroz en la subrasante</i>	55
2.2.13	<i>Ceniza de fibra de coco</i>	56
2.2.13.1	<i>Ceniza de fibra de coco en la subrasante</i>	56
2.2.13.2	<i>Aspectos a considerar de ceniza de fibra de coco en la subrasante</i>	56
2.3	MARCO CONCEPTUAL	57
2.3.1	<i>Suelos</i>	57
2.3.2	<i>Propiedades mecánicas</i>	57
2.3.3	<i>Propiedades físicas</i>	58
2.3.4	<i>CBR</i>	58
2.3.5	<i>Resistencia a la compresión</i>	58
2.3.6	<i>Tamaño de partículas en suelos</i>	58
2.3.7	<i>Pavimentos</i>	59
2.3.8	<i>Subrasante</i>	59

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	60
3.2	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	60
3.3	NIVEL Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	61
3.3.1	<i>Nivel de Investigación</i>	61
3.3.2	<i>Tipo de investigación</i>	61
3.4	POBLACIÓN Y MUESTRA	61
3.4.1	<i>Población</i>	61
3.4.2	<i>Muestra</i>	62
3.5	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN	62
3.5.1	<i>Técnicas de Investigación</i>	62
3.5.2	<i>Instrumentos de Investigación</i>	63
3.6	VALIDACIÓN DE DATOS	63
3.6.1	<i>Validación de datos</i>	63
3.7	PROCEDIMIENTO PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	63
3.7.1	<i>Desarrollo de Investigación</i>	64
3.7.2	<i>Procesamiento y Análisis de datos</i>	72



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 RESULTADOS..... 73

4.1.1 *Propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante 73*

4.1.2 *Influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo..... 87*

4.1.3 *Efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en el grado de compactación en la subrasante..... 93*

4.1.4 *Determinación de la incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la capacidad de soporte CBR 100*

4.1.5 *Comparativo de los resultados obtenidos..... 106*

4.2 DISCUSIÓN DE RESULTADOS 112

CONCLUSIONES 114

RECOMENDACIONES 115

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 116

ANEXOS 119



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de Variables	6
Tabla 2 Método de ensayo de Proctor	44
Tabla 3 Muestras en distintos tramos	64
Tabla 4 Contenido de humedad	73
Tabla 5 Tamaño de partículas en suelos M1	74
Tabla 6 Tamaño de partículas en suelos M2	75
Tabla 7 Tamaño de partículas en suelos M3	76
Tabla 8 IP de muestras realizadas.....	77
Tabla 9 GC - calicata 1	78
Tabla 10 GC - calicata 2	80
Tabla 11 GC - calicata 3	81
Tabla 12 CBR - calicata 1	83
Tabla 13 CBR - calicata 2	84
Tabla 14 CBR - calicata 3	86
Tabla 15 Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CCA	87
Tabla 16 Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CCA	88
Tabla 17 Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CCA	89
Tabla 18 Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CFC	90
Tabla 19 Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CFC	91
Tabla 20 Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CFC	92
Tabla 21 GC de Suelo + 8% CCA	94
Tabla 22 GC de Suelo + 18% CCA	95
Tabla 23 GC de Suelo + 28% CCA	96
Tabla 24 GC de Suelo + 8% CFC	97
Tabla 25 GC de Suelo + 18% CFC	98
Tabla 26 GC de Suelo + 28% CFC	99
Tabla 27 CBR de Suelo + 8% CCA.....	100
Tabla 28 CBR de Suelo + 18% CCA.....	101
Tabla 29 CBR de Suelo + 28% CCA.....	102
Tabla 30 CBR de Suelo + 8% CFC.....	103



Tabla 31 CBR de Suelo + 18% CFC.....	104
Tabla 32 CBR de Suelo + 28% CFC.....	105
Tabla 33 Comparativo del ÍP con CCA	106
Tabla 34 Comparativo del ÍP con CFC.....	107
Tabla 35 Comparativo del grado de compactación con CCA	108
Tabla 36 Comparativo del grado de compactación con CFC	109
Tabla 37 Comparativo del CBR de la subrasante con CCA	110
Tabla 38 Comparativo del CBR de la subrasante con CFC.....	111



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Composición del suelo	18
Figura 2	Diagramas de fases de suelos	19
Figura 3	Clasificación del suelo fino	29
Figura 4	Consistencias y límites de atterberg.....	42
Figura 5	Curva de compactación.....	43
Figura 6	Maquina de ensayo Proctor y CBR	44
Figura 7	Copa Casagrande	47
Figura 8	Pavimento flexible	49
Figura 9	Geomallas.....	51
Figura 10	Geomallas uniaxiales	52
Figura 11	Geomallas biaxiales	53
Figura 12	Geomallas multiaxiales	54
Figura 13	Localización de la carretera.....	64
Figura 14	Ceniza de cáscara de arroz	65
Figura 15	Ceniza de fibra de coco.....	66
Figura 16	Contenido de humedad.....	73
Figura 17	Tamaño de partículas en suelos M1.....	74
Figura 18	Tamaño de partículas en suelos M2.....	75
Figura 19	Tamaño de partículas en suelos M3.....	76
Figura 20	IP de muestras.....	77
Figura 21	GC - calicata 1	78
Figura 22	Curva de compactación - calicata 1.....	79
Figura 23	GC - calicata 2	80
Figura 24	Curva de compactación - calicata 2.....	80
Figura 25	GC - calicata 3	81
Figura 26	Curva de compactación - calicata 3.....	82
Figura 27	CBR - calicata 1	83
Figura 28	Relación CBR - calicata 1	83
Figura 29	CBR - calicata 2	84
Figura 30	Relación CBR - calicata 2	85



Figura 31	CBR - calicata 3	86
Figura 32	Relación CBR - calicata 3	86
Figura 33	Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CCA	87
Figura 34	Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CCA	88
Figura 35	Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CCA	89
Figura 36	Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CFC	90
Figura 37	Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CFC	91
Figura 38	Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CFC	92
Figura 39	GC de Suelo + 8% CCA	94
Figura 40	GC de Suelo + 18% CCA	95
Figura 41	GC de Suelo + 28% CCA	96
Figura 42	GC de Suelo + 8% CFC	97
Figura 43	GC de Suelo + 18% CFC	98
Figura 44	GC de Suelo + 28% CFC	99
Figura 45	CBR de Suelo + 8% CCA	100
Figura 46	CBR de Suelo + 18% CCA	101
Figura 47	CBR de Suelo + 28% CCA	102
Figura 48	CBR de Suelo + 8% CFC	103
Figura 49	CBR de Suelo + 18% CFC	104
Figura 50	CBR de Suelo + 28% CFC	105
Figura 51	Comparativo del ÍP con CCA	106
Figura 52	Comparativo del ÍP con CCA	107
Figura 53	Comparativo del grado de compactación con CCA	108
Figura 54	Comparativo del grado de compactación con CFC	109
Figura 55	Comparativo del CBR de la subrasante con CCA	110
Figura 56	Comparativo del CBR de la subrasante con CFC	111



RESUMEN

La investigación titulada "Estudio comparativo de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024" busca analizar las variaciones en las propiedades de la subrasante al aplicar ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en diferentes proporciones (8%, 18%, y 28%). El estudio tiene un enfoque experimental, descriptivo, explicativo y aplicado. La población estudiada son los suelos de la vía Samán – Caminaca, y los resultados se centraron en las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como contenido de humedad, compactación y nivel de flexibilidad. Los resultados muestran que la adición de cenizas mejoró significativamente las propiedades del suelo. Se registró un contenido de humedad de 13.06%, un nivel de flexibilidad del 13.78%, y un grado de compactación de 1.751 gr/cc con una humedad óptima de 16.18%. El mayor nivel de flexibilidad se logró con 28% de ceniza de fibra de coco, alcanzando un 19.17%, en comparación con el 13.78% del suelo natural. Además, la máxima densidad seca disminuyó a 1.670 gr/cc con la incorporación de 28% de ceniza de fibra de coco. En cuanto al CBR (California Bearing Ratio), el suelo natural presentó un 3.20% al 100% y 2.56% al 95%. Al incorporar ceniza de fibra de coco al 28%, el CBR aumentó considerablemente, alcanzando 13.66% al 100% y 10.46% al 95%, demostrando una mejora significativa en la capacidad de carga del suelo.

Palabras claves: Ceniza de cáscara de arroz, ceniza de fibra de coco, subrasante, CBR.



ABSTRACT

The research titled "Comparative Study of Subgrade Properties Using Rice Husk Ash and Coconut Fiber Ash on the Samán – Caminaca Road 2024" aims to analyze the variations in subgrade properties by applying rice husk ash and coconut fiber ash in different proportions (8%, 18%, and 28%). The study takes an experimental, descriptive, explanatory, and applied approach. The population studied consists of the soils along the Samán – Caminaca route, and the results focused on the physical and mechanical properties of the soil, including moisture content, compaction, and flexibility level. The results show that adding ash significantly improved the soil's properties. A moisture content of 13.06%, a flexibility level of 13.78%, and a compaction degree of 1.751 gr/cc with an optimal moisture of 16.18% were recorded. The highest level of flexibility was achieved with 28% coconut fiber ash, reaching 19.17%, compared to the 13.78% of natural soil. Additionally, the maximum dry density decreased to 1.670 gr/cc with the inclusion of 28% coconut fiber ash. Regarding CBR (California Bearing Ratio), the natural soil presented 3.20% at 100% and 2.56% at 95%. By incorporating 28% coconut fiber ash, the CBR increased considerably, reaching 13.66% at 100% and 10.46% at 95%, demonstrating a significant improvement in the soil's load-bearing capacity.

Keywords: Rice husk ash, coconut fibre ash, subgrade, CBR.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento constante de la población de la nación ha impulsado la realización de iniciativas como viviendas, carreteras, terraplenes, presas y otros proyectos de infraestructuras que pretenden mejorar el bienestar de las comunidades. De ahí que la ubicación elegida para estos proyectos deba reunir circunstancias favorables para evitar posibles problemas futuros asociados a la calidad de los cimientos subyacentes.

Es fundamental tener en cuenta que los suelos varían en sus cualidades, y que determinados suelos pueden plantear problemas en función de su ubicación. Estos problemas pueden surgir como consecuencia de deficiencias en las propiedades mecánicas, así como de daños causados por la expansión o la contracción. La illita, la caolinita y la montmorillonita son las tres categorías principales en las que pueden clasificarse los suelos arcillosos. La expansión de los suelos arcillosos es una característica crítica que da lugar a variaciones en el volumen del suelo y, en última instancia, a daños en los cimientos y las estructuras subyacentes de una carretera pavimentada cuando cambia el contenido de humedad. Además, de acuerdo con lo estipulado en las normas, los suelos deben poseer atributos específicos para servir eficazmente de cimiento esencial de la estructura de la carretera pavimentada.

La investigación estará conformada por 4 capítulos que serían:

Capítulo I: Estará conformada por el problema de la investigación, los objetivos planteados, las justificaciones, las hipótesis y terminando con las variables.

Capítulo II: Estará conformada por los antecedentes internacionales, nacional y local y por las bases teóricas.

Capítulo III: Estará conformada por el diseño de investigación.

Capítulo IV: Estará conformada por los resultados y la discusión.



Y por último por las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

Durante siglos, muchos minerales naturales, incluidas la cal y las puzolanas, se han utilizado para mejorar la estabilidad del suelo. A medida que las áreas urbanas se expandieron y el transporte ganó importancia, hubo un mayor enfoque en el diseño y la construcción de pavimentos, lo que resultó en un descuido de los estudios sobre la estabilidad del suelo. Ramírez, E. R. (2022).

En Perú, se ha examinado el uso de diversos materiales como ceniza de ichu, cal, ceniza de cáscara de arroz y ceniza de lenteja de agua para mejorar la estabilidad de las subrasantes. Los ensayos demostraron mejoras en las características mecánicas de la superficie mediante la incorporación de estos materiales. La amalgama de 5% de ceniza de ichu y 5% de ceniza de lenteja de agua resultó en pequeñas alteraciones en el límite líquido, el límite plástico y el Nivel de flexibilidad del suelo en relación con el suelo original. La estabilización de la subrasante mejora las propiedades técnicas y la capacidad de carga de la superficie, esencial para la construcción de carreteras bituminosas (García, 2022).

Y es así que en el departamento de Puno se logra observar un favorable crecimiento en las construcciones y mantenimientos de las vías de acceso a otros pueblos alejados, sin embargo, se pudo notar muchas fallas tanto en las propiedades físicas y mecánicas de la superficie y que se requiere el uso de estabilizadores. Es por esta razón



que la investigación se realizara investigaciones en los suelos con incorporaciones de ceniza de cascara de arroz y ceniza de fibra de coco para así determinar nuevos valores y ver si se puede mejorar. En esta investigación se sugiere mejorar la superficie de la subrasante de la vía Samán-Caminaca mediante el uso de materiales novedosos, específicamente.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema General*

¿Cuál es la variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024?

1.2.2 *Problemas Específicos*

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?
2. ¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?
3. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?
4. ¿Cuál es la incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en la capacidad de soporte CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?



1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo General*

Analizar y comparar variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024.

1.3.2 *Objetivos Específicos*

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.
2. Determinar la influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.
3. Determinar el efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.
4. Determinar la incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en la capacidad de soporte CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación Técnica*

La investigación tiene una justificación técnica ya que el estudio propuesto ayudará a la mejora de las nuevas tecnologías de estabilización de suelos, mejorar la sostenibilidad de la construcción de vías investigando el uso de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en combinación con elementos naturales del suelo. Esta investigación pretende aportar nuevos conocimientos científicos para optimizar la composición de los suelos de subrasante.

1.4.2 Justificación Económica

La investigación realizada tiene una justificación económica ya que se adquirirá productos naturales como son las cenizas de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco para las dosificaciones de subrasantes, pero la inversión será por mejorar y conocer nuevas dosificaciones en las resistencias del adobe.

1.4.3 Justificación Social

El objetivo de la investigación propuesta es mejorar la calidad de vida de la población utilizando ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco de forma ecológica y sostenible para mejorar la superficie de subrasante de las vías y vías de acceso de la ciudad. Esta iniciativa también fomenta los esfuerzos de reciclaje y ofrece cierto grado de ayuda económica a nivel social. Además, la utilización de estos componentes facilita la mejora y construcción de carreteras para la mejora de la población.

1.4.4 Justificación Ambiental

El estudio propuesto se basa en el aumento de la contaminación ambiental a escala mundial y a escala local. Por lo tanto, la aplicación de esta propuesta de investigación se basa en la importancia primordial de las actividades de reciclaje y/o reutilización. Ello facilitará la reducción de las cenizas de cáscara de arroz y de fibra de coco, que se incorporarán a la composición de superficie de la subrasante para la construcción de las calzadas de la ciudad en respuesta al progreso de la construcción de la ciudad.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis General

La variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024, serán positivas, ya que ambos mejorarán las propiedades de la subrasante.



1.5.2 *Hipótesis Específicas*

1. Las propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024, será malas y deficientes.
2. La influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables disminuirá el Nivel de flexibilidad del suelo del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.
3. El efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables incrementará el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.
4. La incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables mejorará la capacidad de soporte CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.

1.6 **Variables e indicadores**

1.6.1 *Variable Independiente*

Cenizas de cáscara de arroz y cenizas de fibra de coco

Indicadores

- Dosificaciones en 8%, 18% y 28%

1.6.2 *Variable Dependiente*

Propiedades del material del suelo de subrasante

Indicadores



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

Variable Independiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Ceniza de cáscara de arroz y Ceniza de fibra de coco	La ceniza de cáscara de arroz y la ceniza de fibra de coco son residuos que se producen como consecuencia de la combustión de granos de cáscara de arroz y fibra de coco, que contiene minerales como calcio, potasio y magnesio, útiles para la agricultura y la estabilización de suelos.	- Adición de ceniza de cáscara de arroz	Combinación de materiales	Bandejas y herramientas
		- Adición de ceniza de fibra de coco	Combinación de materiales	
Variable Dependiente	Definición	Dimensión	Indicadores	Instrumentos de Medición
Suelo de Subrasante	La estructura del firme de una carretera se apoya en el suelo de la subrasante, que es el estrato natural del suelo.	Tipos de técnicas en pavimento	Índice plasticidad	herramientas de laboratorio
			Grado compactación	
			Capacidad soporte	

Nota. Composición Propia.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes Internacionales

Según, Balseca y Vinueza (2024) En su Tesis "Análisis comparativo del mejoramiento de subrasantes arena limosa, limo arenoso y arcilla arenosa del distrito Metropolitano de Quito utilizando alofán y bentonita". El presente trabajo de titulación bajo la modalidad proyecto de investigación tiene como finalidad la comparación de las subrasantes arena limosa, limo arenoso y arcilla arenosa en estado natural con las subrasantes incorporadas alofán y bentonita, con la finalidad de determinar si estos dos materiales mejoran la capacidad de soporte (CBR) de las subrasantes en estudio. Las subrasantes obtenidas son en los sectores de La Ecuatoriana, Caupicho y Carapungo. Mientras que el alofán es un material proveniente de Santo Domingo de los Tsáchilas y la bentonita adquirida en BENTOVAG. Se realiza la caracterización del material para poder ejecutar la prueba Proctor modificado y la prueba CBR añadiendo diferentes porcentajes de alofán y bentonita (1%, 3%, 5%, y 7%) para cada tipo de subrasante arena limosa, limo arenoso y arcilla arenosa luego a través de un análisis comparativo definir el porcentaje de alofán y bentonita que mejora significativamente la capacidad resistente del material (valores de CBR). Para la subrasante arena limosa (SM) se obtuvo mejoría en sus propiedades mecánicas al utilizar uno por ciento de alofán y cinco por ciento de bentonita; la subrasante limo arenoso (ML) se obtuvo una mejoría en sus propiedades mecánicas con el uno por ciento de alofán y para la subrasante arcilla arenosa (CL) no se obtuvo mejora en sus propiedades mecánicas con la adición de alofán y bentonita. Se diseñó una estructura de pavimento para las subrasantes en estado natural y las subrasantes mejoradas.

Según, Checa (2022) en su tesis "Análisis de mejoramiento del suelo mediante adición de bolsas de polietileno fundido, aplicado a suelos blandos del sur de Quito como subrasante para carreteras terrestres". El objetivo de esta investigación es mejorar la capacidad portante de un suelo blando situado en la zona sur de Quito a nivel de subrasante. Esto se logrará empleando sacos de polietileno fundido en estado líquido como agente estabilizador. Estos sacos se combinarán con el suelo de la subrasante una vez solidificados en gránulos. Inicialmente se evaluaron las propiedades físicas y mecánicas del material de la subrasante para determinar sus características. La prueba Proctor Modificado y la prueba CBR se utilizaron para clasificar la subrasante en su estado original. La fusión y posterior solidificación de los sacos de polietileno dio lugar a la producción de gránulos. Las partículas se introdujeron en el suelo de la subrasante en cantidades variables: 3%, 6%, 9%, 12% y 15% del peso seco original del suelo. Las propiedades mecánicas de superficie tratado se evaluaron mediante experimentos posteriores. La prueba CBR (California Bearing Ratio) fue la prueba inicial realizada para evaluar la capacidad portante de superficie. El objetivo era evaluar la influencia de los sacos de polietileno moldeados en la composición estructural del pavimento flexible.

2.1.2 Antecedente Nacional

Según, Cano y Cardenas (2024) En su tesis "Estudio comparativo de influencia en las propiedades índice y mecánicas de superficie para subrasante incorporando ceniza del bagazo de la cañaduz en la ruta Canua a Llinqui – Apurímac, 2021". A lo largo de los años se han realizado investigaciones para mejorar las propiedades mecánicas y el índice de los suelos mediante la utilización de residuos, como el bagazo de la planta de cañaduz. La finalidad del estudio es investigar el impacto de la adición de ceniza de bagazo al suelo sobre las propiedades mecánicas y el índice de la ruta de Canua a Llinqui, de acuerdo con esta vía de investigación. Para alcanzar este objetivo, se empleó el método hipotético deductivo, empleando un enfoque cuantitativo. El estudio se realizó a nivel de diseño experimental explicativo, con muestreo aleatorio probabilístico. Los datos se obtuvieron



mediante observación organizada, con la ayuda de guías de observación. Las cenizas se analizaron mediante pruebas físico-químicas, y las muestras de suelo se sometieron a pruebas físico-mecánicas antes y después de la incorporación de las cenizas de bagazo. Los resultados indican que el Nivel de flexibilidad del suelo disminuyó significativamente tras la adición de un 5% de ceniza de bagazo. Además, los valores máximos de densidad seca disminuyeron al aumentar el porcentaje de ceniza. El índice de soporte de California mostró un aumento en los tres niveles de adición de ceniza en comparación con las superficies sin ceniza, con un aumento medio máximo del 522,96% cuando se añadió un 10% de ceniza de bagazo. En consecuencia, es posible inferir que las propiedades mecánicas y el índice de los suelos se ven significativamente afectados por la presencia de cenizas de bagazo.

Según, Luque (2022) En su tesis, "Influencia de uso de cenizas volantes en estabilización de suelo para la pavimentación en la Av. Alfonso Ugarte – Moquegua, 2021". Podemos realizar una investigación experimental para evaluar los efectos del uso de cenizas volantes en la estabilización de superficies para la construcción de la Av. Alfonso Ugarte en el distrito de San Antonio de la región Moquegua utilizando tecnología y metodologías innovadoras. El objetivo de esta investigación es preciso. Para cumplir con los objetivos del estudio, se realizó una investigación científica utilizando la metodología científica aplicada. Se realizaron tres excavaciones para investigar y recoger muestras. Posteriormente, las muestras se sometieron a pruebas de mecánica del suelo específicas para la pavimentación. Las muestras se complementaron con distintas proporciones de cenizas volantes (10%, 15% y 20%) para evaluar su impacto en las características físicas y mecánicas del suelo. Las propiedades físicas y mecánicas del suelo se evalúan realizando un Sistema de Gestión Medioambiental (SGM) en la muestra de suelo en su estado original, sin alterar. Este procedimiento es necesario para obtener los resultados. La superficie se clasificó como arena arcillosa SC de acuerdo con la clasificación SUCS. Durante la excavación, que se extendió hasta una profundidad de 1,50 metros, se descubrió suelo con un contenido de humedad del 1,7%. El suelo era compacto y viscoso,



con un color entre marrón y rojizo. Posteriormente, se realizó una investigación paralela en la muestra que contenía la inclusión controlada. El valor CBR inicial de 13,512% se determinó en base a las cantidades indicadas de cenizas volantes utilizadas en esta técnica, utilizando una adición máxima de cenizas volantes del 22%. Se logró un notable aumento del índice CBR hasta el 18,917%, lo que condujo a una expansión significativa.

Según, Rimachi y Sánchez (2019) En su tesis "Estabilización de suelo con adición de ceniza de cáscara de coco al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% y 8%, a nivel de subrasante en el sector de Lampanin - Ancash - 2019". El laboratorio de mecánica de suelos sirvió como lugar de recopilación de datos para esta investigación, donde se utilizaron técnicas y herramientas de ensayo precisas. Además, se realizó un examen exhaustivo in situ para evaluar la eficacia de la estabilización del suelo. El estudio también investigó el uso de ceniza de cáscara de coco en la subrasante para mejorar las características mecánicas de los suelos inadecuados. No se ha encontrado ninguna investigación previa sobre la estabilidad del suelo con ceniza de cáscara de coco. Se utilizó el ensayo Proctor Modificado, según ASTM-D1557, para determinar las propiedades de la muestra. Esta investigación presenta información no divulgada anteriormente sobre el tema. El contenido de humedad óptimo para alcanzar los resultados más favorables fue del 5,30%, mientras que la densidad máxima registrada fue de 1,56 g/cm³. La muestra de ceniza de cáscara de coco comprendía concentraciones del 0,5%, 1,5% y 3%. La mayor densidad seca alcanzada fue de 1,952 g/cm³, y el contenido óptimo de humedad disminuyó al 6,70% con una concentración de ceniza de cáscara de coco del 3%. Sin embargo, la inclusión de una concentración del 5% de ceniza de cáscara de coco dio lugar a un aumento del contenido ideal de humedad hasta el 9,10% y a una disminución de la densidad seca máxima hasta 1,776 g/cm³. Por el contrario, el nivel óptimo de humedad se redujo al 8,50% y la densidad máxima cuando se secó completamente aumentó a 1,880 g/cm³ cuando se añadió ceniza de cáscara de coco a una concentración del 8%. Los resultados de la investigación sugieren que la estabilización del suelo a nivel de subrasante puede lograrse incorporando un 3% de ceniza de cáscara de coco. Esta técnica mejora las propiedades mecánicas y



físicas de la superficie de la zona Santa del departamento de Ancash, distrito de Lampanín y provincia de Cáceres, Perú.

2.1.3 Antecedente de Ámbito Local

Según, Oviedo (2023) En su tesis "Evaluación de subrasante aplicando cal en suelos cohesivos de la urbanización Corazón de Jesús del distrito de Socabaya - Arequipa". El objetivo de esta investigación es examinar el proceso de estabilización de superficie calcáreos y determinar la cantidad óptima de estabilizante necesaria para mejorar sustancialmente la capacidad portante de suelos cohesivos para pavimentos bituminosos.

La cal posee diversas propiedades, como la capacidad de absorber líquidos como factor estabilizador y la capacidad de aumentar la firmeza de los suelos rocosos al recubrir las partículas de arena y grava. Más concretamente, las partículas están compuestas de grava y gravilla. En particular, las partículas de cal y arcilla entran en interacciones que inducen una fluctuación, lo que conduce a la formación de una doble capa difusa. Esta capa aumenta la resistencia de los suelos a la penetración y reduce la probabilidad de obstrucción y dispersión. Se realizaron pruebas de tamaño de grano, resistencia a la compresión no confinada, Proctor modificado y compactación en muestras de superficie. Los experimentos se realizaron con muestras de suelo naturales o con un contenido de cal del 10%, 15% o 20%. Se emplearon las técnicas AASHTO y SUCS para realizar la clasificación del suelo con el fin de finalizar los cálculos.

El California Bearing Ratio (CBR) del suelo aumentó del 21,45% al 30,84% como consecuencia del contenido de cal del 20%. A continuación, se realizó un análisis coste-beneficio. Se utilizaron dos subrasantes distintas para construir el pavimento: una se dejó en su estado original, mientras que la otra se complementó con la cantidad adecuada de cal desnuda.

Según, Parisuaña y Quello (2023) En su tesis "Estudio comparativo de deflectometría y ensayos de CBR para estimación del módulo resiliente en subrasante en



pavimento flexible, puno – tiquillaca, 2022". En nuestro país, el módulo resiliente de la subrasante tiene un impacto sustancial en el diseño y evaluación de pavimentos. En consecuencia, se requiere evaluar y verificar metodologías alternativas rentables y adaptables para la estimación de este parámetro. La finalidad de esta investigación es evaluar la confiabilidad del Análisis Deflectométrico con metodología Benkelman Beam en la estimación del Módulo Resiliente de la subrasante en la carretera Puno-Tiquillaca, específicamente en el sector del km 46+000 al 50+000, en comparación con experimentos de CBR. En el estudio se implementa una metodología de investigación no experimental y un enfoque descriptivo-correlacional aplicado. Como resultado de la metodología de diferencias acumulativas, se identificaron cuatro sectores homogéneos, así como la ubicación y el número de puntos de evaluación. El módulo resiliente se determinó estableciendo una correlación entre el enfoque de análisis de deflexometría de la viga de Benkelman y los resultados del ensayo CBR. Se empleó el modelo simplificado de Hogg para facilitar la comparación entre las dos técnicas. El módulo resiliente adquirido a partir del estudio de deflexometría y el módulo resiliente obtenido a partir de la prueba CBR muestran una fuerte relación positiva, tal y como demuestra la investigación. El coeficiente de correlación de Pearson es de 0,927, lo que sugiere una relación sólida con un nivel de confianza del 90%. El coeficiente de determinación, que es del 85,9%, indica que el modelo lineal elaborado a partir de los datos es muy fiable para realizar futuras mediciones en pavimentos de bajo volumen de tráfico, concretamente carreteras de segunda o tercera clase. La fiabilidad del modelo se deriva de su capacidad para evaluar las características físicas precisas de la subrasante ensayada.

Según, Jara (2024) En su Tesis "Estabilización del suelo arcilloso incorporando ceniza de madera en su comportamiento mecánico – deformacional para optimización de subrasante, en las vías de urbanización las gardenias de la ciudad de Juliaca". Esta investigación se centra en el problema de mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos presentes en las calzadas, que son un factor que contribuye al mal estado de las carreteras. Estos suelos no cumplen las normas de calidad requeridas para su uso como



subrasante. Para alcanzar este objetivo, se sugirió utilizar cenizas de madera (concretamente serrín) como estabilizante, aprovechando sus propiedades puzolánicas resultantes de la presencia de sílice y aluminato. La pregunta de investigación era ¿Cuál es el impacto de la adición de ceniza de madera (serrín) en la estabilización de suelos arcillosos? El objetivo de la investigación era evaluar el impacto de la ceniza de madera (serrín) en las propiedades mecánicas y de deformación de los suelos arcillosos con el fin de mejorar la estabilidad de la subrasante. El estudio implementó un diseño de investigación aplicada que incorporó un nivel correlacional y un enfoque cuantitativo. Esta investigación implementó la metodología hipotético-deductiva. Se extrajo material arcilloso de dos excavaciones para preparar la muestra de estudio. La ceniza de madera se incorporó a los suelos arcillosos en proporciones variables de 5%, 12%, 18% y 25% para mejorar sus propiedades de deformación mecánica, según indica este estudio. El resultado fue una reducción significativa del 31% de la plasticidad del suelo y un aumento de la resistencia a la tensión del 3,36% al 17,26% del CBR (California Bearing Ratio). En consecuencia, el suelo tratado puede clasificarse como material de subrasante. Además, se observó una disminución de la deformación del 29,82% al 21,75%. El uso de cenizas como ingrediente estabilizador es una solución económicamente viable y medioambientalmente beneficiosa.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Suelo

El desarrollo de las plantas, controla los ciclos de nutrientes y agua y ofrece hábitat para muchos animales. El suelo no es sólo un conjunto estático de partículas; es un sistema activo y dinámico que desempeña funciones esenciales en los ecosistemas, la agricultura y la salud ambiental. La intrincada composición, el desarrollo gradual y sus múltiples funciones hacen del suelo un componente crucial para el equilibrio planetario.



La composición del suelo consta de muchos componentes que varían según la ubicación y los factores climáticos. Los suelos suelen incluir minerales, materia orgánica, agua y aire. La materia mineral, que comprende alrededor del 45% del suelo, está formada por partículas de diversos tamaños, incluidas arena, limo y arcilla, derivadas de la erosión de las rocas. Es crucial para las plantas ya que facilita la entrega de nutrientes. El aire llena los poros del suelo y suministra oxígeno a las raíces y a los microorganismos del interior del suelo.

La formación del suelo es un proceso prolongado que puede necesitar cientos o incluso millones de años. El proceso comienza con la desintegración de la roca madre en partículas más pequeñas mediante meteorización física y química. Estas partículas se amalgaman gradualmente con la materia orgánica y el agua, dando como resultado la formación del suelo. La formación del suelo está influenciada por varios elementos, incluida la composición del lecho rocoso, el clima, la actividad biológica, la topografía y la duración del tiempo. Cada uno de estos componentes interactúa delicadamente para producir los muchos tipos de suelos que se ven en la Tierra. El material original, o roca madre, del que se origina el suelo, dicta la composición mineral original del suelo. El clima, en particular la temperatura y las precipitaciones, afectan la velocidad de los procesos de meteorización y degradación. Las entidades biológicas, incluidas las plantas y los microbios, facilitan la formación del suelo mediante la descomposición de la materia orgánica y la modificación de los componentes minerales. La topografía, o el relieve del terreno, influye en la erosión y la deposición del suelo, mientras que el tiempo determina el grado de desarrollo del perfil del suelo.

El suelo realiza actividades vitales que lo convierten en un recurso indispensable para la vida en la Tierra. Inicialmente, sirve como soporte físico para



las plantas, anclando sus raíces y aportando nutrientes y agua esenciales para su desarrollo. En ausencia de suelos ricos, la producción agrícola se volvería insostenible, poniendo en peligro la seguridad alimentaria mundial. Además, el suelo es fundamental para la regulación del ciclo hidrológico. Capta y retiene las precipitaciones, descargándolas progresivamente en ríos, arroyos y acuíferos subterráneos, aliviando así las inundaciones y reponiendo los suministros de agua. El suelo es parte integral del ciclo nutricional, ya que permite la descomposición de los desechos orgánicos y la liberación de componentes vitales como nitrógeno, fósforo y potasio, necesarios para el crecimiento de las plantas. El suelo tiene una función crucial como sumidero de carbono. La materia orgánica del suelo secuestra cantidades sustanciales de carbono, lo que la convierte en un regulador crucial del clima global. El suelo secuestra más carbono que la atmósfera y la vegetación juntas. Además, el suelo sirve de hogar para muchas criaturas, incluidas bacterias, hongos, fauna microscópica e insectos, que son esenciales para el reciclaje de nutrientes y la salud de los ecosistemas.

Sin embargo, a pesar de su importancia crítica, el suelo está en peligro debido a la actividad humana. La agricultura intensiva, la deforestación, la utilización excesiva de fertilizantes y pesticidas y la expansión urbana son los principales contribuyentes al deterioro del suelo. La erosión del suelo, el agotamiento de la materia orgánica, la compactación y la salinización son problemas importantes que disminuyen la capacidad funcional del suelo. El deterioro del suelo afecta negativamente a la productividad agrícola y tiene efectos duraderos en la biodiversidad, los recursos hídricos y el cambio climático. En consecuencia, la conservación del suelo es importante. Las estrategias agrícolas sostenibles.



En resumen, el suelo es un elemento vital del ecosistema terrestre que permite procesos fundamentales para la vida en el planeta. La creación se produce de forma paulatina, influenciada por varios procesos naturales; sin embargo, su deterioro se está acelerando debido a las actividades humanas. Aunque el suelo es una capa muy pequeña de la corteza terrestre, es vital para los ecosistemas y la agricultura; de ahí que su conservación debería ser una prioridad mundial para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales y la vida en la Tierra.

Según Das (2015), El suelo puede definirse como una mezcla suelta de partículas sólidas, líquidas y gaseosas. Las partículas sólidas consisten tanto en materia orgánica en estado degradado como en materiales inorgánicos en forma de minerales.

El suelo como la capa superior de la corteza terrestre, formada por material mineral y orgánico. Las cualidades del suelo están influidas por el clima y los organismos vivos, y se sitúa por encima de la roca madre.

Terzaghi y Peck (1978), Además, introduce el concepto de suelo como formaciones naturales compuestas por partículas minerales que pueden romperse mediante fuerzas débiles.

A partir de los conceptos anteriores, se puede deducir que los suelos están compuestos por partículas naturales que carecen de cementación y poseen una estructura. Su composición primaria consiste en partículas minerales inorgánicas y orgánicas, junto con la presencia de líquidos y gases.

El suelo se compone de tres fases distintas: sólida, líquida y gaseosa. Las partículas minerales que componen la fase sólida también se incorporan al estrato sólido absorbido. La fase acuosa se compone principalmente de agua, aunque también pueden encontrarse en el suelo diversos líquidos secundarios. La fase gaseosa se compone principalmente de aire. (Juárez Badillo & Rico Rodríguez, 2005)



2.2.2 Fases del suelo

Las fases del suelo denotan los muchos estados o componentes que componen su estructura e influyen en sus cualidades físicas, químicas y biológicas. Las fases incluyen sólida, líquida y gaseosa, que son esenciales para comprender los atributos dinámicos y vivos de los sistemas del suelo. Cada fase es esencial para la dinámica del suelo y afecta la capacidad de retención de agua, la aireación y la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

La fase sólida está formada por partículas minerales y orgánicas que constituyen la matriz física del suelo. Los minerales son el elemento principal de la fase sólida, incluidos constituyentes como arena, limo y arcilla, que resultan de la erosión de las rocas con el tiempo. Los diámetros de estas partículas influyen en la textura del suelo, reduciendo así su capacidad para retener agua y nutrientes. La materia orgánica, aunque sea un pequeño componente de la fase sólida, es vital para la fertilidad del suelo, ya que proporciona los nutrientes necesarios y mejora la estructura del suelo, promoviendo así la penetración del agua y la circulación del aire. Esta fase sólida sirve como sustrato para las raíces de las plantas y hábitat para las criaturas que viven en el suelo.

La fase líquida del suelo se compone principalmente de agua y sus componentes disueltos, como nutrientes y sales minerales. Esta fase líquida existe dentro de los poros del suelo y en los espacios intersticiales entre las partículas sólidas, lo que influye significativamente en la regulación del desarrollo de las plantas. La humedad del suelo facilita el transporte de nutrientes tomados por las raíces y contribuye a los procesos químicos y biológicos dentro del ecosistema del suelo. La capacidad de retención de agua del suelo depende de su textura y estructura; por ejemplo, los suelos arcillosos poseen una capacidad superior para almacenar agua en contraste con los suelos arenosos, que facilitan un drenaje más rápido. El equilibrio del agua y el aire dentro de los poros del suelo es esencial para la vitalidad de las plantas y los microorganismos del suelo.

La fase gaseosa del suelo consiste en aire que ocupa los poros que no están saturados de agua. Este aire es vital para la respiración de las raíces de las plantas y de

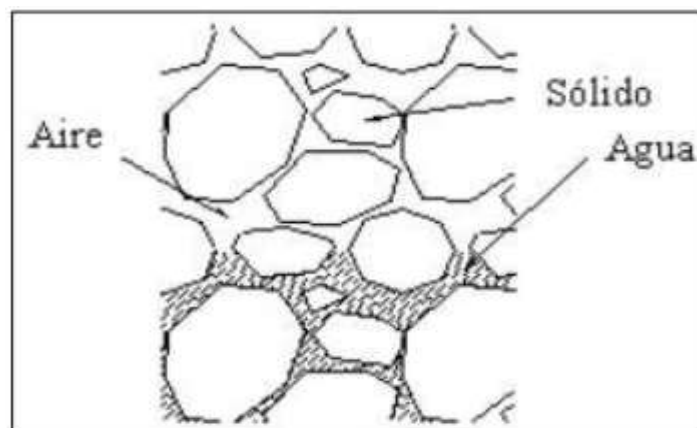
los microorganismos que residen en el suelo. El volumen y la composición del aire del suelo afectan directamente los procesos biológicos y químicos, incluida la descomposición de la materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes. La saturación excesiva del suelo desplaza el aire, lo que genera condiciones anaeróbicas que dificultan el desarrollo de las plantas y la actividad microbiana. Un equilibrio adecuado entre las fases líquida y gaseosa es esencial para mantener un suelo sano.

Incluida la flora y los microbios, y son cruciales para controlar procesos ecológicos vitales, como el ciclo del agua y los nutrientes. Lograr un equilibrio óptimo entre estas fases es crucial para el manejo sostenible del suelo, ya que cualquier alteración, como la humedad excesiva o la compactación del suelo, puede socavar su funcionamiento y capacidad para mantener la vida.

Desde el punto de vista de la ingeniería, el suelo se compone de tres fases distintas: materiales sólidos, líquidos y gaseosos, denominados conjuntamente fases del suelo. El comportamiento depende de la proporción relativa de cada fase.

Figura 1

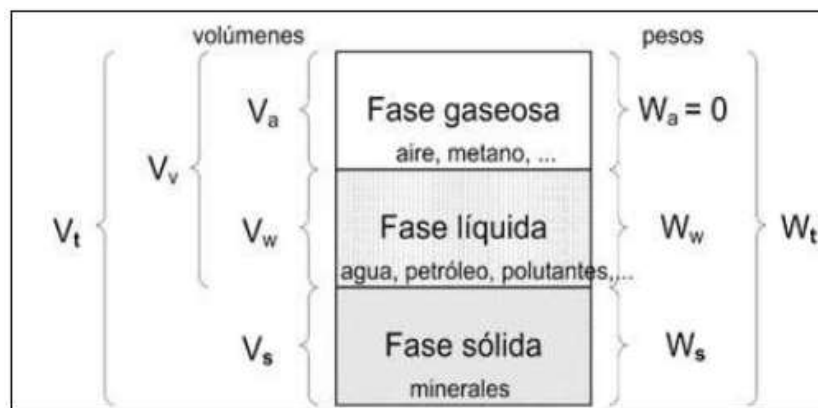
Composición del suelo



Nota. Ingeniería civil

- ❑ Fase líquida: Está compuesta principalmente por agua dulce, también se puede encontrar otros líquidos como petróleo, agua salada.

- ❑ Fase gaseosa: La composición incluye aire, junto con la posible presencia de gases adicionales como vapores sulfurosos, dióxido de carbono y metano.

Figura 2*Diagramas de fases de suelos*

Nota. Villalobos, 2018

2.2.3 Tipos de suelo

La cohesión es una característica definitoria que separa los suelos en dos categorías: suelos cohesivos y suelos no cohesivos. Los suelos cohesivos se caracterizan por su capacidad de mostrar cohesión, que es la característica de la atracción intermolecular. La arcilla es un ejemplo de suelo cohesivo. Por otro lado, los suelos no cohesivos se componen de partículas de roca sin ningún tipo de cementación. Ejemplos de suelos no cohesivos son la arena y la grava.

2.2.3.1 Suelos gruesos

Estos suelos se dividen en gravas y arenas, estas se separan por el tamiz No. 4, de manera que si se tiene más del 50% retenido en el tamiz No. 4 sería una grava y si está en el caso contrario pertenecerá al grupo de las arenas.

Los suelos gruesos se definen por una abundancia significativa de partículas grandes, incluidas arena y grava. Este suelo tiene una textura arenosa o pedregosa, lo que le confiere propiedades distintas en contraste con suelos más finos como la arcilla o el



limo. Los suelos gruesos poseen una porosidad inherente, lo que facilita un rápido drenaje del agua y poca retención de humedad. Esta característica puede ser beneficiosa o perjudicial, dependiendo de su uso o manejo.

La permeabilidad es una característica crucial de los suelos gruesos. El agua penetra rápidamente en los poros del suelo debido al tamaño de sus partículas, inhibiendo así la acumulación de agua en la superficie. Esto es ventajoso en escenarios donde se debe evitar la saturación o acumulación del suelo, como sitios de construcción o regiones agrícolas que necesitan un drenaje efectivo. Esta mayor permeabilidad indica que los suelos gruesos poseen una capacidad limitada para retener agua, lo que plantea desafíos para las prácticas agrícolas. En estos suelos, el agua se drena rápidamente, impidiendo que las plantas adquieran suficiente humedad, por lo que necesitan un riego más frecuente para mantener la hidratación esencial para el desarrollo.

Los suelos gruesos tienen una capacidad limitada de retención de nutrientes debido a sus características hidrológicas. Los nutrientes absorbidos en el agua se filtran rápidamente a través del suelo, disminuyendo su disponibilidad para las plantas. A diferencia de los suelos arcillosos, caracterizados por partículas más pequeñas y una mayor retención de agua y nutrientes, los suelos gruesos necesitan un control meticuloso de la fertilización. La aplicación constante y adecuada de fertilizantes es vital para evitar la lixiviación, que desplaza estos nutrientes clave a capas más profundas del suelo más allá del alcance de las raíces de las plantas.

Los suelos gruesos poseen una estructura física menos espesa en comparación con otras clases de suelo. Esto los hace más manejables y menos susceptibles a la compactación. Este atributo es ampliamente apreciado en varios sectores, como el de la construcción y el desarrollo de infraestructuras, ya que mejora la gestión del suelo. En entornos agrícolas, una cohesión insuficiente puede hacer que los suelos gruesos sean más vulnerables a la erosión eólica e hídrica, particularmente cuando no hay una cobertura vegetal extensa o medidas efectivas de conservación del suelo.



Aunque los suelos gruesos presentan deficiencias en la retención de agua y nutrientes, pueden lograr rendimientos sustanciales con un manejo adecuado. En agricultura, se utilizan ciertas técnicas para mejorar la capacidad del suelo, incluida la integración de materia orgánica para mejorar la estructura y aumentar la retención de humedad. De manera similar, la implementación de cubiertas vegetales y sistemas de riego eficaces pueden aliviar los impactos adversos del aumento de la permeabilidad.

En resumen, los suelos gruesos poseen distintas propiedades que los distinguen en sus interacciones con el agua y los nutrientes. Su mayor permeabilidad puede resultar ventajosa en algunos contextos; sin embargo, a menudo plantea dificultades para la retención de agua y nutrientes, particularmente en la agricultura. Con un manejo adecuado, estos suelos pueden usarse eficientemente tanto en actividades agrícolas como de construcción, siempre que se tengan en cuenta sus propiedades únicas.

2.2.3.2 Grava

Son aglomeraciones de trozos de roca que tienen un diámetro superior a dos milímetros. Las gravas sufren erosión al ser arrastradas por el agua, lo que provoca el desgaste de sus bordes y el posterior redondeo de éstos.

Los residuos sueltos suelen encontrarse en el lecho de los ríos y a lo largo de sus orillas. Las gravas suelen encontrarse en zonas extensas, normalmente acompañadas de cantidades variables de guijarros, arenas, limos y arcillas. La grava se compone principalmente de rocas de cuarzo y cuarcita. La composición del material también incluye clastos de caliza, basalto, granito y dolomita.

La grava es una sustancia granular formada por partículas de roca que varían en tamaño desde 2 mm hasta varios centímetros de diámetro. Se produce a partir de la descomposición natural de rocas masivas debido a procesos geológicos que incluyen la erosión y la erosión, o mediante métodos de trituración industrial. La grava es un material multifacético que se utiliza en varios ámbitos, incluidos la construcción, el paisajismo, la



producción de hormigón y la ingeniería civil. La grava es esencial en varias aplicaciones debido a sus propiedades físicas, incluidas durabilidad, resistencia y permeabilidad.

La grava es un elemento esencial en varias mezclas de hormigón dentro del sector de la construcción. Sirve como agregado grueso y confiere resistencia crítica a construcciones como cimientos, puentes, carreteras y edificios. En la mezcla de hormigón, la grava se amalgama con arena, cemento y agua, sirviendo como refuerzo estructural que mejora la resistencia del material resultante. Sus dimensiones y forma varían; no obstante, es crucial que las partículas de grava posean bordes relativamente lisos para mejorar la cohesión con otros elementos de concreto y estén libres de contaminantes que puedan comprometer la integridad del material.

Además de su uso en la construcción, la grava es fundamental para la creación de superficies de drenaje. Su elevada permeabilidad lo hace adecuado para iniciativas que requieren una gestión eficaz del agua, incluido el desarrollo de carreteras, senderos y sistemas de alcantarillado. En estos casos, la grava facilita el movimiento sin obstáculos del agua a través de sus intersticios, limitando así la recogida de agua superficial y mitigando el peligro de erosión o inundaciones. Este material es particularmente beneficioso para caminos rurales y regiones con drenaje inadecuado, ya que su rápida capacidad de penetración de agua es crucial para preservar la integridad de la superficie y reducir los daños.

La grava se utiliza a menudo en horticultura y paisajismo. En estas regiones, se utiliza principalmente como cubierta ornamental y práctica en jardines, caminos y entornos al aire libre. La grava ofrece una apariencia rústica y natural al mismo tiempo que ayuda a eliminar las malezas, mejora el drenaje del suelo y minimiza la erosión de la superficie. Además, en los sistemas de paisajismo sostenibles, la grava se utiliza para construir jardines de lluvia o zonas de infiltración que mejoran la absorción del agua de escorrentía, salvaguardando así el medio ambiente y los suministros de agua locales.

La grava se encuentra a menudo en depósitos naturales como los lechos de los ríos, donde las corrientes de agua erosionan y arrastran trozos de roca con el tiempo. Los



depósitos aluviales proporcionan un suministro importante de grava natural, que luego se recolecta mediante minería a cielo abierto o excavación para diversas aplicaciones. Cuando la grava es insuficiente o no cumple con las especificaciones del proyecto, puede generarse triturando la roca madre en las canteras. Esta técnica industrial permite regular las dimensiones y morfología de las partículas, garantizando el cumplimiento de los criterios requeridos para cada aplicación.

La grava se utiliza en ingeniería civil para la estabilización de suelos y el desarrollo de cimientos. La grava mejora la capacidad de drenaje y mitiga la propensión de los suelos arcillosos o limosos a contraerse o expandirse con la humedad, proporcionando así una base más estable para la infraestructura, incluidos caminos y edificios. Además, en los sistemas de drenaje subterráneos, la grava mejora la circulación del agua alrededor de las tuberías, protegiéndolas de la acumulación de sedimentos y manteniendo un flujo constante y eficiente.

En resumen, la grava es un recurso vital en varios sectores debido a su adaptabilidad, durabilidad y capacidad de mejorar las características de otros materiales. La grava proporciona soluciones prácticas y eficaces para muchos propósitos, incluida la construcción de estructuras duraderas, la gestión del drenaje y la mejora del paisaje. Su origen natural y sus diversas formas y tamaños lo convierten en un recurso útil tanto en entornos urbanos como rurales, mejorando su aplicación en proyectos de ingeniería, construcción y paisajismo a nivel mundial.

2.2.3.3 Arena

El término "arena" se refiere a los materiales finamente molidos que resultan de la erosión de la roca y de su trituración intencionada. El tamaño de las partículas de arena suele oscilar entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro. La arena y la grava suelen coexistir en un mismo yacimiento. Los sedimentos fluviales suelen estar compuestos por cantidades significativas de grava y arcilla. Cuando la arena se limpia, no se encoge al secarse. No es



plástica y es menos compresible que la arcilla. Si se coloca una carga sobre la superficie de la arena, ésta se comprime casi inmediatamente.

La arena es una sustancia granular formada por pequeñas partículas minerales, cuyo tamaño varía entre 0,063 mm y 2 mm. Estas partículas derivan de la desintegración de rocas y minerales, principalmente cuarzo, como resultado de procesos naturales como la erosión y la meteorización provocada por el viento, el agua y las fluctuaciones de temperatura. La arena es un recurso natural predominante con un uso sustancial en varios sectores, incluida la construcción, la producción de vidrio, las operaciones de fundición y la agricultura, entre otros.

La arena es un elemento crucial en la composición del hormigón, el mortero y varios otros materiales de construcción. La arena funciona como un agregado fino que se amalgama con cemento, agua y otros materiales, como grava, para crear un compuesto cohesivo y duradero. El uso de arena en la construcción permite que el hormigón alcance la consistencia necesaria para manipularlo y darle forma para cumplir con las especificaciones estructurales. Además, la arena mejora la estabilidad estructural al distribuir uniformemente las tensiones internas y aumentar la cohesión entre los componentes del material. La arena de primera calidad, que se distingue por un tamaño de grano constante y la falta de contaminantes, es crucial para la integridad estructural y la longevidad de los edificios.

La arena se utiliza mucho en la producción de vidrio. El vidrio se fabrica fundiendo arena de sílice a altas temperaturas, junto con otras sustancias como carbonato de sodio y cal. La sílice, el componente principal de la arena, es el elemento crucial que confiere claridad y resistencia al vidrio. Este procedimiento es crucial para la producción de ventanas, botellas, contenedores y otros artículos de vidrio esenciales para la vida diaria. La arena utilizada en este procedimiento debe ser de calidad superior, con bajas impurezas, para evitar defectos en el producto de vidrio final.

En ingeniería civil, la arena se utiliza en proyectos de infraestructura como carreteras y presas por su capacidad para proporcionar una base sólida y mejorar el



drenaje. En proyectos de pavimentación, la arena sirve como base para adoquines y losas, asegurando una alineación precisa de los componentes y minimizando la acumulación de agua que pueda comprometer la construcción. Además, se utiliza en mezclas asfálticas para la construcción de carreteras, mejorando la dureza frente a la abrasión y soportando situaciones de tráfico. La arena se utiliza en los sistemas de filtración de agua por su capacidad de capturar partículas de mayor tamaño, esenciales para la depuración de aguas subterráneas y residuales.

En agricultura, la arena juega una función crucial en la mejora de suelos compactados o arcillosos. Cuando se usa con estos suelos, la arena mejora la porosidad y facilita el drenaje, disminuyendo así la recolección de agua que podría afectar negativamente a las raíces de las plantas. Esta mezcla mejora la aireación del suelo, facilitando así el desarrollo de las raíces y aumentando la accesibilidad de los nutrientes para las plantas. A pesar de su deficiencia nutricional, la capacidad de la arena para mejorar la estructura del suelo la hace beneficiosa en la agricultura, particularmente en regiones con suelos compactados o con mal drenaje.

El paisajismo y la jardinería utilizan las características de la arena para muchos propósitos. Se utiliza para nivelación de terrenos y preparación de superficies de césped, así como para el establecimiento de jardines ornamentales o espacios de ocio, incluidos campos de golf y playas artificiales. En estos casos, la arena tiene un propósito estético y mejora la capacidad de drenaje del suelo al tiempo que minimiza la formación de charcos. Además, es frecuente su uso en espacios recreativos como parques infantiles y canchas de voleibol de playa, ya que ofrece una superficie segura y placentera para actividades al aire libre.

La industria de la fundición utiliza arena como sustancia maleable en la producción de componentes metálicos. La fundición en arena es un método que utiliza moldes de arena para formar metales fundidos, como hierro o aluminio. La capacidad de la arena para soportar altas temperaturas sin deformarse la convierte en un material ideal para muchos propósitos. Además, su maleabilidad facilita la fabricación de componentes de formas



intrincadas utilizados en varias industrias, incluida la fabricación de automóviles y maquinaria pesada.

A pesar de que la arena es un recurso natural abundante, su extracción no regulada ha generado problemas ambientales globales. La extracción de arena de ríos, playas y otros ecosistemas ha resultado en erosión, disminución de la biodiversidad y compromiso de la infraestructura adyacente. Las dificultades destacadas han impulsado la implementación de normas más estrictas sobre la extracción de arena y la creación de sustitutos sintéticos que replican sus cualidades físicas, con el objetivo de mitigar el daño ambiental.

En conclusión, la arena es una sustancia multifacética de gran relevancia en varios ámbitos industriales y actividades cotidianas. Su uso en la construcción, producción de vidrio, ingeniería civil, agricultura y operaciones de fundición lo establece como un recurso esencial para el avance humano. La creciente demanda de arena presenta problemas ambientales que requieren una gestión meticulosa de su extracción y uso para garantizar la sostenibilidad a largo plazo.

2.2.3.4 Suelos finos

Se trata de suelos con una elevada proporción de partículas inferiores a 0,075 mm, conocidos como suelos de grano fino. El prefijo M se utiliza para representar el limo inorgánico en los símbolos de grupo, mientras que el prefijo C representa la arcilla inorgánica y el prefijo O representa los limos y arcillas orgánicos. La letra "L" representa la plasticidad baja, indicada por un valor del límite líquido (LL) inferior a 50. Por el contrario, la letra "H" representa la plasticidad alta. Por el contrario, la letra "H" representa una plasticidad fuerte, indicada por un valor de límite líquido (LL) superior a 50. Esta información se muestra de la siguiente manera:

Los suelos finos se definen por su predominio de partículas diminutas, como limo y arcilla, que son mucho más pequeñas que las de los suelos gruesos. Estas



partículas suelen poseer un diámetro inferior a 0,063 mm, lo que da como resultado una textura del suelo suave y cohesiva. Los suelos finos poseen características distintivas atribuibles al tamaño de sus partículas y su capacidad para retener agua y nutrientes, lo que los hace importantes en muchas aplicaciones, particularmente en agricultura y construcción.

Una característica notable de los suelos finos es su elevada capacidad de retención de agua. A diferencia de los suelos gruesos que facilitan un drenaje rápido, los suelos finos poseen la capacidad de absorber y retener agua dentro de su estructura durante períodos prolongados. Esta capacidad surge de los diminutos agujeros que se desarrollan entre las partículas, facilitando la retención de agua en el interior del suelo. Esta característica puede ser perjudicial en circunstancias excesivamente húmedas, ya que los suelos finos son propensos a encharcarse, lo que provoca problemas de aireación y una menor disponibilidad de oxígeno para las raíces de las plantas y sus microbios asociados cerca de la superficie.

La plasticidad es un atributo crucial de los suelos finos, especialmente aquellos con elevada concentración de arcilla. Los suelos arcillosos exhiben adhesividad mientras están húmedos y se vuelven firmes o compactos al secarse, lo que les permite moldearse y deformarse bajo presión. Esta característica presenta tanto un beneficio como una dificultad. En la construcción, los suelos finos que exhiben una plasticidad significativa necesitan un manejo cuidadoso, ya que su propensión a expandirse y contraerse con las fluctuaciones de humedad puede comprometer la integridad de las estructuras erigidas sobre ellos. No obstante, su capacidad de deformarse sin fracturarse los convierte en suelos apropiados para la construcción de barreras impermeables en proyectos de ingeniería, como presas o canales.



Los suelos finos ricos en arcilla tienen una importante capacidad de intercambio catiónico, lo que les permite retener y liberar nutrientes vitales para las plantas, como potasio, calcio y magnesio. Esta característica los convierte en suelos muy productivos cuando se manejan adecuadamente. Regular la humedad del suelo es crucial para maximizar la fertilidad, ya que el exceso de agua puede impedir la absorción de nutrientes por las raíces, mientras que una cantidad insuficiente de agua puede obstruir la descomposición y movilidad de estos nutrientes bajo la superficie.

En la agricultura, los suelos finos se valoran por su capacidad para sustentar cultivos ricos en nutrientes; no obstante, necesitan un control meticuloso del riego y la aireación. Los métodos agrícolas que integran materia orgánica y reducen la labranza pueden mejorar significativamente la estructura de los suelos finos, aliviando la compactación y promoviendo el drenaje. Además, la rotación de cultivos y el uso de cultivos de cobertura son métodos eficaces para preservar la integridad de los suelos finos y evitar su deterioro.

A pesar de sus beneficios, los suelos finos pueden presentar algunos obstáculos. Muestran más susceptibilidad a la erosión que los suelos gruesos. El viento y el agua pueden desplazar fácilmente pequeñas partículas del suelo debido a su tamaño, especialmente en terrenos expuestos o mal mantenidos. Este problema se agrava en las pendientes, donde la erosión hídrica puede desplazar cantidades significativas de suelo cultivable. En consecuencia, el uso de métodos de conservación del suelo, como terrazas o barreras vegetales, es crucial para salvaguardar los suelos finos contra la degradación relacionada con la erosión.

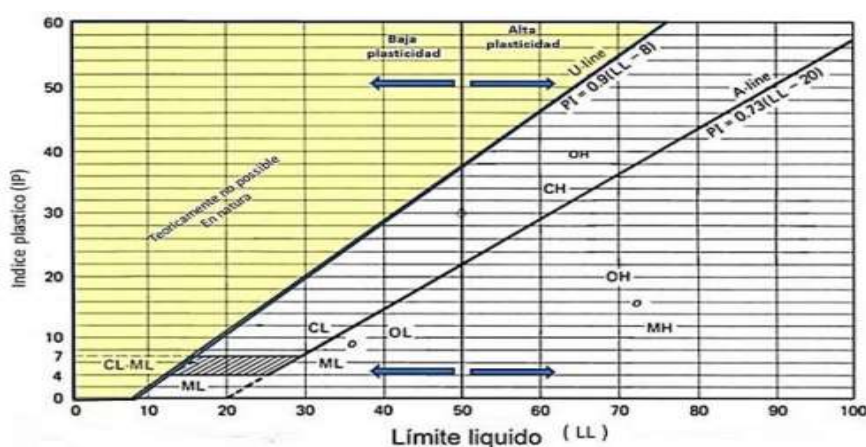
En la construcción, los suelos finos necesitan un manejo específico, particularmente en proyectos que requieren edificios sustanciales o infraestructura

de transporte. Debido a los cambios volumétricos de los suelos finos en respuesta a las variaciones de humedad, es fundamental realizar un examen exhaustivo de sus características antes de iniciar cualquier actividad. Los ingenieros suelen optar por estabilizar estos suelos mediante el uso de productos químicos como cal o cemento para mejorar su estabilidad y mitigar los problemas relacionados con la expansión y la contracción.

En conclusión, los suelos excelentes poseen atributos distintivos que los hacen sobresalientes y muy buscados en muchas situaciones. Su capacidad para almacenar agua y nutrientes los hace beneficiosos para la agricultura, siempre que se mantengan bien. En la construcción, su adaptabilidad y vulnerabilidad a alteraciones volumétricas necesitan una cuidadosa consideración para garantizar la integridad estructural. Además, la erosión representa una amenaza considerable para estos suelos, lo que subraya la necesidad de adoptar técnicas de conservación. A pesar de estas limitaciones, los suelos finos representan un recurso importante que, cuando se maneja bien, puede proporcionar ventajas sustanciales en la agricultura y la ingeniería.

Figura 3

Clasificación del suelo fino



Nota. L. Borselli

2.2.3.4.1 Limos

A veces se denomina lodo o limo y se forma cuando las partículas suspendidas en el agua, como en ríos, mares o lagos, se asientan y acumulan. "Loes" o limo calcáreo se refiere al transporte y deposición de partículas de suelo extremadamente pequeñas, en particular de suelo calcáreo, por el viento (origen eólico).

El limo es una clasificación del suelo de partículas de tamaño intermedio, más finas que la arena pero más gruesas que la arcilla, que normalmente oscilan entre 0,002 y 0,063 mm de diámetro. Este tipo de suelo tiene propiedades distintas que lo diferencian de los suelos arenosos y arcillosos, y su comportamiento está influenciado por la composición de otros tipos de partículas en el sustrato. El limo se deriva de la erosión gradual de las rocas mediante procesos naturales como la erosión y, a menudo, se encuentra en ambientes acuáticos, incluidos ríos, lagos y deltas, donde las corrientes fluviales depositan sedimentos.

Una característica importante de los limos es su textura flexible y su capacidad de compactación eficiente. El limo tiene una sensación táctil suave cuando se manipula entre las yemas de los dedos, en marcado contraste con la sensación áspera de la arena, indicativa de su tamaño de partícula más pequeño. Esta textura permite que los limos retengan una cantidad modesta de agua, proporcionándoles una capacidad superior de retención de humedad en relación con los suelos más gruesos, como los suelos arenosos. Esta característica hace que el limo sea susceptible a problemas de drenaje, ya que sus partículas crean una capa densa que impide la filtración del agua.

Los suelos limosos, aunque exhiben una retención de agua superior en comparación con los suelos arenosos, pueden no retener nutrientes tan bien como los suelos arcillosos. No obstante, pueden proporcionar un ambiente apropiadamente favorable para el desarrollo de las plantas cuando se manejan de manera efectiva. Los suelos limosos, caracterizados por un alto contenido de limo, son apreciados en la agricultura por su capacidad para retener la humedad y al mismo tiempo minimizar la



compactación, facilitando así un desarrollo óptimo de las raíces. En circunstancias de alta humedad, el limo puede crear una costra dura en la superficie del suelo cuando se seca, lo que dificulta la germinación de las semillas y bloquea la penetración de las raíces en capas más profundas.

Otro aspecto a considerar sobre el limo es su vulnerabilidad a la erosión. Las partículas finas de limo son fácilmente transportadas por el viento y el agua, lo que hace que estos suelos sean muy susceptibles a la erosión. En regiones caracterizadas por suelos limosos con poca vegetación, la erosión puede ser un problema importante, particularmente después de precipitaciones intensas o en lugares sujetos a fuertes vientos. La pérdida de suelo inducida por la erosión disminuye la riqueza de la capa superior del suelo y puede provocar sedimentación en cuerpos de agua adyacentes, lo que afecta negativamente a los ecosistemas acuáticos.

En la construcción, los suelos con elevada concentración de limo plantean problemas específicos. Los sedimentos pueden volverse inestables cuando se saturan debido a su capacidad para retener y absorber agua. Esto puede generar complicaciones durante la construcción del proyecto, ya que la estabilidad del suelo es crucial para la longevidad de las estructuras. A veces, los ingenieros mejoran los suelos limosos mediante el uso de aditivos como cal o cemento para promover la cohesión y la resiliencia, evitando así problemas relacionados con el asentamiento o el deslizamiento diferencial.

A pesar de los obstáculos que presentan, los limos poseen una utilidad significativa en ciertos contextos. En las zonas de restauración ambiental, los sedimentos podrían resultar ventajosos para el establecimiento de humedales artificiales o la rehabilitación de ecosistemas ribereños. Los limos, debido a su capacidad para retener la humedad, proporcionan un sustrato apropiado para la flora que florece en condiciones húmedas. Además, en proyectos de ingeniería como la construcción de presas o diques, se puede utilizar limo para crear barreras impermeables que inhiben la infiltración de agua.

En resumen, los limos son suelos de grano fino que exhiben características tanto de suelos arenosos como arcillosos, lo que resulta en propiedades distintas en cuanto a

retención de agua, disponibilidad de nutrientes y compactación. Si bien los sedimentos pueden beneficiar a algunos cultivos, plantean problemas como la erosión y la inestabilidad cuando se saturan de agua. Con una gestión adecuada, pueden utilizarse tanto en agricultura como en ingeniería, dependiendo de la evaluación de sus atributos y limitaciones.

2.2.3.4.2 Arcillas

Su diámetro es menor a 0.002 mm. Al proceder de la meteorización química son partículas planas, cuando existe presencia de agua son fácilmente moldeables, y tienden a expandirse y contraerse. Son prácticamente impermeables. En seco pueden presentar una resistencia elevada. Fracción que pasa el tamiz No.200 (0.075 mm), partículas menores de 0.002 mm. El sistema unificado cataloga a como arcilla cuando el porcentaje de masa de la muestra es mayor al 50% que pasa el tamiz No.200 (0.075 mm) y dependiendo de su límite líquido pueden ser de alta o baja plasticidad.

Las arcillas son un tipo de suelo formado por partículas muy pequeñas, a menudo de menos de 0,002 mm de diámetro. Estas diminutas partículas proporcionan cualidades físicas y químicas distintivas a las arcillas, distinguiéndolas notablemente de otros tipos de suelos, como los arenosos o limosos. Las arcillas tienen un potencial significativo para la retención de agua y nutrientes debido a su tamaño y estructura, lo que las hace esenciales en la agricultura y la construcción; sin embargo, su manejo puede resultar complejo debido a sus características únicas. en contra de las fluctuaciones de la humedad.

Un atributo importante de las arcillas es su potencial sustancial para la retención de agua. El diminuto tamaño de partícula de las arcillas facilita una estructura densa capaz de retener cantidades sustanciales de agua dentro de sus poros. Esta característica hace que las arcillas sean muy beneficiosas en la agricultura, ya que pueden funcionar como depósito de agua durante las estaciones áridas. Esta característica puede causar problemas cuando el suelo está sobresaturado, ya que las arcillas a menudo se vuelven impermeables, dificultando el drenaje y quizás provocando charcos o encharcamientos



prolongados del suelo. Por lo tanto, esto puede disminuir el oxígeno accesible a las raíces de las plantas, afectando así su desarrollo.

Lo que lleva a una mayor producción cuando se manejan bien. Dadas las características cohesivas y compactas de las arcillas, es fundamental el uso de prácticas agrícolas que potencien su estructura, como la incorporación de materia orgánica o la aplicación de métodos de laboreo reducido para evitar una compactación significativa.

Un atributo notable de las arcillas es su plasticidad. Cuando están húmedas, las arcillas pueden moldearse fácilmente, lo que les permite adoptar diversas formas sin fracturarse. Las arcillas son ventajosas en varios usos industriales, incluida la producción de ladrillos, cerámica y otros materiales de construcción. No obstante, esta flexibilidad puede presentar desafíos en algunos contextos, como la construcción de infraestructura. Los suelos arcillosos exhiben expansión y contracción en respuesta a las variaciones de humedad, comprometiendo potencialmente la estabilidad estructural de los edificios construidos sobre ellos. Este fenómeno, denominado expansión y contracción, puede provocar problemas en cimientos, carreteras y otras infraestructuras si no se implementan medidas adecuadas para estabilizar el suelo.

Las arcillas son reconocidas por su capacidad para crear barreras impermeables, lo que las convierte en materiales adecuados para determinadas tareas de ingeniería. Las arcillas se utilizan frecuentemente en la construcción de presas, embalses y vertederos debido a su baja permeabilidad, fundamental para evitar la penetración de agua o contaminantes. Las arcillas pueden funcionar como una barrera natural que sella las superficies, previniendo así la contaminación del agua subterránea y minimizando la pérdida de agua en los embalses. Además, las arcillas se utilizan en el sector petrolero para la construcción de revestimientos de pozos y como aditivos en operaciones de perforación, debido a su capacidad para crear una suspensión estable y proteger las paredes de los pozos.

Aunque los suelos arcillosos ofrecen varias ventajas, plantean considerables dificultades para la agricultura y la construcción si no se gestionan adecuadamente. En la

agricultura, los suelos arcillosos secos pueden compactarse y endurecerse, impidiendo el desarrollo de las raíces y disminuyendo la permeabilidad del suelo. Además, el anegamiento prolongado puede afectar negativamente a muchas plantas que necesitan un suelo bien aireado para un crecimiento óptimo. Para abordar estas dificultades, es habitual utilizar estrategias de manejo del suelo que mejoren la estructura de la arcilla, incluida la aplicación de abonos verdes, la rotación de cultivos y la incorporación de materia orgánica.

En resumen, las arcillas son un tipo de suelo distinto que se caracteriza por su importante capacidad para retener agua y nutrientes, maleabilidad y capacidad de respuesta a las fluctuaciones de humedad. A pesar de su productividad y beneficios para muchos usos industriales y técnicos, estos suelos plantean problemas relacionados con el drenaje, la expansión y la contracción, lo que requiere una gestión eficaz para optimizar su potencial. Las arcillas son esenciales en la agricultura, la construcción y la industria, y su adaptabilidad las convierte en un recurso importante para muchas aplicaciones.

2.2.3.5 Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Arthur Casagrande introdujo inicialmente el Sistema Unificado de Categorización de Suelos (SUCS) en 1948 con el fin de construir aeródromos durante la Segunda Guerra Mundial. Posteriormente fue perfeccionado y estandarizado por la ASTM como técnica de categorización. Este sistema puede dividirse en dos clasificaciones generales:

- a. **Suelo grueso:** Grava y arena en estado natural, con un mínimo del 50% del espécimen que pasa por el tamiz n° 4 (4,76 mm). La grava y la arena se representan mediante símbolos de grupo que comienzan por las letras G y S, respectivamente.
GW y SW: Material bien graduado.
GP y SP: Material mal graduado.
GM y SM: Material con finos no plásticos.
GC y SC: Material con finos plásticos.



b. Suelo fino:

CH: Las arcillas de alta plasticidad se identifican por un límite líquido superior al 50%.

ML: Limos con plasticidad mínima, definida por un límite líquido inferior al 50% y un índice plástico inferior al 4%, y una porción que está por debajo de la línea A.

MH: Arcillas inorgánicas, definida por el límite líquido mayor a 50%.

Es una metodología predominante en ingeniería civil y geotecnia para clasificar suelos según sus características granulométricas y de plasticidad. Esta técnica clasifica los suelos en función de su comportamiento y propiedades físicas, lo que mejora la investigación e informa las decisiones en proyectos de construcción, infraestructura y gestión de suelos. El SUCS fue creado por primera vez por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos y la Oficina de Recuperación de los Estados Unidos, y ha sido adoptado mundialmente por su eficacia en la ingeniería de suelos.

La categorización de suelos en el SUCS está determinada principalmente por dos criterios: tamaño de partícula e Nivel de flexibilidad del suelo. Estos factores nos permiten evaluar el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de carga y humedad, lo cual es crucial para el diseño y construcción de estructuras en dichos suelos. El tamaño de las partículas indica los componentes principales del suelo: grava, arena, limo o arcilla, mientras que el Nivel de flexibilidad del suelo evalúa la capacidad del suelo para doblarse sin fracturarse en condiciones húmedas o secas.

Los suelos se clasifican en clasificaciones gruesas y finas. Los suelos gruesos tienen partículas enormes, como grava y arena, mientras que los suelos finos están formados por partículas más pequeñas, como limo y arcilla. En el SUCS, los suelos gruesos se clasifican en gravas (G) y arenas (S), que se delimitan aún más según su clasificación, es decir, si las partículas son consistentes en tamaño (bien clasificadas) o una combinación heterogénea de tamaños variables (mal clasificadas). Los suelos finos se clasifican en limosos (M) y arcillosos (C), distinguiéndose por sus grados de plasticidad: alta, baja o intermedia.



Estas pruebas ayudan a determinar si un suelo fino tiene propiedades de limo o arcilla y su susceptibilidad a problemas como la expansión y contracción debido a las fluctuaciones de humedad.

En la nomenclatura SUCS, los suelos se clasifican mediante una combinación de letras que indican su clasificación. Un suelo designado como GP es una grava bien graduada, mientras que un suelo clasificado como CL es una arcilla de baja plasticidad. Esta notación sucinta permite a los ingenieros y geotécnicos comprender rápidamente las características de un suelo en particular y anticipar su comportamiento en diversas situaciones. El SUCS comprende suelos orgánicos, incluida la turba (Pt), caracterizados por un elevado contenido de materia orgánica y características distintas a los suelos minerales.

El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos es crucial para proyectos de ingeniería, ya que permite a los profesionales evaluar la idoneidad del suelo para la construcción de cimientos, carreteras, presas u otras infraestructuras. Los suelos que no están definidos adecuadamente o exhiben una flexibilidad excesiva pueden necesitar estabilización o ajustes para mantener la integridad estructural. La categorización de suelos utilizando el SUCS es crucial para anticipar posibles problemas con el drenaje, la compactación y la capacidad de carga, que son vitales para garantizar la seguridad y la longevidad de cualquier proyecto.

En resumen, SUCS es un método de clasificación de suelos que clasifica los suelos según el tamaño de las partículas y las propiedades de plasticidad. Esta metodología es fundamental en ingeniería civil y geotecnia, ya que facilita la previsión del comportamiento del suelo en determinadas circunstancias y ayuda a la toma de decisiones informadas sobre su gestión en proyectos de edificación. La prevalencia global ilustra su eficacia y precisión en la evaluación de terrenos para infraestructura y desarrollo.

2.2.3.6 Asociación Americana de carreteras estatales y oficiales de transporte (AASHTO)

Los materiales se clasifican en siete clasificaciones primarias según el sistema de categorización de la AASHTO, que va de A1 a A-7. Los materiales granulares, con una distribución granulométrica en la que el 35% o menos de las partículas pueden atravesar un tamiz del n° 200 (0,075 mm), son los componentes de los suelos clasificados como A-1, A-2 y A-3. A-4, A-5, A-6 y A-7 son las clasificaciones de los suelos que contienen más del 35% de partículas que pasan por el tamiz n.º 200 (0,075 mm). Estas agrupaciones se componen principalmente de materiales que contienen una cantidad significativa de arcilla y limo.

Los siguientes criterios son la base de este sistema:

a. Tamaño de grano

Grava: Porcentaje de material que pasa a través del tamiz de 75 mm (3") pero es retenido por el tamiz 4".

Arena: La proporción que atraviesa el tamiz n.º 4 pero que queda estancada por el tamiz n.º 200

Limo y arcilla: Proporción de partículas que atraviesan el tamiz número 200 con una luz de malla de 0,075 mm.

b. Plasticidad

El término "franco" se emplea para referirse a las fracciones de suelo que tienen.

Grupo A-1

Consiste en mezclas bien graduadas compuestas por trozos de piedra, grava y arena. Es imperativo que la cantidad que pasa por el tamiz n.º 200 sea inferior al 20% y la que pasa por el tamiz n.º 40 sea inferior al 50%, garantizando también que el IP sea inferior al 6%.

Grupo A-2

"Consiste en una gama diversa de material granular con un contenido de material fino inferior al 35%".

Grupo A-3

La composición incluye partículas granulares, como arenas finas, arenas de playa y arenas que tienen una cantidad mínima de limo y carecen de flexibilidad. Esta categoría comprende los sedimentos fluviales que consisten en grava y arena gruesa.

Grupo A-4

Estos suelos se caracterizan por su textura franca y su baja plasticidad. Incluyen un 75% o más de material fino que puede pasar a través de un tamiz con un tamaño de malla n.º 200 (0,075 mm).

Además, este grupo engloba combinaciones que contienen limo junto con grava y arena, con una composición máxima del 64%.

Grupo A-5

Los suelos de este grupo presentan similitudes con el grupo anterior, mostrando características clásicas y poseyendo un alto límite líquido.

Grupo A-6

La sustancia principal son las arcillas plásticas. Un mínimo del 75% del material debe poder pasar por el tamiz n.º 200 (0,075 mm), incluso en los casos en que las mezclas arenociliosas tengan un contenido inferior al 64% de arena y grava. Estas mezclas son propensas a experimentar cambios de volumen al pasar del estado seco al húmedo.

Grupo A-7

"Los suelos de esta categoría presentan similitudes con los suelos A6, pero poseen elasticidad y límites líquidos más altos".

2.2.4 Propiedad del índice de suelo

Esto permite una clasificación más precisa que se basa en las características inherentes del suelo, tanto individual como colectivamente.

En el próximo estudio examinaremos las cualidades índice de gradación, clase y consistencia. Estas propiedades se evaluarán de acuerdo con las normas establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el manual de ensayo de materiales.



El índice de suelo comprende un conjunto de atributos que facilita la evaluación y clasificación del comportamiento del suelo según sus cualidades físicas y mecánicas. Estas propiedades son esenciales en ingeniería civil y geotecnia, ya que proporcionan información vital sobre el comportamiento de un suelo bajo diversas circunstancias de carga, contenido de humedad y otras consideraciones ambientales. Las características principales del índice del suelo incluyen el límite líquido, el límite plástico, el Nivel de flexibilidad del suelo, el índice de vacíos y el índice de compresibilidad, entre otros. Estas propiedades permiten a los ingenieros emitir juicios fundamentados sobre el uso del suelo en proyectos de construcción, la integridad estructural y la necesidad de mejorar o estabilizar el terreno.

El límite líquido se determina mediante pruebas de laboratorio y es especialmente pertinente para suelos finos, incluidos limos y arcillas. Un límite líquido más alto indica una mayor capacidad del suelo para retener agua antes de perder cohesión y mostrar características fluidas.

Los suelos que tienen un límite plástico bajo son propensos a una mayor fragilidad cuando se secan, lo que puede provocar grietas y fallas estructurales en ciertas situaciones de construcción. El límite plástico, junto con el límite líquido, forma la base para calcular el Nivel de flexibilidad del suelo, que indica el rango de contenido de humedad dentro del cual el suelo tiene un comportamiento plástico.

El Nivel de flexibilidad del suelo es un parámetro crucial para clasificar y predecir el comportamiento de suelos finos. El valor se determina restando el límite plástico del límite líquido, indicando el rango dentro del cual el suelo puede moldearse o deformarse sin romperse. El suelo con un alto Nivel de flexibilidad del suelo tiene una mayor flexibilidad, lo que le permite deformarse y adaptarse a diferentes niveles de humedad sin deteriorarse. Un suelo con un Nivel de



flexibilidad del suelo bajo es más propenso a fracturarse o presentar características quebradizas al secarse. Esta métrica es crucial para evaluar suelos susceptibles a ciclos de expansión y contracción, particularmente suelos arcillosos.

El índice de huecos es una estadística importante que cuantifica la relación entre el volumen de huecos (espacios porosos) dentro del suelo y el volumen total del suelo. Esta medida es esencial para comprender la densidad, la capacidad de compactación y la permeabilidad del suelo. Los suelos con una alta proporción de huecos poseen una mayor cantidad de espacio poroso, lo que facilita una mayor retención de agua; sin embargo, también pueden demostrar una mayor susceptibilidad a la compresión bajo cargas aplicadas. Por el contrario, los suelos con un índice de vacíos bajo suelen ser más compactos y menos permeables, lo que los hace más apropiados para soportar cargas estructurales. La tasa de desocupación es particularmente vital en la construcción de cimientos y pavimentos, donde la estabilidad del suelo y la capacidad de carga son críticas.

El índice de compresibilidad cuantifica la capacidad de un suelo para disminuir su volumen bajo cargas externas. Este fenómeno prevalece en suelos finos, particularmente arcillosos, que presentan compactación bajo presión. La compresibilidad del suelo afecta su capacidad para sostener proyectos sustanciales, como edificios o carreteras, y puede alterar el asentamiento de estas estructuras con el tiempo. Un suelo con un alto índice de compresibilidad plantea desafíos en los proyectos de construcción debido a su propensión a sedimentarse sustancialmente bajo carga, lo que podría provocar daños estructurales. En consecuencia, realizar investigaciones geotécnicas antes de cualquier proyecto de infraestructura es fundamental para determinar si el suelo requiere estabilidad o mejora.



En resumen, las características del índice del suelo brindan información vital sobre el comportamiento del suelo en diversas situaciones y son cruciales para el diseño y la implementación de proyectos de ingeniería civil.

2.2.4.1 Gradación del suelo

El análisis granulométrico puede emplearse para determinar los diámetros de las partículas del suelo. Se afirmó que este método permite determinar cuantitativamente el tamaño de los gránulos del suelo.

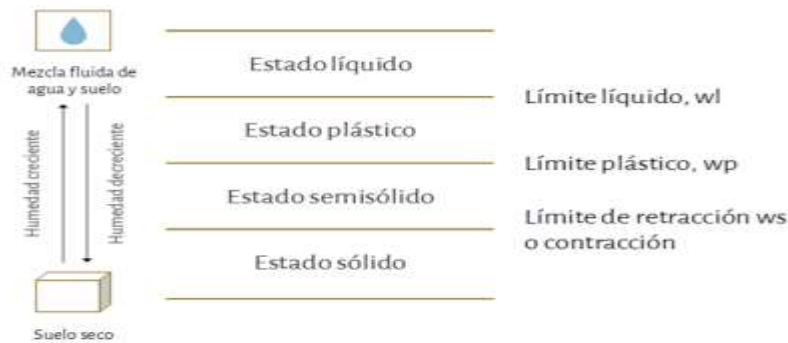
2.2.4.2 Consistencia de los suelos

Los suelos que contienen minerales arcillosos tienen la capacidad de sufrir deformaciones sin fracturarse (Crespo, 2004); Se debe a la capacidad de los minerales arcillosos para adsorber agua. Se ideó una técnica para dilucidar las propiedades reológicas de los suelos compuestos por partículas pequeñas y distintos niveles de humedad.

Juárez y Rico (2015), El suelo puede existir en varios estados de consistencia, que vienen determinados por el porcentaje de contenido de agua.

Das (2015), Los estados se clasifican en cuatro categorías fundamentales, causadas en su mayoría por el aumento del agua.

- Primero: En la forma sólida, el agua está presente en cantidades ínfimas y no se produce ningún cambio sustancial de volumen durante el proceso de secado.
- Segundo: El estado semisólido se refiere a una condición en la que el volumen de la sustancia se reduce cuando se somete al proceso de secado.
- Tercero: El estado plástico se refiere al estado de un material cuando su comportamiento es maleable y puede moldearse o deformarse fácilmente.
- Cuarto: Estado líquido, aspecto y comportamiento de una suspensión.

Figura 4*Consistencias y límites de atterberg*

Nota. Lambe y Whitman, 2017

2.2.5 Propiedades mecánicas del suelo

Combinando estas definiciones, podemos concluir que las propiedades son atributos de un material que determinan su capacidad para soportar fuerzas o deformaciones.

Los principales parámetros mecánicos considerados son la compactación del suelo (Proctor modificado) y la resistencia al cizallamiento del suelo (coeficiente portante de California).

2.2.5.1 Densidad seca máxima – humedad óptima

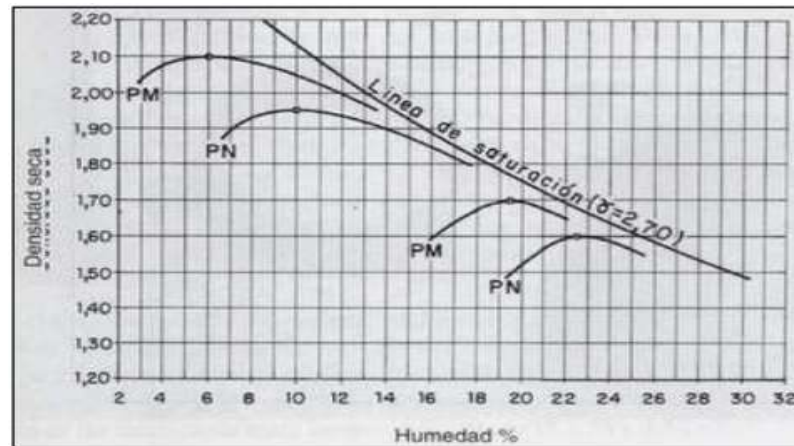
La densidad seca máxima es la propiedad más importante del suelo, esta se la obtiene en el laboratorio y está en relación con la densidad humedad y el contenido de humedad. Esta propiedad trata de alcanzar la densidad máxima después de realizar varias pruebas a diferentes variaciones de humedad. Esto se realiza con la finalidad de obtener varios registros de ensayos y mediante una línea unirlos para obtener la curva de compactación a fin de conocer el valor máximo de densidad seca y con ello el valor de contenido de humedad. Para determinar este ensayo se utiliza la norma.

2.2.5.2 Contenido óptimo de humedad

La densidad seca máxima del suelo que puede alcanzarse compactándolo con un esfuerzo de compactación específico viene determinada por su contenido de humedad.

Figura 5

Curva de compactación



Nota. F Herráez 2020

El contenido óptimo de humedad es el valor que corresponde al máximo en la curva de densidad.

2.2.5.3 Proctor modificado

La prueba Proctor modificado implica la utilización de una mayor energía y altura de plomada. Esta prueba evalúa la densidad máxima que logra alcanzar un suelo cuando está totalmente seco, en condiciones de humedad específicas.

La norma especifica diferentes tipos de métodos como se muestra en la Tabla, para este ensayo también señala que las variaciones de humedad deben hacerse mínimo de 1.5%. Las características que se deben tomar en cuenta para la prueba de Proctor modificado son las siguientes:

Tabla 2

Método de ensayo de Proctor

Características		Método		
		A	B	C
Molde	Volumen (cm ³)	944	944	2124
	Diámetro (mm)	101,6	101,6	152,4
Pisón	Masa (kg)	4,54	4,54	4,54
	Altura de caída (mm)	457	457	457
Número de capas de compactación		5	5	5
Número de golpes por capa		25	25	56
Energía de compactación		2700	2700	2700
Suelo para usarse pasa por el tamiz		No. 4	3/8	¾
Criterio de selección				
	Porcentaje retenido por el tamiz No. 4	<25%	>25%	
	Porcentaje retenido por el tamiz 3/8"		<25%	>25%
	Porcentaje retenido por el tamiz 3/4"			<25%

Nota. ASTM D1557

Figura 6

Maquina de ensayo Proctor y CBR



2.2.5.4 Relación de soporte de california (CBR)

Esta tentativa consiste en comprimir el suelo en moldes normalizados, sumergirlo en agua e impartir un impacto de fuerza a la superficie del molde utilizando un pistón normalizado.

El ensayo Proctor se emplea para determinar el contenido óptimo de humedad de la muestra y la densidad máxima para realizar este ensayo. Esto permitirá añadir agua a la muestra hasta alcanzar el contenido de humedad deseado. El procedimiento sigue un protocolo típico que incluye el uso de tres moldes cilíndricos. El primer molde se somete a 56 impactos, el segundo molde a 25 impactos y el tercer molde a 12 impactos por capa. Cada molde contiene un total de 5 capas. Una vez obtenido esto se procede a enrasar cada molde desmontándolos para poder invertirlos y se vuelve a montar una vez terminado este procedimiento se los sumerge en agua.

Cuando los cilindros estén sumergidos en el agua se toma la medida diaria como mínimo por 4 días con el trípode de medidas cuando esto haya transcurrido se saca los moldes del agua y se procede a dejar en escurrimiento para poder ensayarlos.

2.2.6 *Propiedades físicas del suelo*

2.2.6.1 Contenido de humedad

Los volúmenes de vacíos y sólidos son difíciles de medir, es práctico y preciso la medición de masas. La más común es la medición en el laboratorio de la masa húmeda y masa seca, para luego determinar la masa de agua. La masa seca se obtiene después de colocar la muestra húmeda al horno mínimo 16 horas entre 105 a 110°C hasta que el valor se estabilice, es decir hasta que se quede sin agua que evaporar. Para determinar el contenido de humedad usamos:

$$w = \frac{W_w}{W_s} * 100$$



2.2.6.2 Tamaño de partículas en suelos

La Tamaño de partículas en suelos de los suelos se basa en el tamaño de los granos, esta relación con la resistencia mecánica y el comportamiento hidráulico. Tanto la resistencia mecánica como la capacidad de transportar agua a través de espacios intersticiales o cavidades aumentan a medida que aumenta el tamaño de los áridos. En la construcción de caminos, la selección de bandas granulométricas es usada para evaluar si un tipo de suelo es apropiado o no como base y sub-base.

El tamaño de las partículas es un término que denota la distribución del tamaño de las partículas en un suelo, calculado como porcentaje del peso total de la muestra deshidratada. Para determinar el tamaño de las partículas es necesario utilizar un juego de tamices, que se detallan en la norma.

Para la determinación de la Tamaño de partículas en suelos se tiene dos métodos los cuales están normados y válidos, el método húmedo usado el hidrómetro y sifonado, el método seco usando tamices. En esta investigación se utilizó el método seco para determinar la Tamaño de partículas en suelos.

2.2.6.3 Análisis granulométrico

En el contexto norteamericano, se suelen utilizar dos tipos de tamices. En el contexto norteamericano, se suelen utilizar dos tipos de tamices.

La serie Tyler de esta colección de tamices se caracteriza porque cada malla tiene una separación dos veces mayor que la del tamiz inmediatamente inferior. La designación numérica de cada tamiz se correlaciona con el número de aberturas por pulgada lineal.

En la serie U.S. Standard, los valores numéricos asignados a cada tamiz están inversamente relacionados con el tamaño de las aberturas. En esta investigación se utilizó la serie convencional, en la que el tamiz n.º 200 tiene poros de la mitad del tamaño del tamiz n.º 100.

2.2.6.4 Límite líquido

El límite líquido se refiere al nivel de humedad, expresado en porcentaje, en el que el suelo experimenta una transición de la forma plástica a la líquida.

Se determina por medio del ensayo de Casagrande normalizado en la norma, consiste en dar 25 golpes a una masa de suelo húmeda colocada en la copa de Casagrande para que cierre una ranura de 1/2" de amplitud.

Figura 7

Copa Casagrande



Nota. Vargas, 2019

2.2.6.5 Límite plástico

Contenido de agua en el que el suelo pasa de una condición plástica a una semisólida, expresado en porcentaje. La determinación se basa en el ensayo normalizado conforme a la norma establecida.

2.2.6.6 Nivel de flexibilidad del suelo

$$IP = LL - LP$$

Ip = Nivel de flexibilidad del suelo

LL = Límite Líquido

LP = Límite plástico

La plasticidad del suelo se mantiene por el grado en que cambia su contenido de humedad, determinado por el índice, que se expresa como porcentaje del volumen seco del espécimen de la superficie. Este índice cuantifica el contenido de arcilla y mide la finura del suelo y su capacidad para sufrir deformaciones sin cambiar su volumen. Un Nivel de flexibilidad del suelo elevado significa abundancia de arcilla.

2.2.6.7 Gravedad específica

El ensayo de gravedad específica permite conocer el grado de saturación de los suelos, este ensayo nos ayuda a conocer la curva de cero vacíos (100% de saturación) en el ensayo Proctor. La gravedad variada es un valor adimensional que se obtiene dividiendo la densidad de superficie por la densidad del agua. Se utiliza para clasificar las muestras de suelo en varios tipos.

2.2.7 Pavimentos

Los pavimentos son estructuras compactas diseñadas específicamente para soportar la carga de los vehículos. Estas estructuras están compuestas por numerosas capas que aseguran una distribución equitativa de las fuerzas y las transmiten eficazmente a la superficie o terreno natural, evitando así cualquier distorsión del pavimento. La función principal de las capas de erosión en un pavimento es sostener las presiones producidas por el tráfico de vehículos. Sin embargo, los factores económicos y de vida útil también contribuyen a su diseño. La "estructura del pavimento" está compuesta por los estratos que son los componentes fundamentales de un pavimento flexible. Estos estratos están formados por un ligante asfáltico, una subbase granular y una base granular, y una subrasante mejorada, como se ilustra en la figura.

Figura 8*Pavimento flexible**Nota.* Elaboración propia

2.2.8 Mejoramiento de subrasante

El saneamiento del subsuelo es el proceso de mejora de las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo desde una perspectiva normativa. La estabilización del suelo se lleva a cabo en superficies que son inapropiados e inestables, concretamente aquellos con un California Bearing Ratio (CBR) inferior al 6%. Para la estabilización pueden utilizarse diversos métodos, como la sustitución del suelo y la incorporación de geosintéticos (geomalla). El ingeniero responsable debe evaluar el contexto y considerar factores como el coste y el tráfico para identificar el tipo de estabilización adecuado para el diseño.

2.2.9 Elementos típicos del pavimento flexible

Los componentes de una estructura de pavimento flexible suelen incluir:

- a. **La subrasante:** La subrasante se refiere al nivel final de excavación o relleno sobre el que se construye el pavimento. La evaluación adecuada de la subrasante es crucial, ya que sirve de base para la construcción del pavimento. La evaluación de las propiedades físicas y mecánicas de la capa de firme es esencial para gestionar eficazmente el riesgo de fallos estructurales, ya que es clave para soportar toda la estructura. La recomendación es compactar la subrasante al 95% de la norma proctor modificada, tal como se especifica en la EM 115 del MTC.



- b. Sub base:** La subbase, aunque es la menos costosa y de menor calidad, desempeña un papel crucial, ya que sirve de interfaz entre la estructura del firme (base y capa asfáltica) y la subrasante.

Una de las funciones de la subbase granular es facilitar el drenaje y regular el ascenso capilar del agua. En condiciones de congelación, el agua que sube por capilaridad tiende a expandirse cuando se congela, lo que provoca daños en el pavimento.

- c. Base:** Se trata de un compuesto de piedra triturada y grava, o material estabilizado sin partículas diminutas. La subrasante se coloca debajo de la capa de asfalto y tiene una importancia significativa. En consecuencia, es más costosa que la subbase pero considerablemente menos que la capa de asfalto.

Una característica notable de la base es su excepcional capacidad para soportar las deformaciones causadas por el peso excesivo de los vehículos, al tiempo que dispersa y transfiere eficazmente las tensiones resultantes a las capas inferiores. La variación de la base está directamente correlacionada con la elevación a la que se acomete el proyecto. Por lo tanto, es deber de los ingenieros elegir el material adecuado.

- d. Capa de rodadura:** La capa superficial de la carretera, que se apoya en una base granular, está diseñada para proporcionar un tráfico de vehículos suave y seguro. Como capa de betún, suele proteger a las capas subyacentes de la saturación y el deterioro provocados por la intemperie. La capa de rodadura es una capa resistente que puede soportar deformaciones y transmitir tensiones a las capas subyacentes.

2.2.10 Mejoramiento por geomallas

2.2.10.1 Geomallas

Las geomallas son geosintéticos compuestos por una sustancia polimérica y se utilizan en proyectos y estructuras de ingeniería civil como componente esencial en suelos, rocas, tierras u otros materiales geotécnicos. Los geosintéticos se componen de materiales poliméricos, naturales o sintéticos.

Los principales geosintéticos utilizados para el refuerzo se componen de una disposición uniforme de piezas de alta resistencia a la tracción, que presentan aberturas de dimensiones suficientes para alojar un mecanismo de seguridad junto con el material de relleno circundante.

Las geomallas presentan una estructura de malla abierta visible. El objetivo principal de estos dispositivos es distribuir las tensiones de manera más uniforme.

Pueden fabricarse mediante métodos de extrusión, tejido o soldadura. El refuerzo puede desarrollarse en dirección uniaxial, biaxial o multiaxial, como se muestra en la imagen.

Figura 9

Geomallas



Nota. Danilo Galecio Castillo, 2019

2.2.11 Tipos de geomallas

El sistema de refuerzo está diseñado para mejorar el rendimiento global de la estructura evitando posibles disfunciones que puedan derivarse de discontinuidades en la estructura del firme.

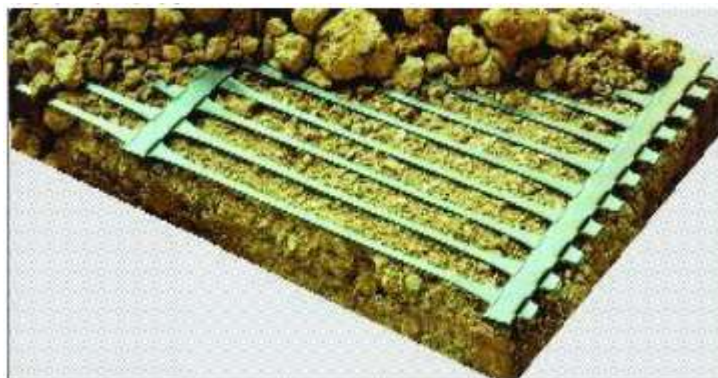
Las geomallas se emplean en un sistema de pavimento para cumplir dos funciones principales de los geosintéticos: la fortificación y la segregación.

Las geomallas pueden clasificarse en dos clases en función de la dirección en la que se desarrolla el refuerzo y en función de su proceso de fabricación.

- a. **Geomallas uniaxiales:** La figura muestra geomallas uniaxiales. Estos polímeros son inertes y unidireccionales, lo que significa que sólo tienen resistencia en una dirección. Su geometría les permite adquirir una gran resistencia a la tracción en sentido longitudinal. Como resultado, se emplean habitualmente para estabilizar muros, taludes y terraplenes. Estas geomallas pueden extruirse y soldarse a lo largo de su proceso de fabricación.

Figura 10

Geomallas uniaxiales



Nota. Earth technologies, 2019

- b. **Geomallas biaxiales**

Las geomallas biaxiales son geomallas planas compuestas de propilenos, que son químicamente inactivos y poseen propiedades consistentes, como se representa en la figura. En este escenario, el procedimiento de extrusión y estiramiento se produce tanto en sentido longitudinal como transversal. Como estructura plana, presenta una resistencia sustancial en dos direcciones perpendiculares. El uso de aberturas rectangulares mejora el confinamiento lateral en superficies inestables, como la subbase y el subsuelo. Cuando se incluyen en la cimentación, mejoran la durabilidad a la tracción de las carreteras sin pavimentar, así como de los pavimentos rígidos y flexibles. Pueden utilizarse para reforzar terraplenes, retener secciones de roca, servir

de gaviones en las riberas de los ríos, reparar fallos en taludes, etc. Las geomallas pueden fabricarse mediante procesos de extrusión, soldadura o tejido, y pueden utilizarse según las necesidades.

Figura 11

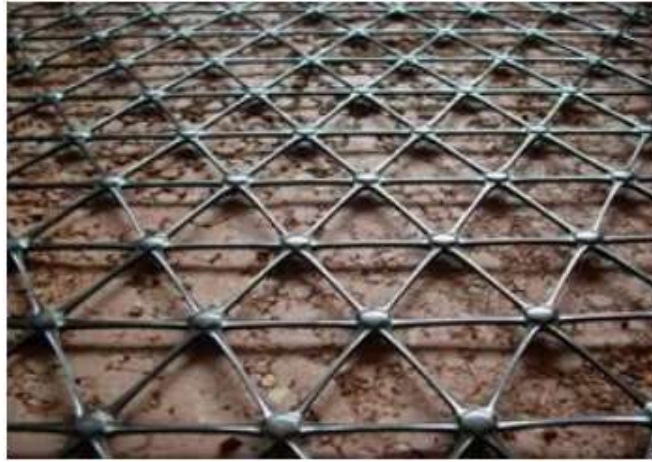
Geomallas biaxiales



Nota. Geosistemas, Pavco, 2019

c. Geomallas Multiaxiales

Estas geomallas presentan un estiramiento triaxial, formando formas triangulares, y poseen una rigidez significativa en los puntos de intersección. Estas geomallas se desarrollaron como una mejora o avance de las geomallas biaxiales. Las geomallas poseen una abertura triangular, que se considera la forma geométrica más estable, como se muestra en la imagen. Debido a su naturaleza inerte, estas composiciones presentan resistencia a diversas condiciones climáticas y degenerativas, así como al desgaste, el desgarro y la perforación. Al igual que las geomallas biaxiales, estos materiales se emplean para reforzar suelos débiles aumentando su capacidad de carga y proporcionando confinamiento lateral al material granular.

Figura 12*Geomallas multiaxiales*

Nota. GeoCon, 2019

d. Funciones y aplicaciones

Las geomallas sirven principalmente de refuerzo. Están compuestas de polímeros inertes que pueden soportar diversas condiciones ambientales y mostrar una gran resistencia a la tracción cuando se someten a cargas excesivas. Las geomallas son eficaces para mitigar varios problemas, como la estabilización de suelos, muros, taludes y otros problemas relacionados.

2.2.12 Ceniza de cáscara de arroz

Las cenizas de cáscara de arroz son el residuo que queda después de quemar la cáscara del arroz. Este subproducto se obtiene comúnmente en la industria del arroz, donde la cáscara se quema para generar energía térmica en forma de calor o electricidad. Las cenizas resultantes contienen una variedad de minerales y oligoelementos, como sílice, potasio, calcio, magnesio y otros. Estos elementos pueden ser utilizados en diversas aplicaciones, como la fabricación de ladrillos refractarios, fertilizantes agrícolas, mejoradores de suelos, y en la industria de la construcción para mejorar la resistencia del

concreto. Además, las cenizas de cáscara de arroz también pueden ser utilizadas en la industria de la cerámica y en la producción de vidrio.

2.2.12.1 Ceniza de cáscara de arroz en la subrasante

La ceniza de cáscara de arroz puede utilizarse como elemento de la subrasante. La base y la superficie de la carretera están situadas sobre el estrato de suelo compactado conocido como subrasante. En la subrasante, la ceniza de cáscara de arroz puede utilizarse como material de mejora del suelo.

2.2.12.1.1 Beneficios de la cáscara de arroz

Se tiene los siguientes beneficios:

- ✚ **Mejora de la resistencia:** Las propiedades mecánicas del suelo, como su resistencia a la compresión y su capacidad portante, pueden mejorarse añadiendo ceniza de cáscara de arroz. Ello puede aumentar la capacidad portante del subsuelo y reducir la probabilidad de deformación como consecuencia de la presión del tráfico.
- ✚ **Reducción de la expansión:** En suelos con alta plasticidad, las cenizas de cáscara de arroz pueden ayudar a reducir la expansión del suelo debido a la presencia de arcillas expansivas. Esto puede prevenir problemas como el levantamiento de la carretera y la formación de grietas.
- ✚ **Mejora de la estabilidad:** Al estabilizar el suelo, las cenizas de cáscara de arroz pueden mejorar la estabilidad general de la subrasante, lo que es crucial para garantizar una superficie de carretera segura y duradera.
- ✚ **Control de la humedad:** Las cenizas de cáscara de arroz tienen la capacidad de absorber y retener la humedad, lo que puede ayudar a mantener una humedad óptima en el suelo de la subrasante, mejorando así su comportamiento mecánico y reduciendo el riesgo de erosión.

En última instancia, la ceniza de cáscara de arroz puede mejorar las características del suelo de la subrasante de las carreteras, contribuyendo así a la creación de estructuras viarias más duraderas y resistentes.

2.2.13 Ceniza de fibra de coco

La ceniza de fibra de coco es un subproducto que se produce durante el procesamiento de la fibra de coco. La fibra de coco se obtiene de la cáscara exterior del coco y se utiliza en una variedad de aplicaciones, como la fabricación de sustratos para plantas, colchones y rellenos para muebles y usos en la ingeniería.

2.2.13.1 Ceniza de fibra de coco en la subrasante

El uso de cenizas de fibra de coco en la subrasante de carreteras es menos común que en otras aplicaciones agrícolas o de construcción, pero teóricamente, podría considerarse como una alternativa en ciertos casos.

2.2.13.2 Aspectos a considerar de ceniza de fibra de coco en la subrasante

Aspectos importantes a considerar y tener en cuenta:

- Estabilidad y compresibilidad del suelo:** La subrasante de una carretera debe tener una buena estabilidad y resistencia a la compresión para soportar la carga del tráfico. Aunque las cenizas de fibra de coco pueden mejorar algunas propiedades del suelo, es importante asegurarse de que la mezcla resultante cumpla con los requisitos de ingeniería para la subrasante.
- Efectos en el drenaje y la humedad:** Las cenizas de fibra de coco pueden afectar el drenaje y la retención de humedad del suelo. Es crucial evaluar cómo esta modificación afectaría al comportamiento hidráulico de la subrasante y si podría conducir a problemas de estabilidad, como la erosión o el asentamiento diferencial.
- Compatibilidad con otros materiales:** Si se utiliza junto con otros materiales de construcción de carreteras, como grava, arena o arcilla, es importante considerar la

compatibilidad de las cenizas de fibra de coco con estos materiales. La interacción entre los diferentes componentes puede afectar las propiedades globales de la subrasante.

- ❑ **Disponibilidad y costos:** La disponibilidad y el costo de las cenizas de fibra de coco pueden variar según la ubicación y la demanda local. Es importante evaluar si su uso en la subrasante es económicamente viable en comparación con otras alternativas disponibles.

En conclusión, mientras que las cenizas de fibra de coco pueden ofrecer ciertos beneficios en términos de mejora de suelos, control de la erosión y retención de humedad, su uso en la subrasante de carreteras requiere un análisis detallado de sus efectos en la ingeniería y la estabilidad de la carretera, así como de su viabilidad económica. Se recomienda realizar pruebas y estudios de laboratorio y campo para evaluar su idoneidad en proyectos específicos.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Suelos

Según, Aristegui (2020) Los suelos son una parte fundamental de la capa superficial de la Tierra donde tiene lugar una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que sustentan la vida. En esencia, el suelo es una interacción dinámica de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos que afectan al entorno natural y a la vida de los seres humanos, los animales y la vegetación.

2.3.2 Propiedades mecánicas

Según, Carreño (2019) Son características de los materiales que describen cómo se comportan y responden ante las fuerzas aplicadas, ya sea mediante deformación, ruptura o flujo. Estas propiedades son fundamentales en diversos campos de la ingeniería,



la ciencia de materiales y la física, ya que proporcionan información crucial sobre la resistencia, la rigidez, la ductilidad, la fragilidad y otras características de los materiales.

2.3.3 Propiedades físicas

Según, Zuñiga (2018) Las propiedades físicas son las características observables de un material que no están ligadas a variaciones en su composición química. Estas propiedades son importantes para identificar y clasificar los materiales, así como para comprender cómo se comportan en diferentes condiciones. Las propiedades físicas pueden ser medidas observadas sin cambiar la naturaleza del material en sí.

2.3.4 CBR

El CBR, o California Bearing Ratio (Índice de Soporte California), El penetrómetro de suelos es una métrica que cuantifica la resistencia comparativa del suelo a ser perforado por un punto normalizado, en circunstancias específicas. La ingeniería de pavimentos lo utiliza principalmente para evaluar la capacidad de carga de un subsuelo en relación con la planificación y construcción de carreteras, aeropuertos y otras instalaciones de transporte.

2.3.5 Resistencia a la compresión

Según la NTP E. 080, La resistencia a la compresión de un material es una propiedad mecánica que indica su capacidad para resistir fuerzas que podrían comprimirlo y reducir su volumen. Es la mayor carga o fuerza que puede soportar un material antes de colapsar por fractura o fractura bajo compresión uniaxial, que se produce cuando se aplica una carga perpendicular a la superficie del material.

2.3.6 Tamaño de partículas en suelos

Según, Muchica (2016) La Tamaño de partículas en suelos es una propiedad física que describe la distribución de los tamaños de partículas en un material, como suelo,



arena, grava, sedimentos, entre otros. Es una característica importante en diversos campos, como la ingeniería civil, la geología, la agricultura y la industria, ya que influye en las propiedades y el comportamiento del material en diferentes aplicaciones.

2.3.7 Pavimentos

Los pavimentos son las superficies de rodadura construidas para soportar el tráfico vehicular y peatonal en carreteras, calles, aeropuertos, estacionamientos, y otras áreas de tránsito. Su diseño y construcción se basan en una variedad de factores, como el volumen y tipo de tráfico, las condiciones climáticas, la durabilidad requerida y el presupuesto disponible.

2.3.8 Subrasante

Según, Catacora (2018) La subrasante es una capa de suelo natural o terreno preparado sobre la cual se construyen las carreteras, calzadas u otras infraestructuras de transporte. Es una parte esencial de la estructura del pavimento que proporciona soporte y estabilidad a la capa de base y a la superficie de rodadura.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de investigación

El diseño de la investigación se refiere al enfoque sistemático y estratégico empleado para abordar una cuestión o hipótesis de investigación concreta. La metodología de la investigación es crucial en los estudios científicos, ya que dicta el enfoque para recopilar, analizar y evaluar los datos con el fin de abordar eficazmente el tema de investigación con rigor y validez. (Hernandez & Baptista, 2014)

El diseño que se empleara en la investigación será **experimental**, ya que se aplicara la ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco sobre la muestra patrón y obtener nuevos resultados respecto a las propiedades de la subrasante.

3.2 Método de investigación

La metodología se refiere a la estrategia general empleada para llevar a cabo un estudio o una investigación científica con el fin de abordar preguntas de investigación específicas, probar hipótesis o examinar fenómenos naturales o sociales. Una metodología de investigación es un marco estructurado que dirige todo el proceso de investigación, desde el desarrollo del tema de investigación hasta el análisis y la difusión de los resultados. (Cegara, 2019, pág. 82)



La investigación posea un tipo **Descriptiva**, ya que se realizará un análisis comparativo de las propiedades con las aplicaciones de viruta de pino y paja de arroz.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Nivel de Investigación

El nivel de investigación es la medida en que se examina un problema o tema de investigación en términos de su complejidad y nivel de detalle. Es una forma de clasificar las investigaciones según su alcance, sus objetivos y la complejidad de los métodos utilizados para abordar la pregunta de investigación. (Cegara, 2019, pág. 82)

La investigación posee un nivel **explicativo**, ya que se desarrollará las causas y efectos que se dan con aplicaciones sobre las propiedades mecánicas de la subrasante.

3.3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación se refiere a la clasificación o categorización de un estudio según su enfoque, propósito y métodos utilizados para abordar una pregunta de investigación específica. Los tipos de investigación proporcionan una estructura para entender y definir la naturaleza y el alcance de un estudio en función de sus características únicas. (Hernandez & Baptista, 2014)

La investigación poseerá un tipo **Aplicada**, ya que se analizaron datos y parámetros para el diseño y elaboración en las subrasantes, para su aplicabilidad y uso en carreteras.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población objeto de investigación es el conjunto de individuos, objetos, acontecimientos o fenómenos que son objeto de una determinada investigación. Hernández y Baptista (2014)

La población estará conformada por los suelos de la vía Samán – Caminaca con los suelos subrasantes

3.4.2 Muestra

La muestra de investigación es una representación de la población más amplia que se selecciona para participar en un estudio específico y es un subconjunto de la población de interés. Hernandez y Baptista (2014).

La muestra de la investigación estará conformada por las subrasantes de suelos de la carretera Samán – Caminaca más la adición de Cenizas de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco con los porcentajes 8%, 18% y 28%.

3.5 Técnicas e instrumentos de investigación

3.5.1 Técnicas de Investigación

Metodologías e instrumentos empleados por los investigadores para recopilar, analizar e interpretar los datos de un estudio o investigación. (Arias, 2012, pág. 67) . Las técnicas a utilizarse son:

- ✓ **Observación directa:** Se utiliza cuando se desea ver y comprender directamente el comportamiento del sujeto investigado. La observación es un método óptimo para realizar esta tarea, ya que es un enfoque discreto y directo para analizar datos, sin depender de intermediarios.
- ✓ **Técnicas de procesamiento de información:** Se emplearon técnicas analíticas para examinar los datos obtenidos en las investigaciones in situ y de laboratorio.
- ✓ **Análisis e interpretación de resultados:** Se describe como la secuencia de pasos que hay que dar para analizar la información adquirida y su interpretación.

3.5.2 Instrumentos de Investigación

(Arias, 2012) Son herramientas o medios utilizados por los investigadores para recopilar datos de manera sistemática y objetiva durante un estudio o proyecto de investigación, los datos serán los siguientes:

- **Formatos para la recolección de datos:** Los formatos para la recolección de datos son documentos o herramientas diseñadas específicamente para recopilar información de manera sistemática y organizada.
- **Instrumentos de laboratorio:** Los instrumentos de laboratorio son herramientas, equipos y dispositivos utilizados en entornos de laboratorio para llevar a cabo experimentos, análisis, investigaciones y otras actividades científicas.
- **Instrumentos de software computacional:** Estos instrumentos se utilizan para facilitar el procesamiento, análisis, modelado, visualización y gestión de datos y procesos en una amplia variedad de campos.

3.6 Validación de datos

3.6.1 Validación de datos

La validez se refiere al grado de precisión que demuestran las herramientas de medición a la hora de recopilar y registrar datos relativos a las variables estudiadas.

En el ámbito de los equipos de laboratorio, garantizar la corrección y fiabilidad de las mediciones que proporcionan es de suma importancia, por lo que la vinculación de las certificaciones de calibración de instrumentos es vital.

3.7 Procedimiento para recolección de datos

Los resultados se obtuvieron siguiendo las siguientes secuencias durante el desarrollo de la investigación:

3.7.1 Desarrollo de Investigación

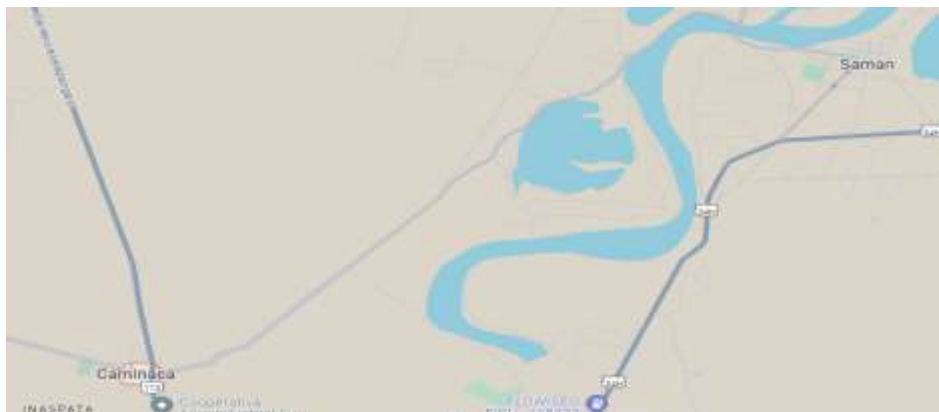
Se tiene las siguientes fases de desarrollo en la recogida de datos:

Fase I. Búsqueda de información: Como primer punto se desarrollo la búsqueda de información ya sea en libros, revistas, tesis y normativas que serán de suma importancia para llevar a cabo el estudio.

Fase II. Ubicación de la carretera: En esta fase se desarrollará la localización del lugar a estudiarse.

Figura 13

Localización de la carretera



Fase III. Excavación de materiales: En esta fase se desarrollará la excavación de materiales de 3 distintos tramos obteniendo 3 muestras.

Tabla 3

Muestras en distintos tramos

Calicata	Tramo	Km	Margen
1	0+000 – 5+000	5+000	Derecho
2	5+000 – 15+000	15+000	Izquierdo
3	15+000 – 30+000	30+000	Izquierdo

Una vez haber desarrollado los tramos, se procede a la excavación de muestras en las 3 distintas calicatas para poder obtener muestras distintas y muestras representativas del suelo de la subrasante en la vía Samán – Caminaca.

Fase IV. Toma de muestras de las calicatas: Se desarrollo a la toma de muestras en las 3 distintas calicatas para poder llevar al laboratorio con mucho cuidado.

Equipos utilizados:

- Bolsas
- Saquillos
- Palas
- Marcador de progresiva

Fase V. Toma de muestras: Se desarrollo a la toma de muestras de cenizas de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco para poder realizar estudios con su aplicación y el de las muestras.

Figura 14

Ceniza de cáscara de arroz



Figura 15

Ceniza de fibra de coco



FASE VI. Ensayos De Laboratorio: Se realizaron los siguientes ensayos:

Procedimiento:

- El espécimen seleccionado para las pruebas debe reflejar fielmente las características
- El espécimen húmedo se introducirá en una bolsa y se medirá su masa con la báscula.
- El espécimen debe deshidratarse en un horno a una temperatura precisa de 110 ± 5 °C.
- Una vez seco el material, se saca del horno y se deja enfriar a temperaturas normales.
- Una vez que la muestra ha terminado de secarse, se pesa y se registran cuidadosamente los datos resultantes.

Cálculo:

La fórmula se emplea para las muestras:

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

Prueba de límites de consistencia.

Procedimientos de LP:



- El espécimen se forma inicialmente en una estructura elipsoidal y posteriormente se transforma en una forma cilíndrica mediante laminado manual.
- Si se determina que el cilindro no se colapsa cuando alcanza un diámetro de 3,2 mm, se repite el procedimiento tantas veces como sea necesario hasta que se observe el colapso en los diámetros especificados.
- El material fragmentado se introduce cuidadosamente en vasos de precipitados o recipientes para facilitar el proceso de medición de su peso.
- Esta técnica requiere un mínimo de 6 gramos de especímenes.
- A continuación, se vuelve a analizar el porcentaje de humedad.
- Por último, el espécimen desecado se cuantifica en relación con la masa, y la información resultante se registra adecuadamente.

Cálculo:

$$LP = \frac{W_W}{W_S} \times 100$$

Procedimientos LL:

- El muestrario se coloca suavemente en una bandeja y posteriormente se junta con una cantidad medida con precisión de 0,015 a 0,020 litros de líquido destilado.
- La humedad se introduce de forma progresiva y precisa.
- Transfiera con cuidado una porción de la combinación a la olla, asegurándose de que quede asentada sobre la base, una vez finalizado el proceso de mezclado.
- A continuación, se exprime la mezcla y se alisa con una espátula.
- A continuación, se lleva a cabo un procedimiento de nivelación hasta que la mezcla alcanza un espesor máximo de 1 cm en su cota más alta.
- La mezcla se distribuye uniformemente en la copa de bronce moviendo intencionadamente la máquina ranuradora en golpes metódicos a lo largo de todo el diámetro de la probeta.



- A continuación, se gira la palanca para elevar y adherir el recipiente, lo que produce una frecuencia de dos gotas por segundo, haciendo que dos trozos de la mezcla de tierra entren en contacto dentro de la cavidad del fondo.
- El objetivo es documentar el número de golpes necesarios para cerrar completamente la ranura, cuya separación es de unos 13 mm.
- Se recogió una muestra de suelo en el núcleo donde se había producido el encuentro. El muestrario de suelo se colocó meticulosamente en una tara, se pesó y posteriormente se secó al horno.
- Por último, la muestra desecada se evalúa mediante el método de la tara, se documentan los datos y se calcula el contenido de humedad.

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

Procedimiento índice plástico:

$$IP = LL - LP$$

Ensayo de análisis granulométrico. Esta prueba está diseñada para determinar el tamaño de las partículas de los suelos, que se determina por las proporciones de material que pasan a través de los tamices individuales.

Procedimiento:

- El análisis granulométrico comienza considerando las propiedades del material que se va a cribar, dando una mayor calificación a las partículas más grandes y una menor calificación a las partículas más pequeñas.
- El procedimiento experimental comienza con la identificación de la masa del muestrario de material, que se coloca en la superficie superior de los tamices.



- El método de cribado manual implica el movimiento regular de las cribas de forma horizontal y circular, lo que garantiza que los materiales estén siempre en movimiento sobre la malla.
- A continuación, se determina el peso del residuo en cada filtro.

Cálculo:

Las cantidades acumuladas y pasadas de la muestra, así como las cantidades de muestra retenidas en cada tamiz, se determinan mediante el análisis granulométrico, que emplea porcentajes.

Prueba de Proctor modificado. El objetivo de esta prueba es determinar las densidades máximas en seco que pueden alcanzarse con el contenido óptimo de humedad.

Procedimiento:

- El proceso de selección consiste en elegir una muestra representativa con un peso aproximado de 2,5 kg a 3 kg. Garantizar la sequedad de la muestra es crucial.
- El muestrario se somete a un proceso de filtración que elimina las partículas que superan el tamiz nº 4.
- Posteriormente, la sustancia se mezcla con agua, lo que da lugar a un espécimen ligeramente húmeda. El contenido de agua de las distintas muestras muestra un aumento gradual.
- El peso del molde proctor se determina midiéndolo con la placa base.
- Se utilizan los moldes y se añaden collares o extensiones adicionales para minimizar la erosión del suelo durante el procedimiento de compactación.
- El proceso de compactación de cada capa del espécimen comienza con 56 impactos a una altura de descenso de 0,45 m.
- Una vez comprimidas todas las capas, se retira el collarín y se corta con una regla el muestrario compactado que sobresale de la parte superior del molde.



- La tierra húmeda se mezcla con el molde, se mide su masa y se registran los datos obtenidos.
- Posteriormente, se extraen dos especímenes representativos, de 100 gramos cada una, de las secciones superior e inferior del molde.
- Por último, el espécimen se sujeta a procedimientos de secado en estufa, tras lo cual se registran cuidadosamente los datos pertinentes.

CBR. La finalidad de esta prueba es determinar la capacidad portante CBR (California Bearing Ratio) de los materiales del suelo al 95% o al 100% de la MDS (Maximum Dry Density).

Procedimiento:

- El proceso de selección consiste en elegir una muestra típica completamente desprovista de humedad y con un peso aproximado de 5,5 kg.
- El material se tamiza utilizando tamices con poros de $\frac{3}{4}$ ", $\frac{3}{8}$ " y N° 4. El espécimen sobrante en la malla de $\frac{3}{4}$ " se elimina y se reemplaza por una cantidad equivalente de material del tamiz N° 4. Se elimina la muestra sobrante en la malla de $\frac{3}{4}$ " y se reemplaza por una cantidad equivalente de material del tamiz N° 4.
- Una cantidad igual de material del tamiz n.º 4 se sustituye por el exceso de muestra en la malla de $\frac{3}{4}$ ".
- Las mediciones del grado de compactación (MDS y OCH) se obtienen a partir de los datos proctor adquiridos.
- Se pesan el molde y la base.
- Para obtener el contenido de humedad óptimo, las probetas se comprimen dentro del molde y se regula el contenido de agua. Esto se consigue aplicando 12, 25 y 56 golpes a cada capa.
- Una vez aplicadas las cargas, se retira el collarín y se nivela el material con una regla para garantizar que no queden espacios vacíos ni huecos en la superficie.



- El molde se separa de la placa base y se extrae el disco separador. A continuación, se da la vuelta al molde y se reconstruye sobre la placa base, mientras se documenta el peso.
- La placa perforada con el vástago se fija a la probeta después de haberla medido. Encima se coloca el anillo de sobrecarga, que reproduce las presiones correspondientes ejercidas por todo el sistema de capas de apoyo, con un valor mínimo de 10 lb.
- La muestra y el molde se pesan inmediatamente antes de depositarlos en el agua. Coloque el trípode en el borde exterior del molde y alinee el vástago de la esfera con el vástago de la placa perforada para obtener la medición inicial del edema. A continuación, se documentan los datos del linfedema.
- El molde y su contenido se sumergen por completo en un depósito de agua, garantizando que el molde quede completamente cubierto de arriba abajo. Cuatro días, lo que equivale a un total de 96 horas, es la duración prevista de este proceso de saturación.
- Tras el periodo de saturación prescrito, se registran los datos de hinchamiento y se cuantifica la expansión de las dimensiones evaluando el cambio en la altura del espécimen.
- Tras el periodo de saturación, se elimina el molde del depósito y se destinan 15 minutos a la descarga de agua. Mientras dura este periodo, los pesos de sobrecarga y la placa perforada permanecen inmóviles.
- Una vez extraída el agua, se sacan tanto los anillos como las placas perforadas y se mide el peso de los moldes que contienen la muestra saturada.
- Las inserciones de muestras posteriores se realizan inmediatamente después del pesaje para minimizar cualquier retraso innecesario, garantizando un uso eficiente del equipo de penetración.



- Se vuelven a aplicar los revestimientos sobre la probeta y, a continuación, se coloca el pistón para la penetración. Se aplica una fuerza de 44 N para poner a cero los diales de carga y deflexión.
- Aplique lentamente tensiones al pistón de penetración a una velocidad no superior a 0,05 pulgadas por minuto, utilizando un temporizador.
- Las mediciones de carga se registran para diferentes penetraciones, con especial atención a 0,1" y 0,2".
- Tras completar la operación mencionada, los moldes se separan del equipo CBR y la muestra se extrae de la sustancia alrededor del lugar de penetración.

3.7.2 Procesamiento y Análisis de datos

Para procesar y analizar los datos se emplearán diversos instrumentos, como tablas, gráficos y cálculos. Los resultados se obtienen mediante el uso de metodologías fiables que facilitan la recogida sistemática de datos.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

Luego de desarrollar el problema de investigación, marco teórico y metodología de investigación ahora procedemos al desarrollo de los resultados y discusión en base a los objetivos planteados, teniendo los siguientes resultados:

4.1.1 *Propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante*

Para el desarrollo de las propiedades físicas y mecánicas se desarrollará una secuencia que son el contenido de humedad, Tamaño de partículas en suelos, Nivel de flexibilidad del suelo, grado de compactación y capacidad de soporte del CBR.

❖ **Contenido de Humedad**

Tabla 4

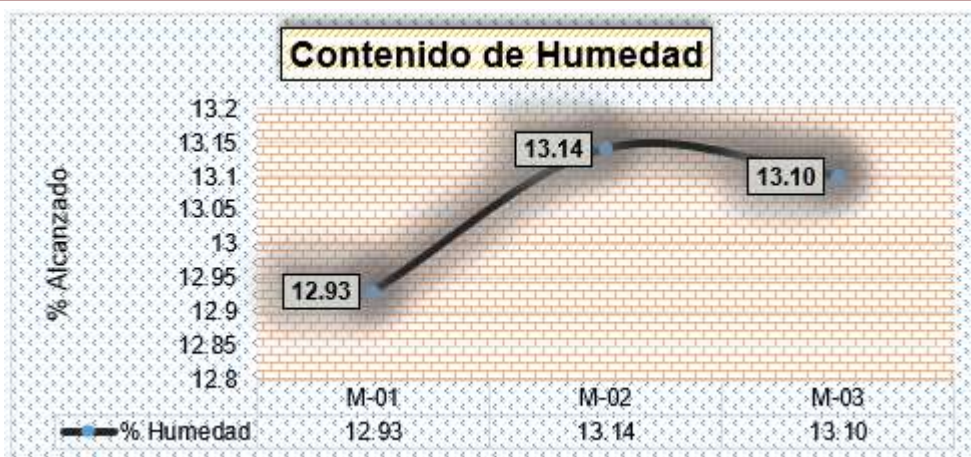
Contenido de humedad

Contenido de Humedad	
Muestras	Humedad (%)
M-01	12.93
M-02	13.14
M-03	13.10
Promedio	13.06

El desenlace indica el contenido de humedad desarrollado teniendo un promedio de 13.06% de los especímenes.

Figura 16

Contenido de humedad



El desenlace indica el contenido de humedad desarrollado teniendo un promedio de 13.06% de las muestras.

☐ Tamaño de partículas en suelos del espécimen 1

Tabla 5

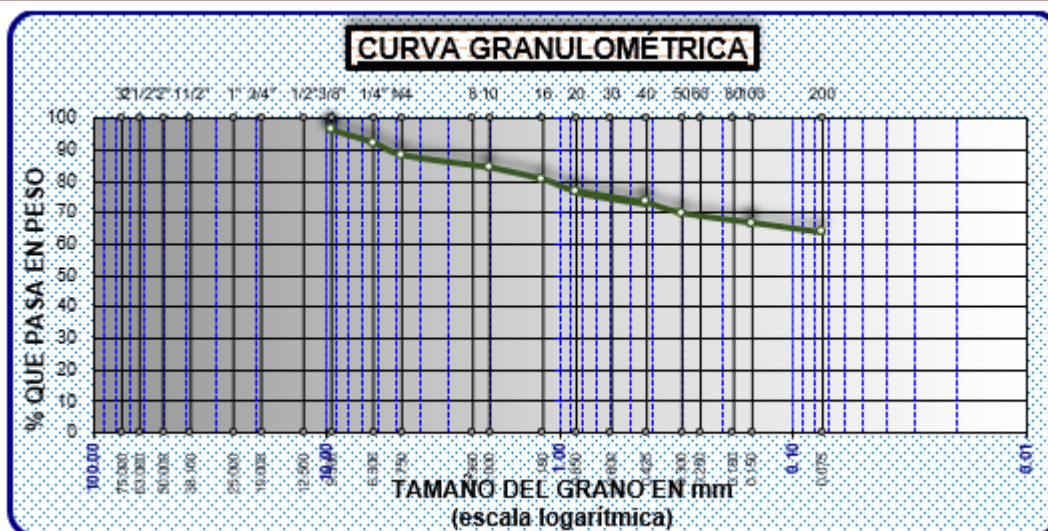
Tamaño de partículas en suelos M1

TAMICES ASTM	ABERTURA	PESO	% PARCIAL	% ACUMULADO	% PASA
3"	75.00				
2 1/2"	63.00				
2"	50.00				
1 1/2"	38.10				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50	100.00	4.00	4.00	96.00
1/4"	6.30	99.12	3.96	7.96	92.04
N°4	4.75	98.15	3.93	11.89	88.11
N°8	2.36				
N°10	2.00	97.64	3.91	15.80	84.20
N°16	1.18	95.54	3.82	19.62	80.38
N°20	0.85	93.41	3.74	23.35	76.65
N°30	0.60				
N°40	0.42	87.88	3.52	26.87	73.13
N°50	0.30	85.41	3.42	30.29	69.71
N°60	0.25				
N°80	0.18				
N°100	0.15	77.96	3.12	33.40	66.60
N°200	0.07	76.52	3.06	36.47	63.53
BASE		1588.37	63.53	100.00	0.00
TOTAL		2500.00	100.00		
% PERDIDA		63.53			

Lo anterior mostrado detalla la Tamaño de partículas en suelos del espécimen 1.

Figura 17

Tamaño de partículas en suelos M1



Lo anterior mostrado detalla la curva granulométrica del espécimen 1

❑ **Tamaño de partículas en suelos del espécimen 2**

Tabla 6

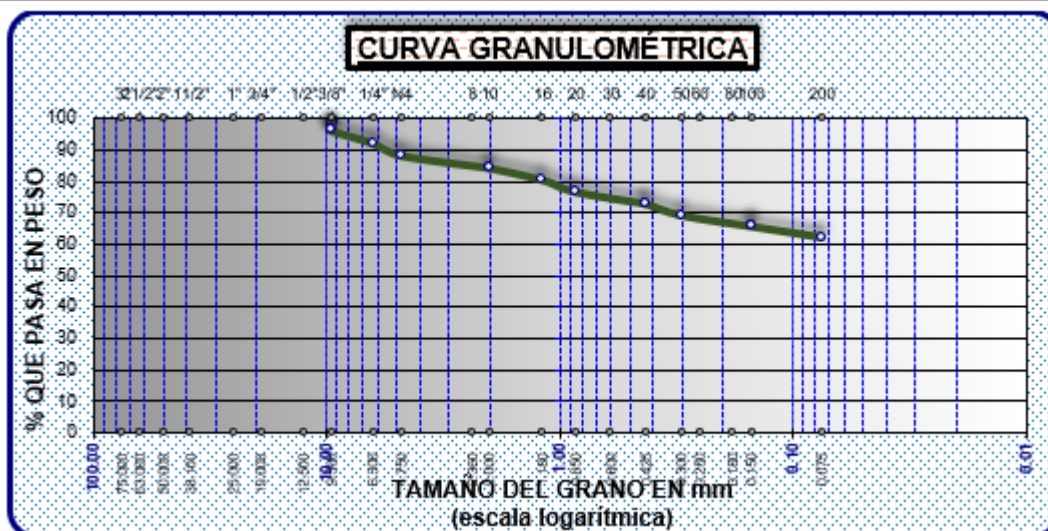
Tamaño de partículas en suelos M2

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% PARCIAL	% ACUMULADO	% PASA
3"	75.00				
2 1/2"	63.00				
2"	50.00				
1 1/2"	38.10				
1"	25.00				
3/4"	19.00				
1/2"	12.50				
3/8"	9.50	100.00	4.00	4.00	96.00
1/4"	6.30	99.03	3.96	7.96	92.04
N°4	4.75	98.34	3.93	11.89	88.11
N°8	2.36				
N°10	2.00	97.23	3.89	15.78	84.22
N°16	1.18	96.33	3.85	19.64	80.36
N°20	0.85	95.27	3.81	23.45	76.55
N°30	0.60				
N°40	0.42	94.05	3.76	27.21	72.79
N°50	0.30	91.86	3.67	30.88	69.12
N°60	0.25				
N°80	0.18				
N°100	0.15	88.52	3.54	34.43	65.57
N°200	0.07	86.34	3.45	37.88	62.12
BASE		1553.03	62.12	100.00	0.00
TOTAL		2500.00	100.00		
% PERDIDA		62.12			

El desenlace detalla la Tamaño de partículas en suelos del espécimen 2

Figura 18

Tamaño de partículas en suelos M2



Lo anterior mostrado detalla la curva granulométrica del espécimen 2

❑ **Tamaño de partículas en suelos del espécimen 3**

Tabla 7

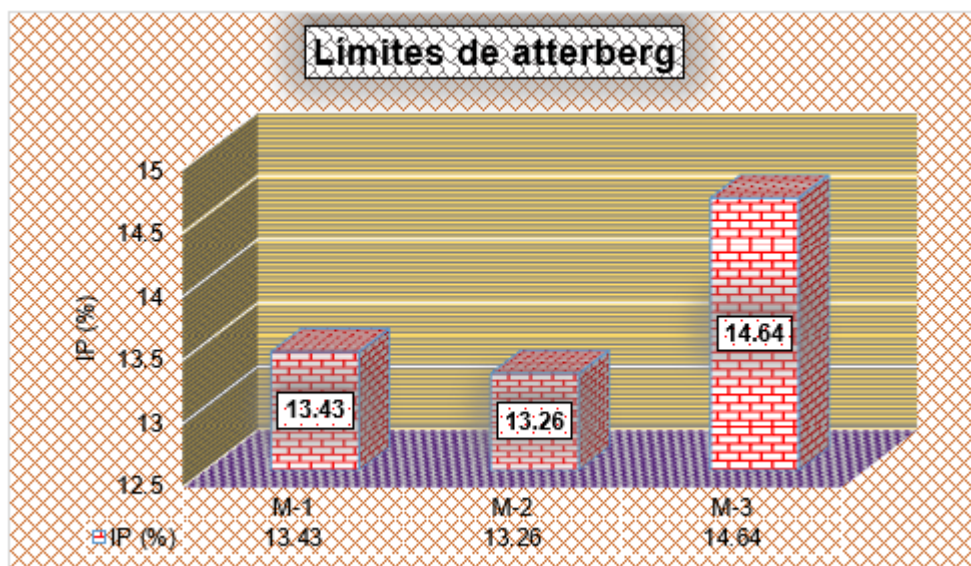
Tamaño de partículas en suelos M3

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% PARCIAL	% ACUMULADO	% PASA
3"	75.000				
2 1/2"	63.000				
2"	50.000				
1 1/2"	38.100				
1"	25.000				
3/4"	19.000				
1/2"	12.500				
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00
1/4"	6.300	98.73	3.95	7.95	92.05
N°4	4.750	97.01	3.88	11.83	88.17
N°8	2.360				
N°10	2.000	94.86	3.79	15.62	84.38
N°16	1.180	93.94	3.76	19.38	80.62
N°20	0.850	92.47	3.70	23.08	76.92
N°30	0.600				
N°40	0.425	90.92	3.64	26.72	73.28
N°50	0.300	88.35	3.53	30.25	69.75
N°60	0.250				
N°80	0.180				
N°100	0.150	84.72	3.39	33.64	66.36
N°200	0.075	83.93	3.36	37.00	63.00
BASE		1575.07	63.00	100.00	0.00
TOTAL		2500.00	100.00		
% PERDIDA		63.00			

Lo anterior mostrado muestra la Tamaño de partículas en suelos del espécimen 3

Figura 19

Tamaño de partículas en suelos M3



El resultado detalla el IP obteniendo un promedio de 13.78% de todas las muestras.

✚ Grado de compactación

Para la determinación del grado de compactación se determinó la densidad seca máxima alcanzada por las muestras del suelo y cuando se encuentra en su nivel óptimo de humedad.

○ Calicata 1

Tabla 9

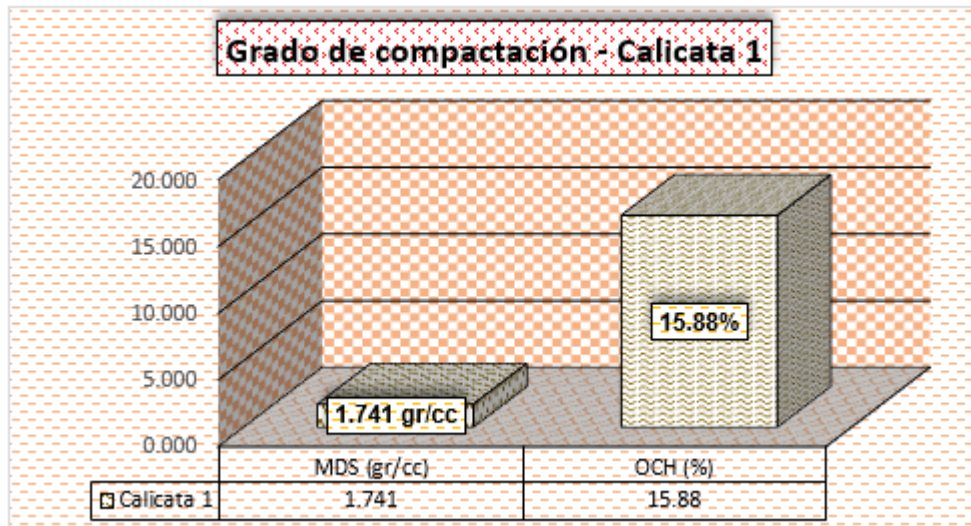
GC - calicata 1

Grado Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
Calicata 1	1.741	15.88

El valor obtenido de la MDS de la calicata 1 es 1.741 gr/cc y un 15.88% en el óptimo contenido de humedad.

Figura 21

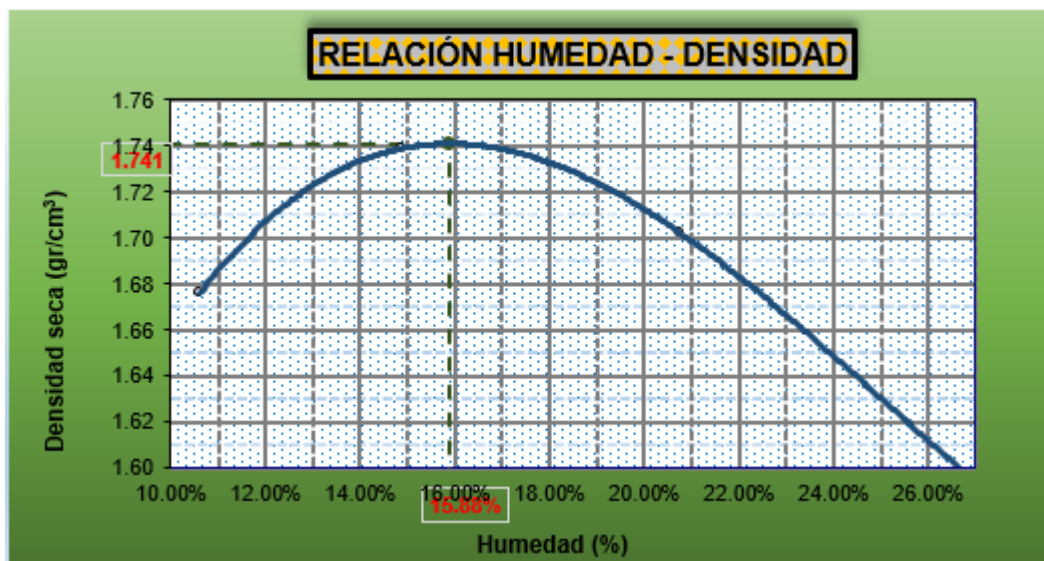
GC - calicata 1



El valor obtenido de la MDS de la calicata 1 es 1.741 gr/cc y un 15.88% en el óptimo contenido de humedad.

Figura 22

Curva de compactación - calicata 1



Según resultado se puede ver la curva de compactación obtenida por la calicata 1 de la relación humedad y densidad.

- **Calicata 2**

Tabla 10

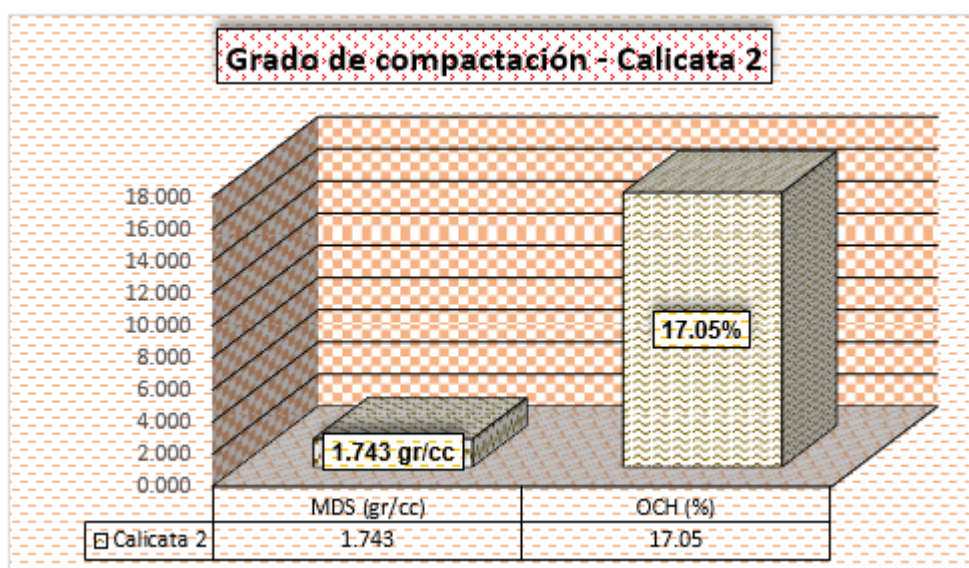
GC - calicata 2

Grado Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
Calicata 2	1.743	17.05

El valor obtenido de la MDS de la calicata 2 es 1.743 gr/cc y un 17.05% en el óptimo contenido de humedad.

Figura 23

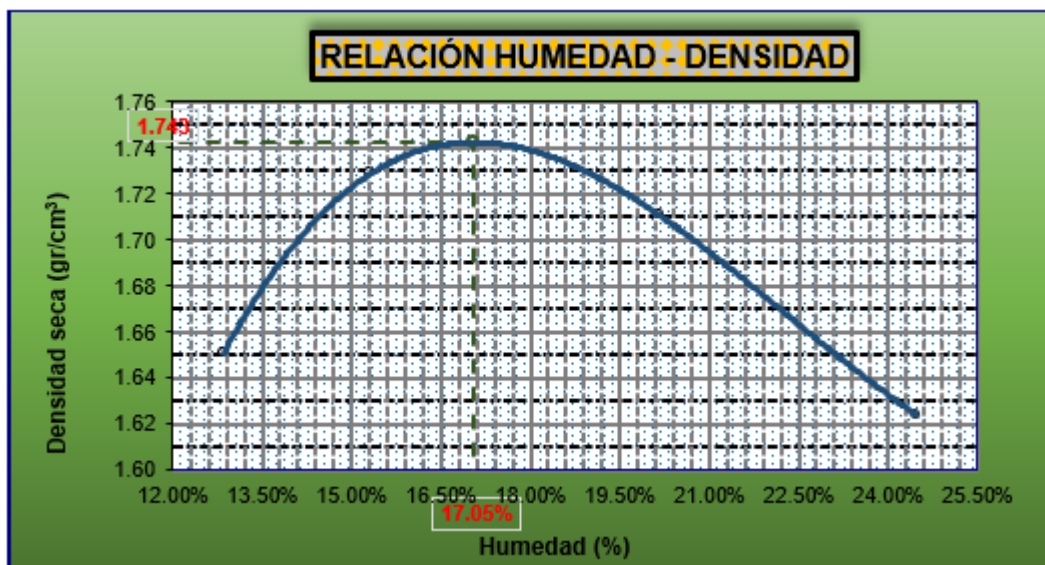
GC - calicata 2



El valor obtenido de la MDS de la calicata 2 es 1.743 gr/cc y un 17.05% en el óptimo contenido de humedad.

Figura 24

Curva de compactación - calicata 2



Según el resultado se puede ver la curva de compactación obtenida por la calicata 2 de la relación humedad y densidad.

- **Calicata 3**

Tabla 11

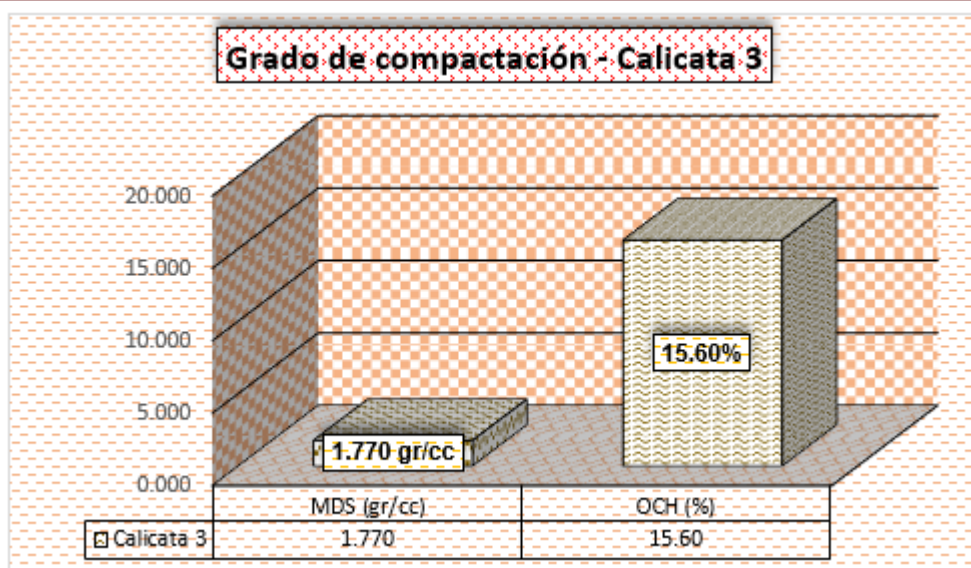
GC - calicata 3

Grado Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
Calicata 3	1.770	15.60

El valor obtenido de la MDS de la calicata 3 es 1.770 gr/cc y un 15.60% en el óptimo contenido de humedad.

Figura 25

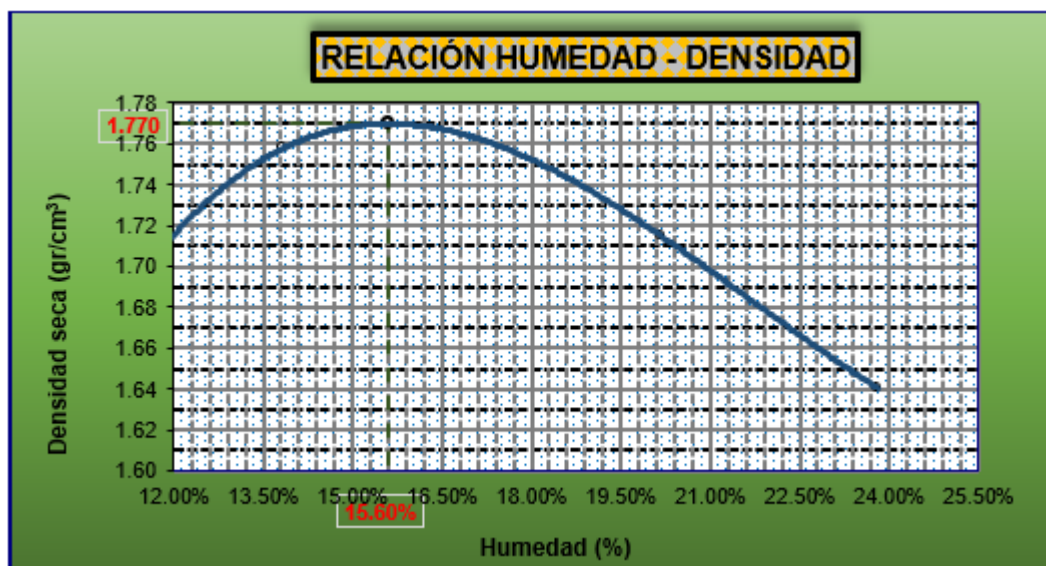
GC - calicata 3



El valor obtenido de la MDS de la calicata 3 es 1.770 gr/cc y un 15.60% en el óptimo contenido de humedad.

Figura 26

Curva de compactación - calicata 3



Según el resultado se puede ver la curva de compactación obtenida por la calicata 3 de la relación humedad y densidad.

∞ **Soporte CBR**

En el CBR desarrollaremos los CBR al 100% y 95% de la MDS de los suelos de la subrasante, obteniendo los siguientes resultados:

▼ Calicata 1

Tabla 12

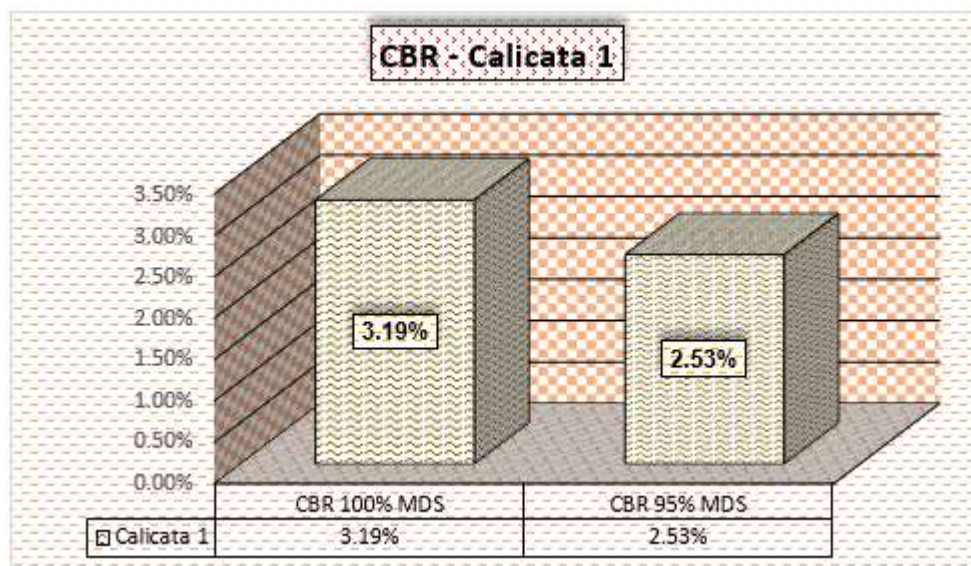
CBR - calicata 1

CBR - Subrasante		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
Calicata 1	3.19%	2.53%

El valor obtenido por el CBR de la calicata 1 al 100% tiene un valor de 3.19% y al 95% tiene un valor de 2.53%.

Figura 27

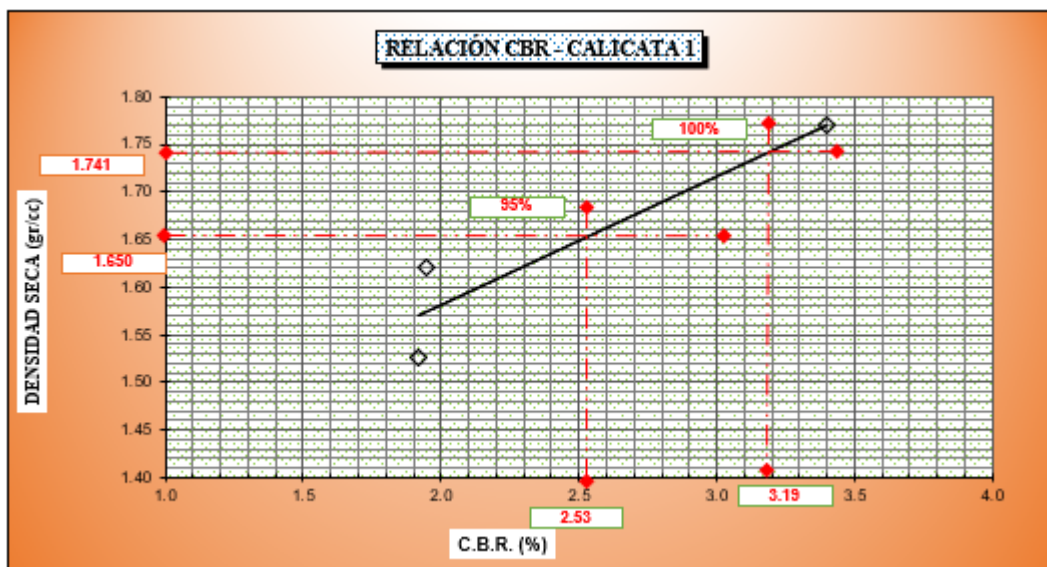
CBR - calicata 1



El valor obtenido por el CBR de la calicata 1 al 100% tiene un valor de 3.19% y al 95% tiene un valor de 2.53%.

Figura 28

Relación CBR - calicata 1



La figura muestra la relación del CBR y el valor que se obtiene a los 100% y 95%.

♥ Calicata 2

Tabla 13

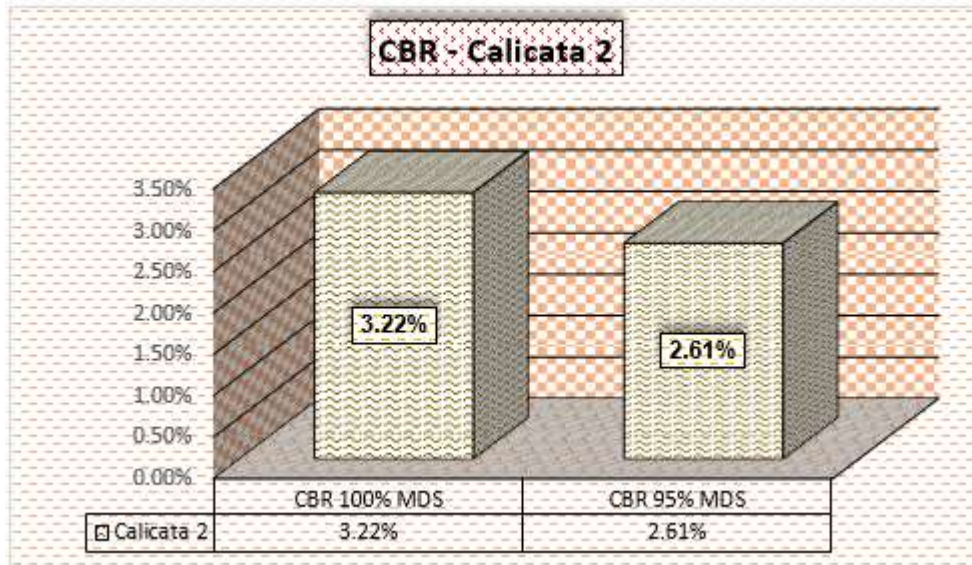
CBR - calicata 2

CBR - Subrasante		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
Calicata 2	3.22%	2.61%

El valor obtenido por el CBR de la calicata 2 al 100% tiene un valor de 3.22% y al 95% tiene un valor de 2.61%.

Figura 29

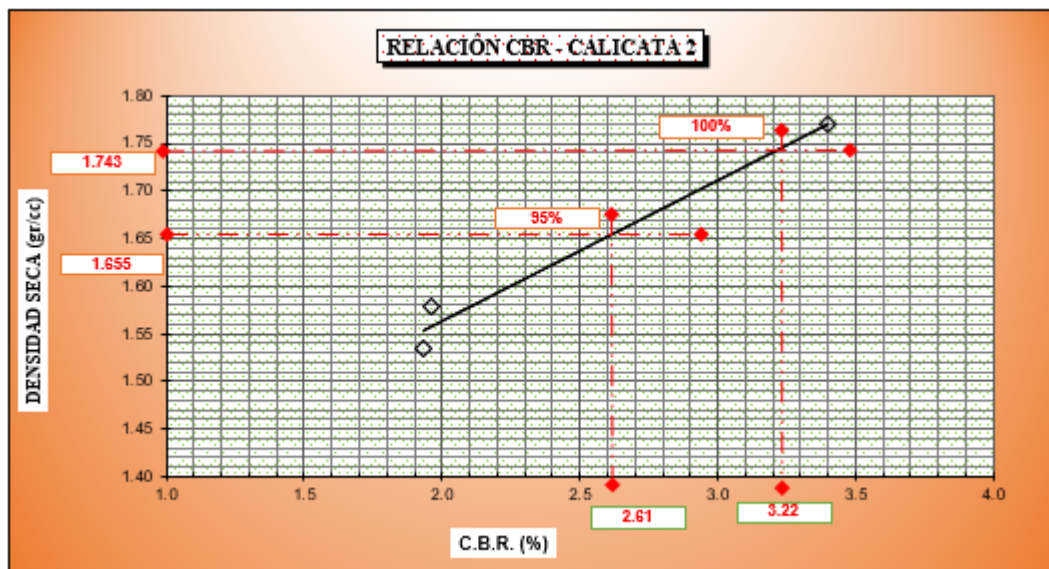
CBR - calicata 2



El valor obtenido por el CBR de la calicata 2 al 100% tiene un valor de 3.22% y al 95% tiene un valor de 2.61%.

Figura 30

Relación CBR - calicata 2



La figura muestra la relación del CBR y el valor que se obtiene a los 100% y 95%.

▼ **Calicata 3**

Tabla 14

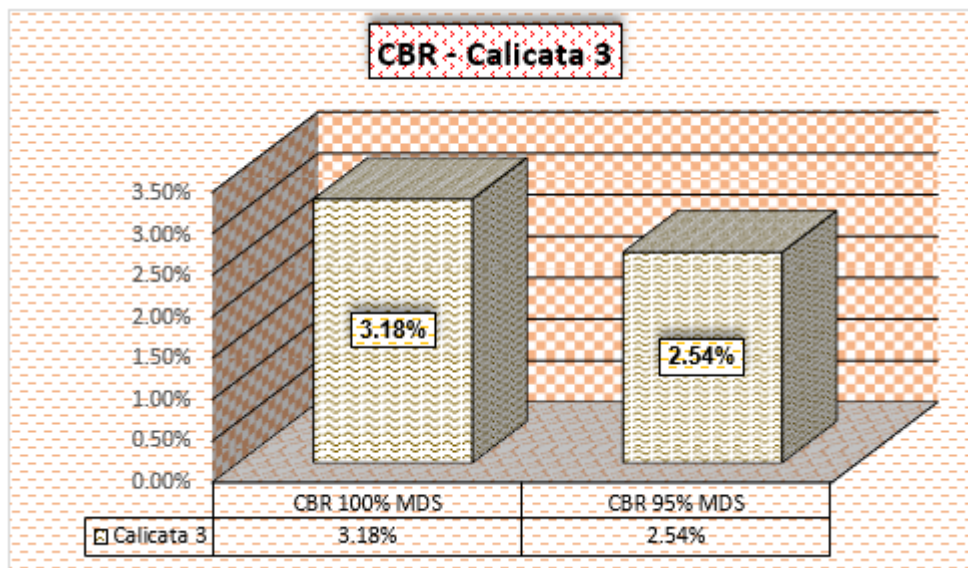
CBR - calicata 3

CBR - Subrasante		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
Calicata 3	3.18%	2.54%

El valor obtenido por el CBR de la calicata 3 al 100% tiene un valor de 3.18% y al 95% tiene un valor de 2.54%.

Figura 31

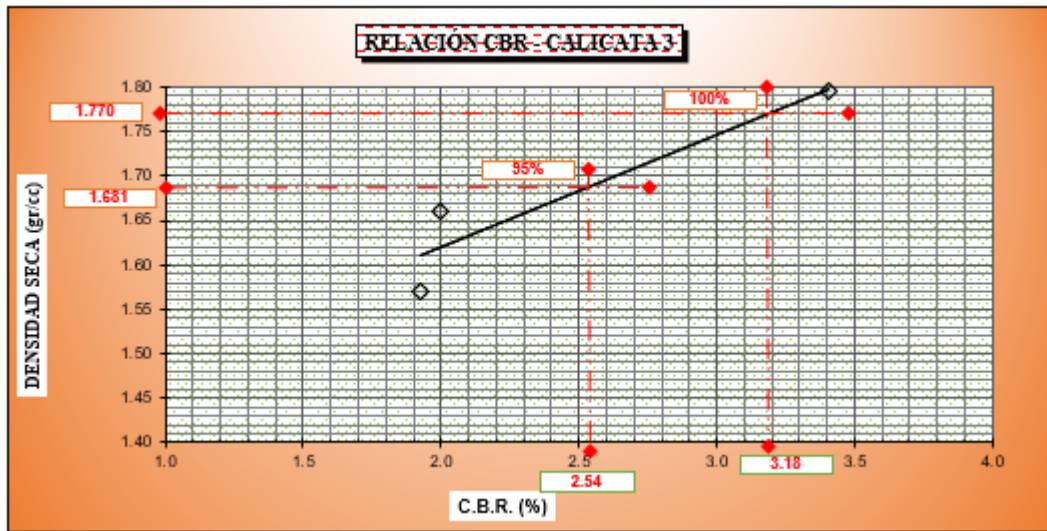
CBR - calicata 3



El valor obtenido por el CBR de la calicata 3 al 100% tiene un valor de 3.18% y al 95% tiene un valor de 2.54%.

Figura 32

Relación CBR - calicata 3



La figura muestra la relación del CBR y el valor que se obtiene a los 100% y 95%.

4.1.2 Influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo

Se determinó las influencias que se tiene en el Nivel de flexibilidad del suelo con adiciones de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco, teniendo los resultados subsiguientes:

a. Ceniza de cáscara de arroz

✓ Suelo + 8% de CCA

Tabla 15

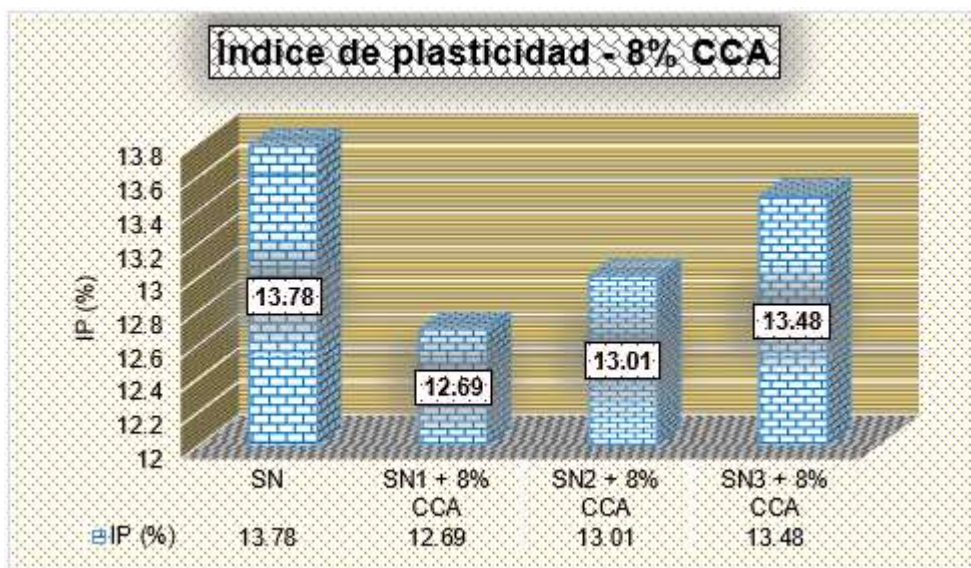
Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CCA

Muestra	Atterberg 8%		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SN	-	-	13.78
SN1 + 8% CCA	30.11	17.42	12.69
SN2 + 8% CCA	30.84	17.83	13.01
SN3 + 8% CCA	30.99	17.51	13.48
Promedio	-	-	13.06

Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 13.06% promedio a los 8%.

Figura 33

Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CCA



Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 13.06% promedio a los 8%.

✓ **Suelo + 18% de CCA**

Tabla 16

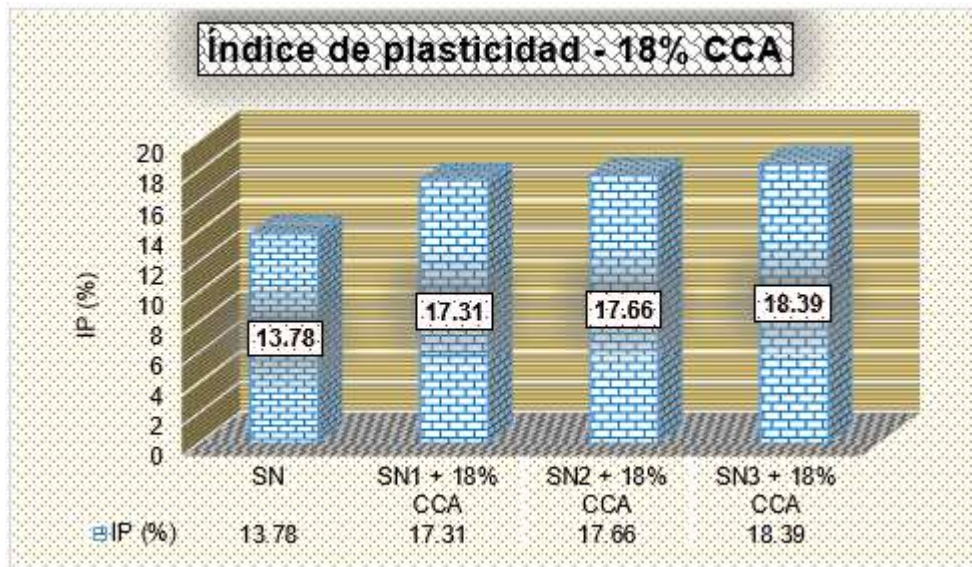
Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CCA

Muestra	Atterberg 18%		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SN	-	-	13.78
SN1 + 18% CCA	37.15	19.84	17.31
SN2 + 18% CCA	37.38	19.72	17.66
SN3 + 18% CCA	38.01	19.62	18.39
Promedio	-	-	17.79

Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 17.79% promedio a los 18%.

Figura 34

Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CCA



Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 17.79% promedio a los 18%.

✓ **Suelo + 28% de CCA**

Tabla 17

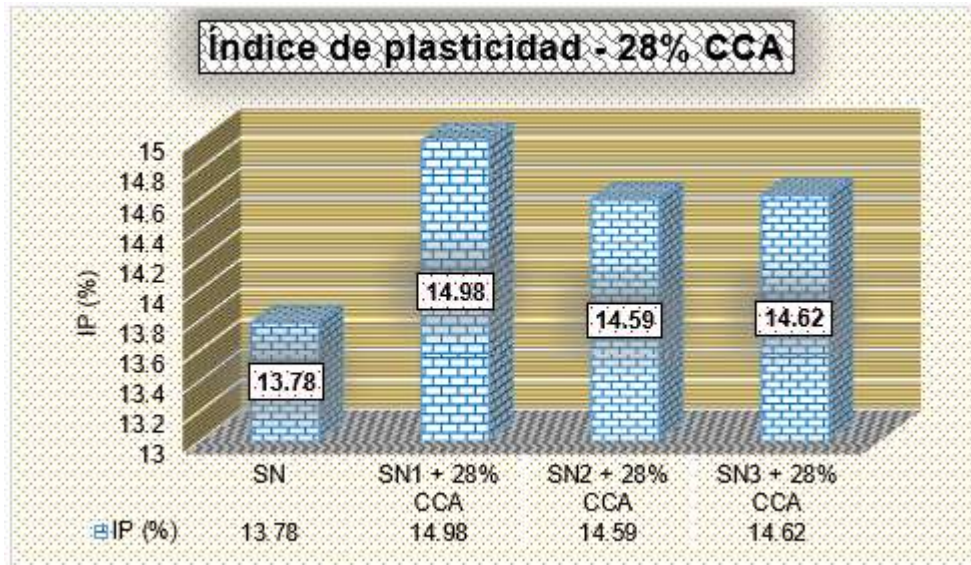
Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CCA

Atterberg 28%			
Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SN	-	-	13.78
SN1 + 28% CCA	32.15	17.17	14.98
SN2 + 28% CCA	32.22	17.63	14.59
SN3 + 28% CCA	33.1	18.49	14.62
Promedio	-	-	14.73

Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 14.73% promedio a los 28%.

Figura 35

Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CCA



Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 14.73% promedio a los 28%.

b. Ceniza de fibra de coco

- ✓ Suelo + 8% de CFC

Tabla 18

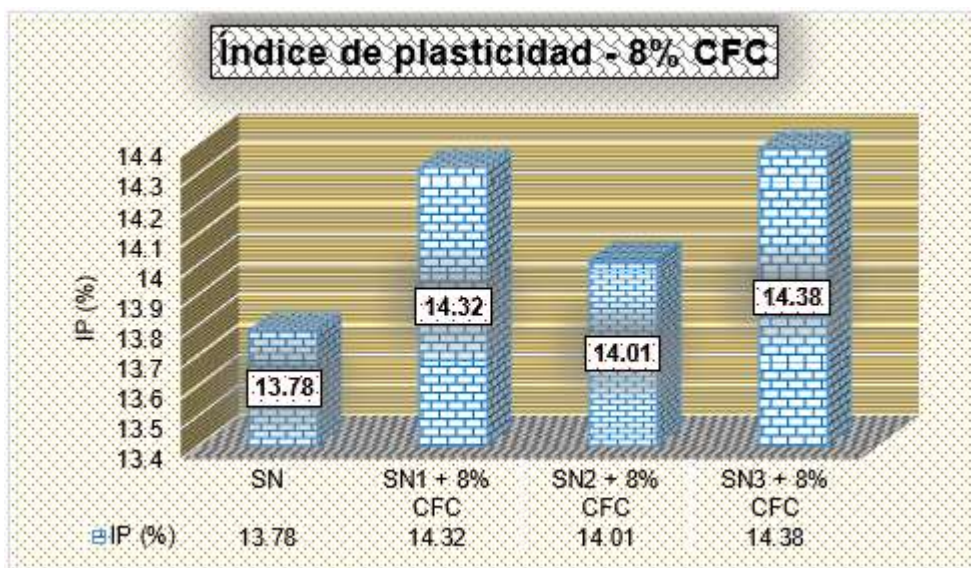
Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CFC

Muestra	Atterberg 8%		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SN	-	-	13.78
SN1 + 8% CFC	31.33	17.01	14.32
SN2 + 8% CFC	31.92	17.91	14.01
SN3 + 8% CFC	33.08	18.71	14.38
Promedio	-	-	14.24

Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 14.24% promedio a los 8%.

Figura 36

Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 8% CFC



Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 14.24% promedio a los 8%.

✓ **Suelo + 18% de CFC**

Tabla 19

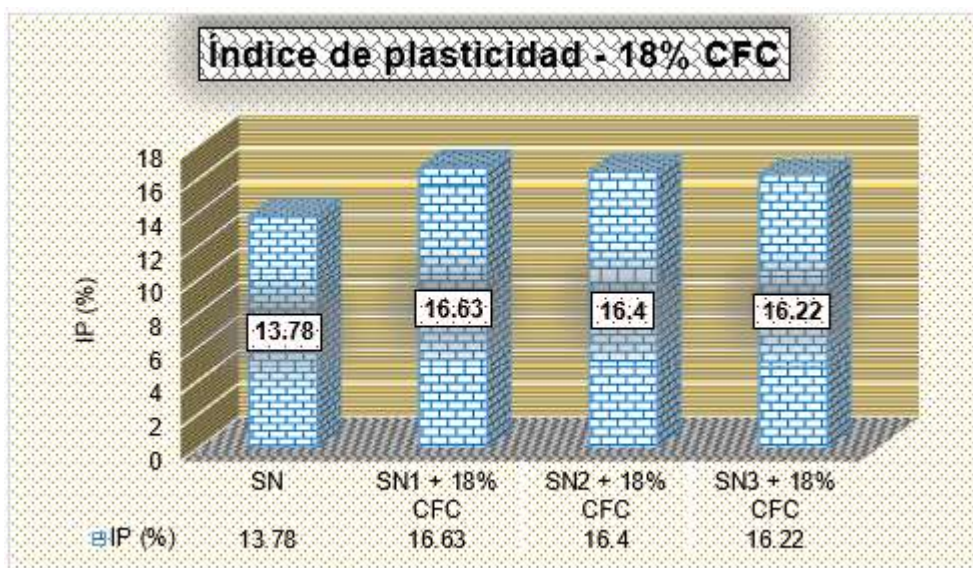
Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CFC

Muestra	Atterberg 18%		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SN	-	-	13.78
SN1 + 18% CFC	36.2	19.57	16.63
SN2 + 18% CFC	36.05	19.66	16.4
SN3 + 18% CFC	35.9	19.68	16.22
Promedio	-	-	16.42

Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 16.42% promedio a los 18%.

Figura 37

Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 18% CFC



Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 16.42% promedio a los 18%.

✓ **Suelo + 28% de CFC**

Tabla 20

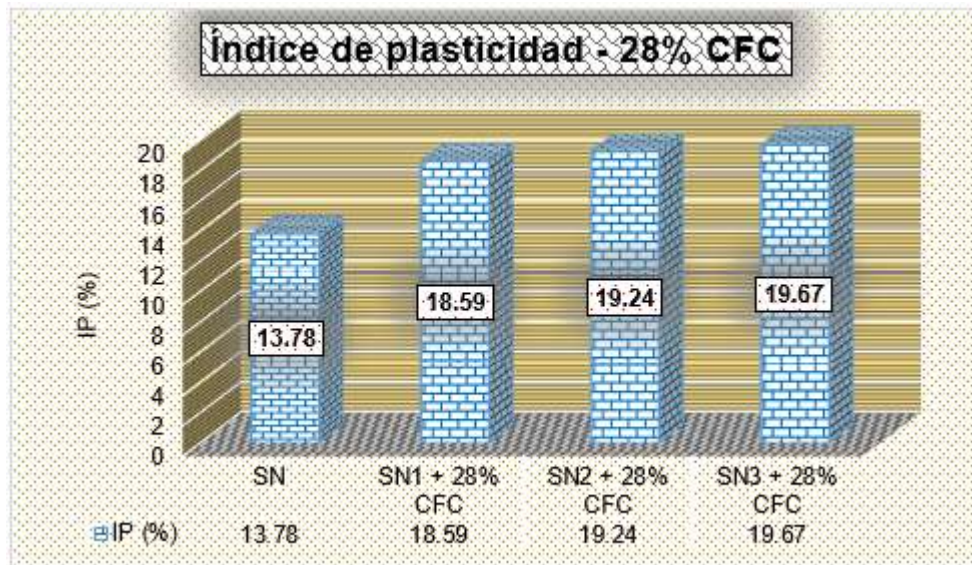
Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CFC

Atterberg 28%			
Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
SN	-	-	13.78
SN1 + 28% CFC	38.39	19.81	18.59
SN2 + 28% CFC	38.99	19.75	19.24
SN3 + 28% CFC	39.29	19.62	19.67
Promedio	-	-	19.17

Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 19.17% promedio a los 28%.

Figura 38

Nivel de flexibilidad del suelo de SN + 28% CFC



Como muestra la figura se logró determinar un Nivel de flexibilidad del suelo de 19.17% promedio a los 28%.

4.1.3 Efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en el grado de compactación en la subrasante

En las siguientes líneas mostraremos los resultados obtenidos sobre el efecto de la incorporación de 8%, 18% y 28% de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en el grado de compactación en la subrasante, teniendo los resultados en las siguientes tablas y figuras:

A. Suelo natural + Ceniza de cáscara de arroz

❖ Suelo + 8% CCA

Tabla 21

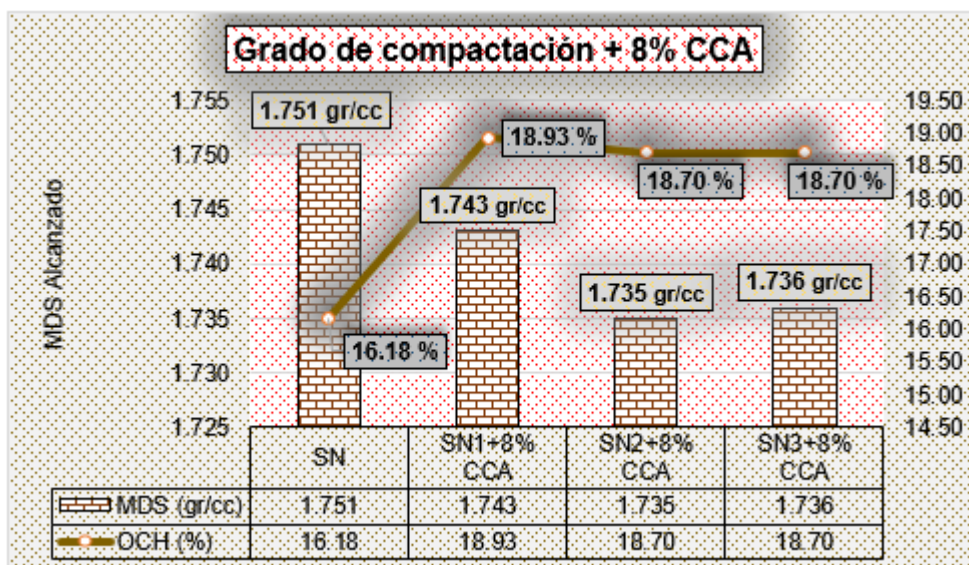
GC de Suelo + 8% CCA

Grado de Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
SN	1.751	16.18
SN1+8% CCA	1.743	18.93
SN2+8% CCA	1.735	18.70
SN3+8% CCA	1.736	18.70
Promedio	1.738	18.78

Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.738 gr/cc de grado de compactación.

Figura 39

GC de Suelo + 8% CCA



Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.738 gr/cc de grado de compactación.

❖ Suelo + 18% CCA

Tabla 23

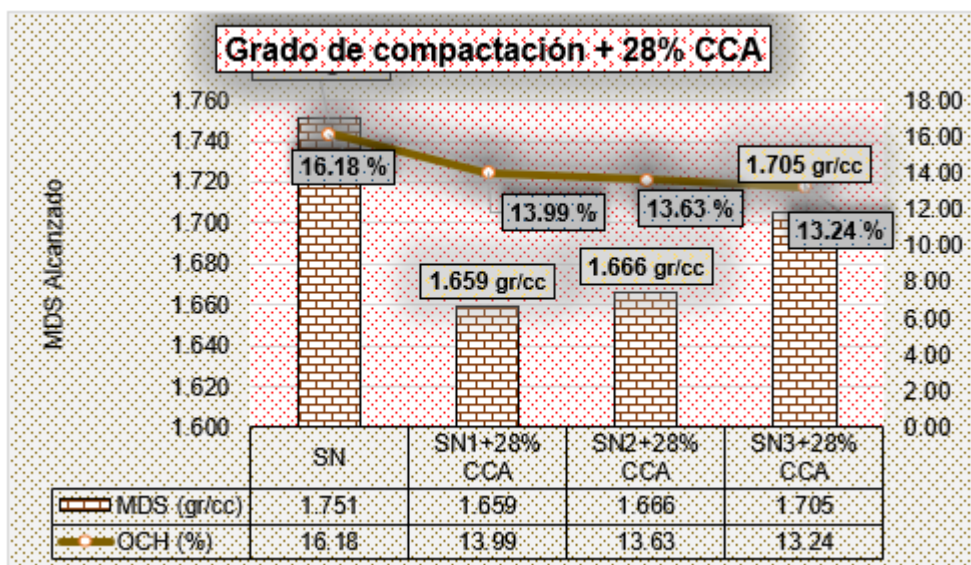
GC de Suelo + 28% CCA

Grado de Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
SN	1.751	16.18
SN1+28% CCA	1.659	13.99
SN2+28% CCA	1.666	13.63
SN3+28% CCA	1.705	13.24
Promedio	1.677	13.62

Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.677 gr/cc de grado de compactación.

Figura 41

GC de Suelo + 28% CCA



Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.677 gr/cc de grado de compactación.

B. Suelo + Ceniza de fibra de coco

- Suelo + 8% CFC

Tabla 24

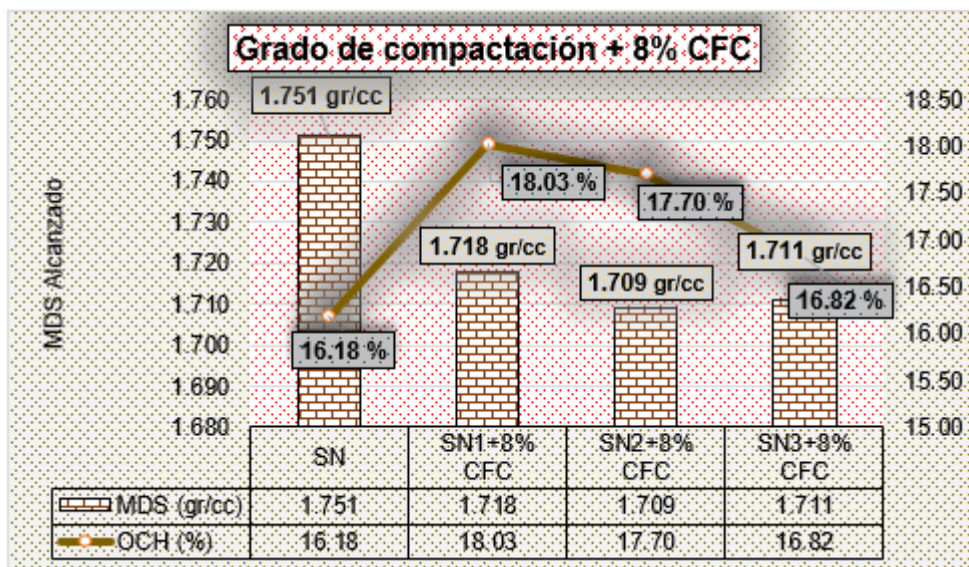
GC de Suelo + 8% CFC

Grado de Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
SN	1.751	16.18
SN1+8% CFC	1.718	18.03
SN2+8% CFC	1.709	17.70
SN3+8% CFC	1.711	16.82
Promedio	1.713	17.52

Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.713 gr/cc de grado de compactación.

Figura 42

GC de Suelo + 8% CFC



Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.713 gr/cc de grado de compactación.

- Suelo + 18% CFC

Tabla 25

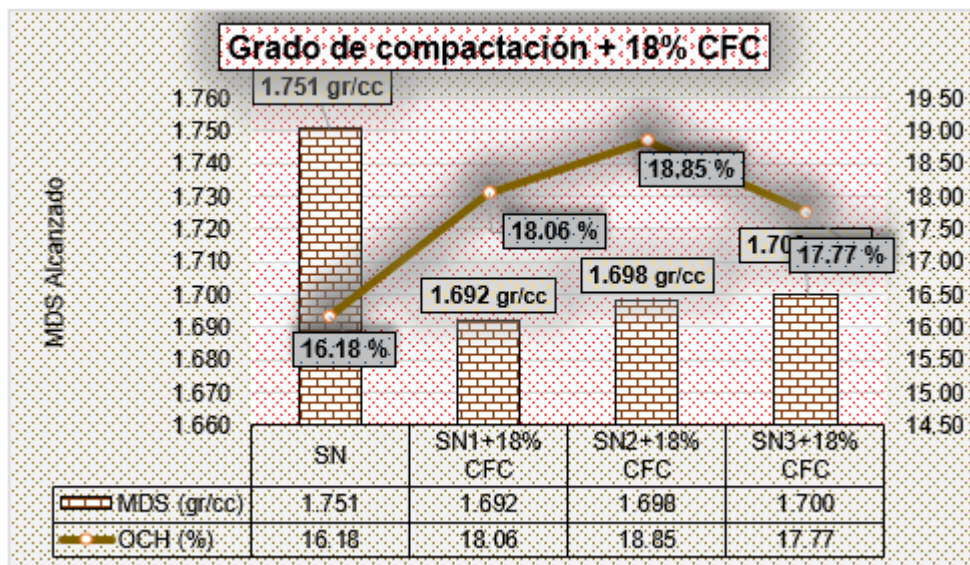
GC de Suelo + 18% CFC

Grado de Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
SN	1.751	16.18
SN1+18% CFC	1.692	18.06
SN2+18% CFC	1.698	18.85
SN3+18% CFC	1.700	17.77
Promedio	1.697	18.23

Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.697 gr/cc de grado de compactación.

Figura 43

GC de Suelo + 18% CFC



Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.697 gr/cc de grado de compactación.

- **Suelo + 28% CFC**

Tabla 26

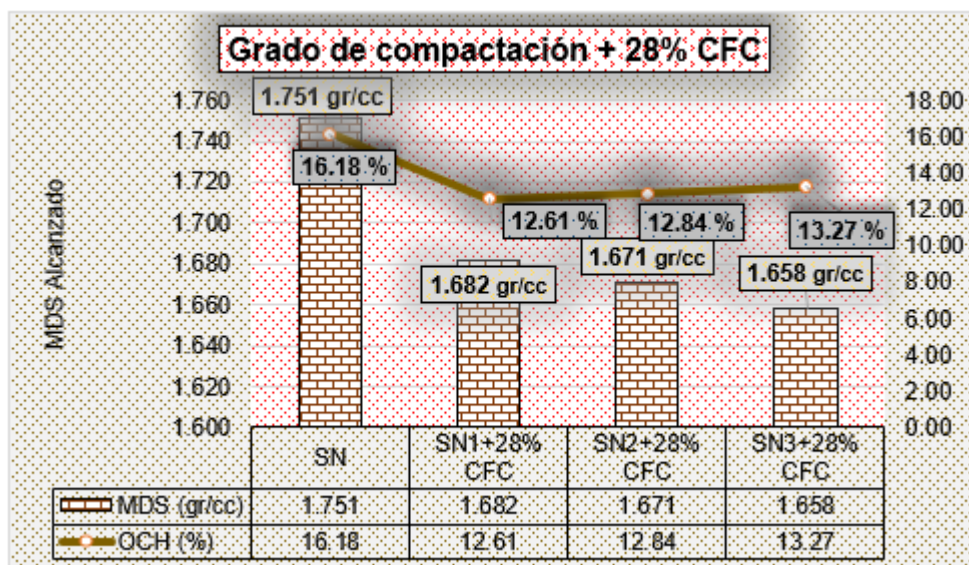
GC de Suelo + 28% CFC

Grado de Compactación		
Calicata	MDS (gr/cc)	OCH (%)
SN	1.751	16.18
SN1+28% CFC	1.682	12.61
SN2+28% CFC	1.671	12.84
SN3+28% CFC	1.658	13.27
Promedio	1.670	12.91

Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.670 gr/cc de grado de compactación.

Figura 44

GC de Suelo + 28% CFC



Luego de haber obtenido los resultados de las muestras se tiene un promedio de 1.670 gr/cc de grado de compactación.

4.1.4 Determinación de la incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la capacidad de soporte CBR

En las siguientes líneas mostraremos los resultados obtenidos de la capacidad de soporte CBR al 100% y 95% con la integración de 8%, 18% y 28% de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco, teniendo los resultados subsiguientes:

A. Ceniza de cáscara de arroz

✚ CBR - Suelo + 8% CCA

Tabla 27

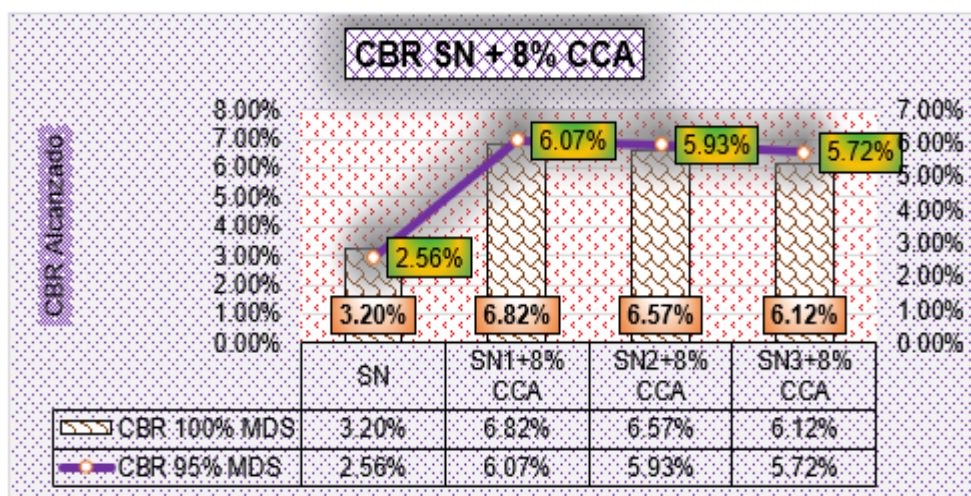
CBR de Suelo + 8% CCA

CBR - Subrasante 8% CCA		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
SN	3.20%	2.56%
SN1+8% CCA	6.82%	6.07%
SN2+8% CCA	6.57%	5.93%
SN3+8% CCA	6.12%	5.72%
Promedio	6.50%	5.91%

Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 6.50% al 100% y 5.91% al 95% con la incorporación de 8% de CCA.

Figura 45

CBR de Suelo + 8% CCA



Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 6.50% al 100% y 5.91% al 95% con la incorporación de 8% de CCA.

✚ CBR - Suelo + 18% CCA

Tabla 28

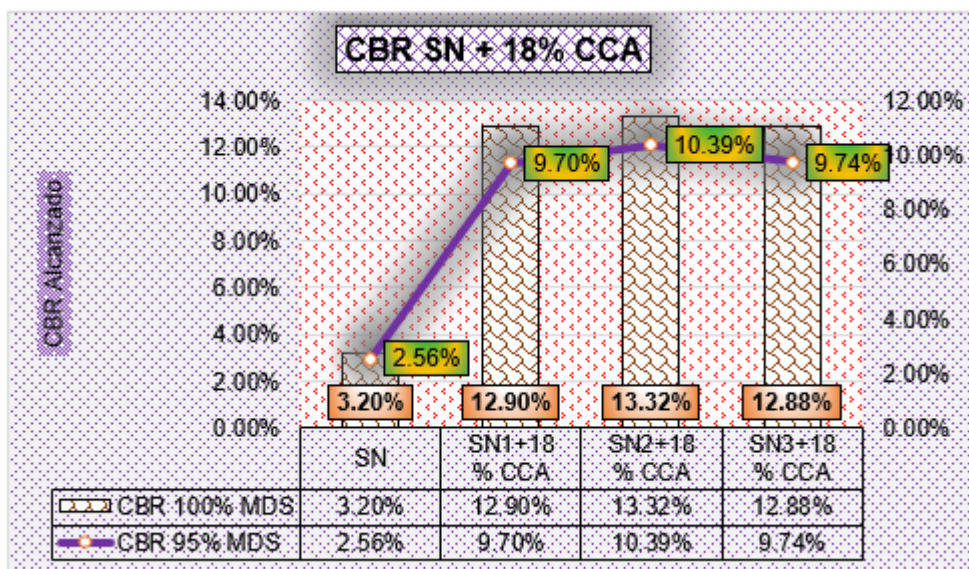
CBR de Suelo + 18% CCA

CBR - Subrasante 18% CCA		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
SN	3.20%	2.56%
SN1+18% CCA	12.90%	9.70%
SN2+18% CCA	13.32%	10.39%
SN3+18% CCA	12.88%	9.74%
Promedio	13.03%	9.94%

Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 13.03% al 100% y 9.94% al 95% con la incorporación de 18% de CCA.

Figura 46

CBR de Suelo + 18% CCA



Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 13.03% al 100% y 9.94% al 95% con la incorporación de 18% de CCA

✚ CBR - Suelo + 28% CCA

Tabla 29

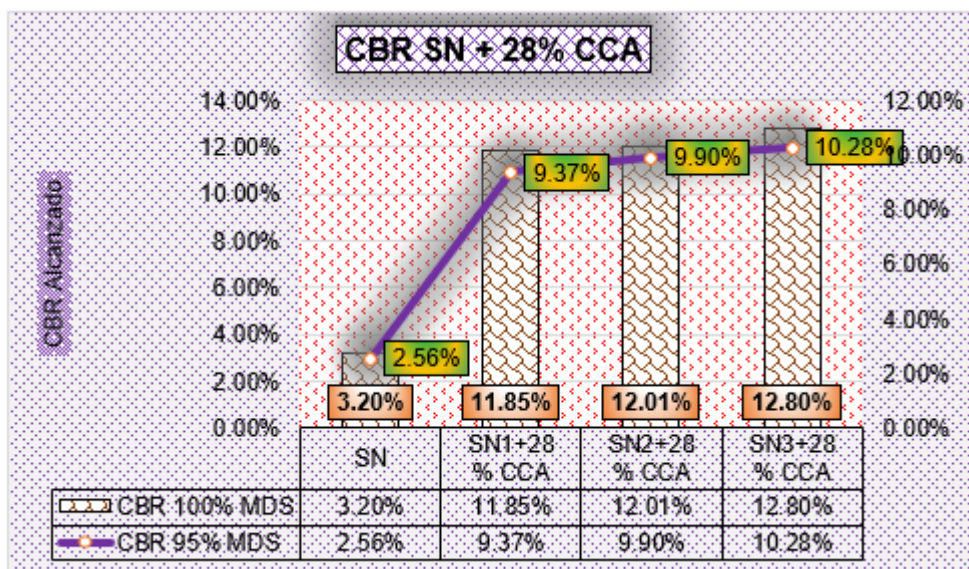
CBR de Suelo + 28% CCA

CBR - Subrasante 28% CCA		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
SN	3.20%	2.56%
SN1+28% CCA	11.85%	9.37%
SN2+28% CCA	12.01%	9.90%
SN3+28% CCA	12.80%	10.28%
Promedio	12.22%	9.85%

Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 12.22% al 100% y 9.85% al 95% con la incorporación de 28% de CCA.

Figura 47

CBR de Suelo + 28% CCA



Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 12.22% al 100% y 9.85% al 95% con la incorporación de 28% de CCA.

B. Ceniza de fibra de coco

▲ CBR - Suelo + 8% CFC

Tabla 30

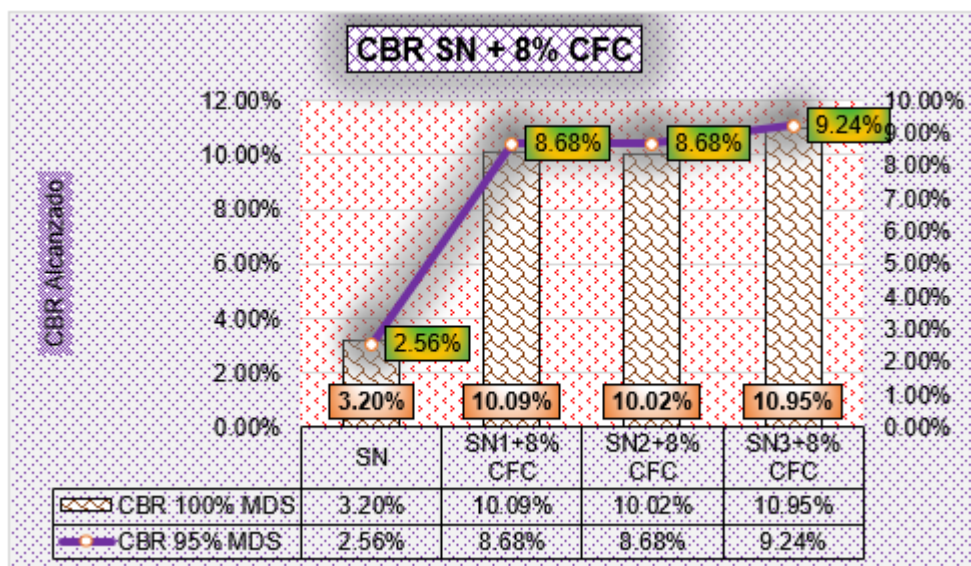
CBR de Suelo + 8% CFC

CBR - Subrasante 8% CFC		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
SN	3.20%	2.56%
SN1+8% CFC	10.09%	8.68%
SN2+8% CFC	10.02%	8.68%
SN3+8% CFC	10.95%	9.24%
Promedio	10.35%	8.87%

Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 10.35% al 100% y 8.87% al 95% con la incorporación de 8% de CFC.

Figura 48

CBR de Suelo + 8% CFC



Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 10.35% al 100% y 8.87% al 95% con la incorporación de 8% de CFC.

▲ CBR - Suelo + 18% CFC

Tabla 31

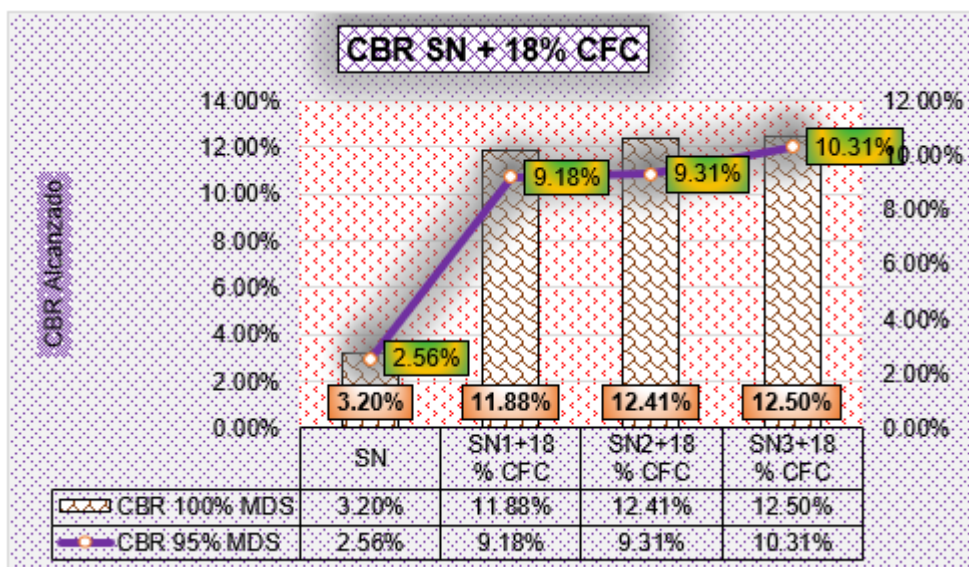
CBR de Suelo + 18% CFC

CBR - Subrasante 18% CFC		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
SN	3.20%	2.56%
SN1+18% CFC	11.88%	9.18%
SN2+18% CFC	12.41%	9.31%
SN3+18% CFC	12.50%	10.31%
Promedio	12.26%	9.60%

Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 12.26% al 100% y 9.60% al 95% con la incorporación de 18% de CFC.

Figura 49

CBR de Suelo + 18% CFC



Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 12.26% al 100% y 9.60% al 95% con la incorporación de 18% de CFC.

▲ CBR - Suelo + 28% CFC

Tabla 32

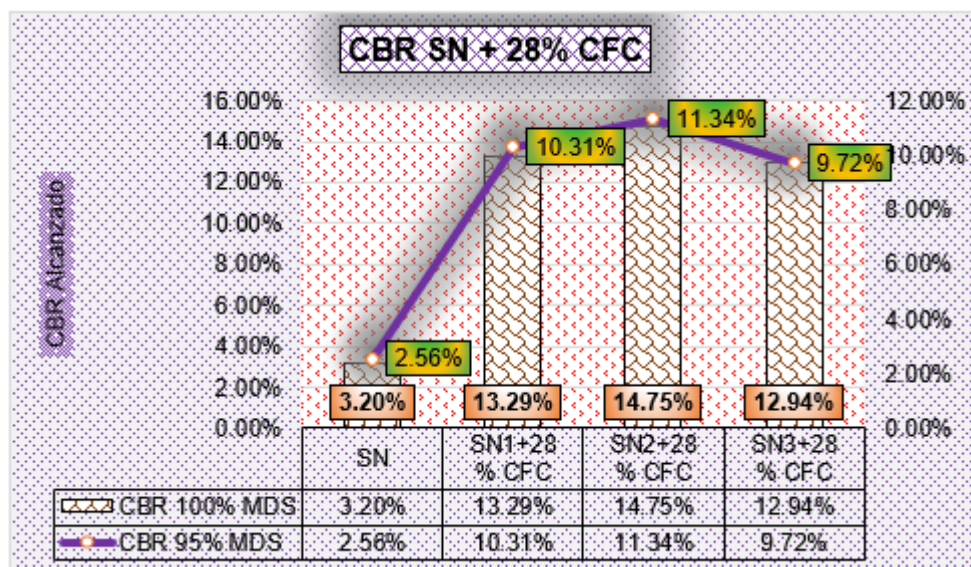
CBR de Suelo + 28% CFC

CBR - Subrasante 28% CFC		
Calicata	CBR 100%	CBR 95%
SN	3.20%	2.56%
SN1+28% CFC	13.29%	10.31%
SN2+28% CFC	14.75%	11.34%
SN3+28% CFC	12.94%	9.72%
Promedio	13.66%	10.46%

Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 13.66% al 100% y 10.46% al 95% con la incorporación de 28% de CFC.

Figura 50

CBR de Suelo + 28% CFC



Tras realizar las pruebas se tiene un CBR de 13.66% al 100% y 10.46% al 95% con la incorporación de 28% de CFC.

4.1.5 Comparativo de los resultados obtenidos

Tras obtener todos los resultados según nuestros objetivos planteados procedemos al comparativo de los resultados y ver como influyo la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco, teniendo los resultados subsiguientes:

✚ Comparativo del Nivel de flexibilidad del suelo CCA

Tabla 33

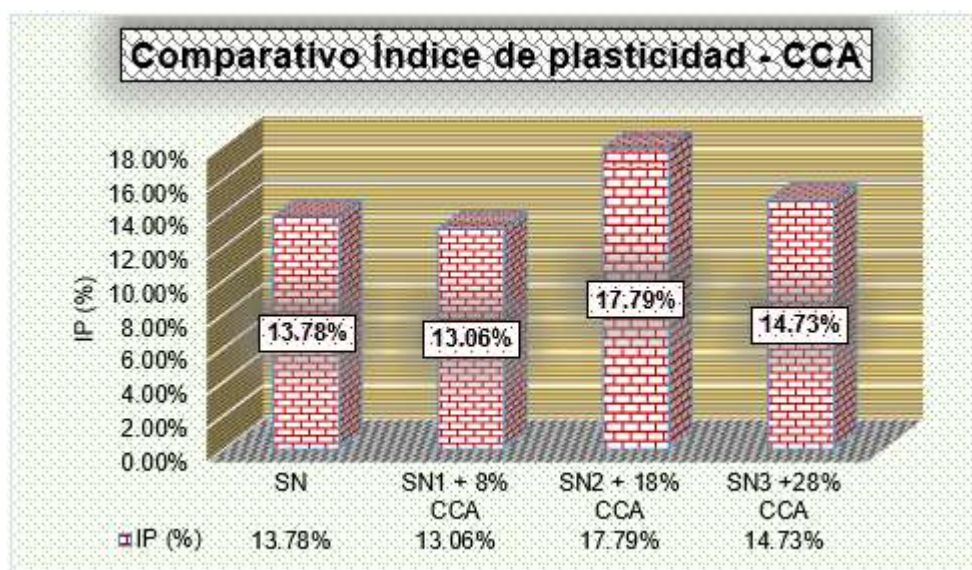
Comparativo del ÍP con CCA

Comparativo de IP de CCA	
Muestra	Índice Plasticidad (%)
SN	13.78%
SN1 + 8% CCA	13.06%
SN2 + 18% CCA	17.79%
SN3 +28% CCA	14.73%

Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CCA en el IP

Figura 51

Comparativo del ÍP con CCA



Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CCA en el IP

Comparativo del Nivel de flexibilidad del suelo CFC

Tabla 34

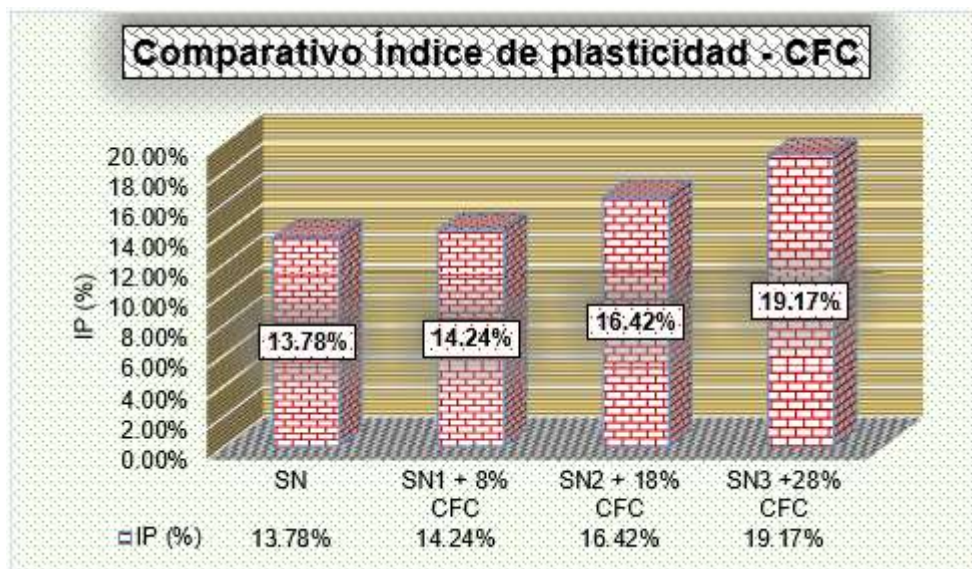
Comparativo del ÍP con CFC

Comparativo de IP de CFC	
Muestra	Índice Plasticidad (%)
SN	13.78%
SN1 + 8% CFC	14.24%
SN2 + 18% CFC	16.42%
SN3 +28% CFC	19.17%

Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CFC en el IP

Figura 52

Comparativo del ÍP con CCA



Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CFC en el IP

Comparativo del Grado de compactación de CCA

Tabla 35

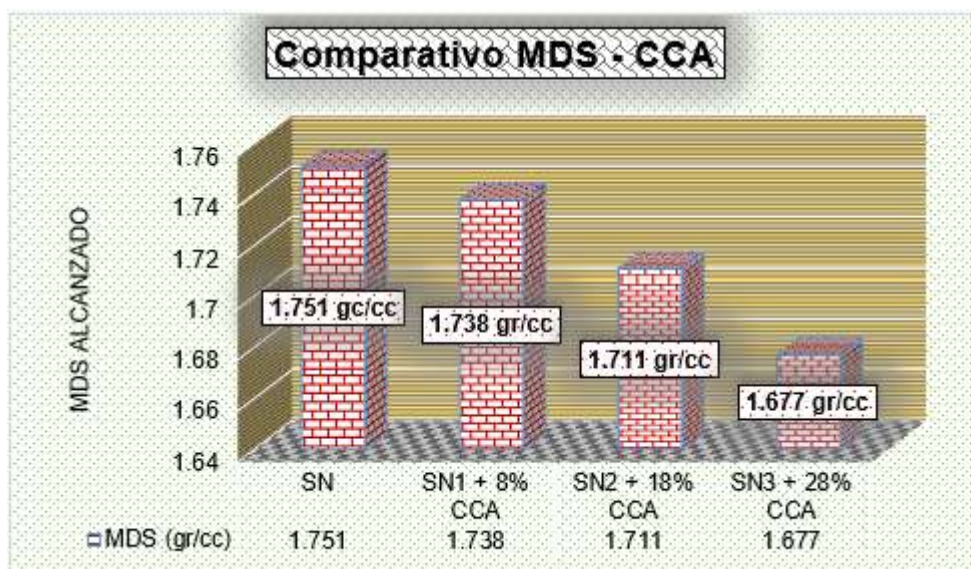
Comparativo del grado de compactación con CCA

Comparativo de MDS de CCA	
Muestra	MDS (gr/cc)
SN	1.751
SN1 + 8% CCA	1.738
SN2 + 18% CCA	1.711
SN3 + 28% CCA	1.677

Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CCA en el grado de compactación.

Figura 53

Comparativo del grado de compactación con CCA



Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CCA en el grado de compactación.

Comparativo del Grado de compactación de CFC

Tabla 36

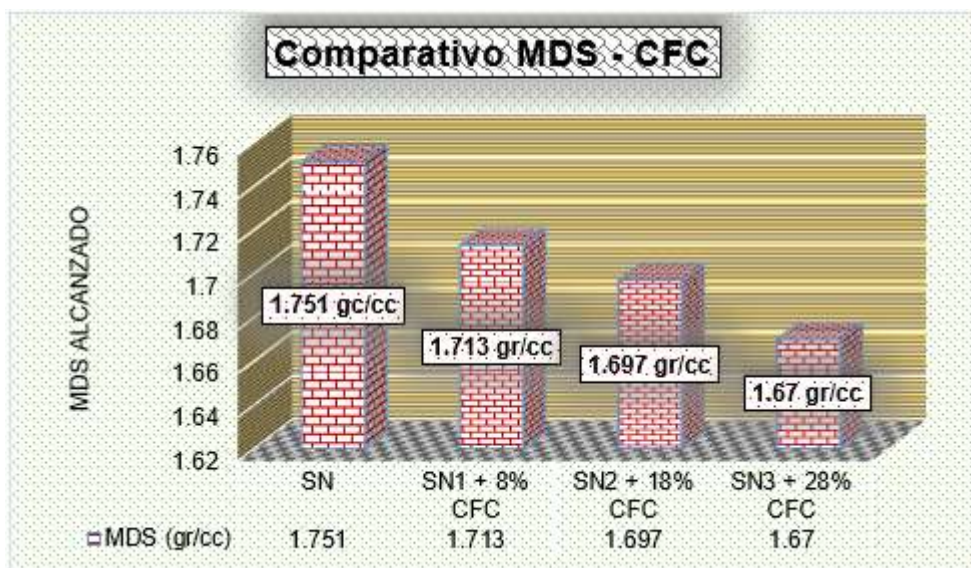
Comparativo del grado de compactación con CFC

Comparativo de MDS de CFC	
Muestra	MDS (gr/cc)
SN	1.751
SN1 + 8% CFC	1.713
SN2 + 18% CFC	1.697
SN3 + 28% CFC	1.67

Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CFC en el grado de compactación.

Figura 54

Comparativo del grado de compactación con CFC



Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CFC en el grado de compactación.

Comparativo del CBR de la subrasante de CCA

Tabla 37

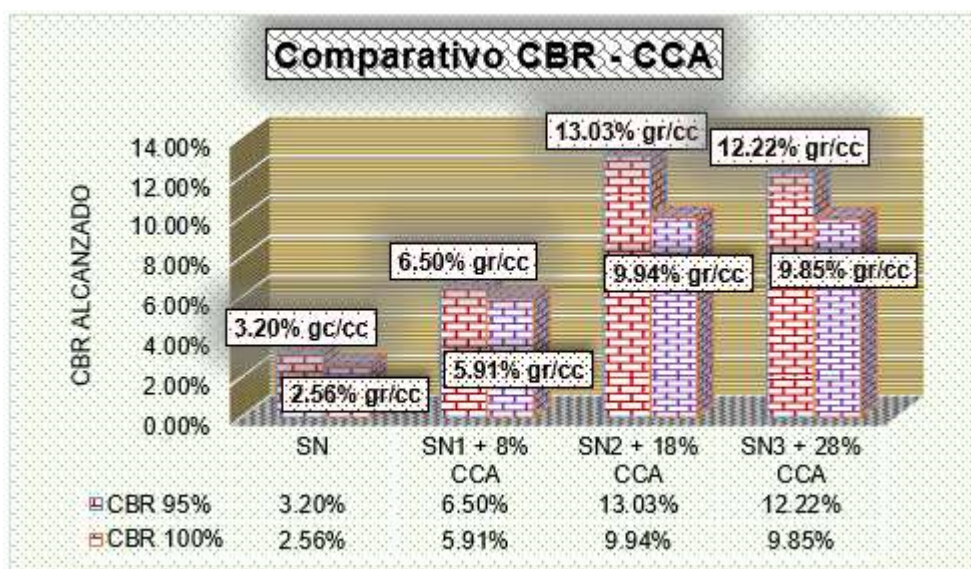
Comparativo del CBR de la subrasante con CCA

Comparativo de CBR de CCA		
Muestra	CBR 100% MDS	CBR 95% MDS
SN	3.20%	2.56%
SN1 + 8% CCA	6.50%	5.91%
SN2 + 18% CCA	13.03%	9.94%
SN3 + 28% CCA	12.22%	9.85%

Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CCA en el CBR de la subrasante.

Figura 55

Comparativo del CBR de la subrasante con CCA



Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CCA en el CBR de la subrasante.

Comparativo del CBR de la subrasante de CFC

Tabla 38

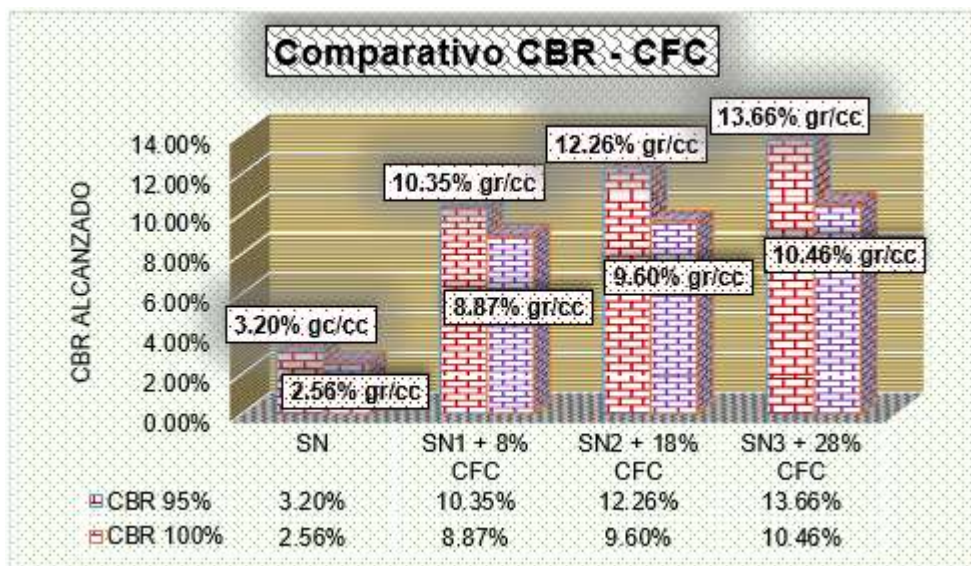
Comparativo del CBR de la subrasante con CFC

Comparativo de CBR de CFC		
Muestra	CBR 100% MDS	CBR 95% MDS
SN	3.20%	2.56%
SN1 + 8% CFC	10.35%	8.87%
SN2 + 18% CFC	12.26%	9.60%
SN3 + 28% CFC	13.66%	10.46%

Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CFC en el CBR de la subrasante.

Figura 56

Comparativo del CBR de la subrasante con CFC



Según la tabla se puede ver cuanto influye la aplicación de CFC en el CBR de la subrasante.

4.2 Discusión de resultados

Tras haber obtenido los resultados según los objetivos planteado, ahora desarrollaremos todos los resultados obtenidos:

D1: Según el resultado 1 se obtiene los siguientes resultados en las propiedades físicas y mecánicas promedio teniendo un contenido de humedad de 13.06%, Nivel de flexibilidad del suelo de 13.78%, grado de compactación con una densidad seca máxima de 1.751 gr/cc con una humedad optima de 16.18% y obteniendo un CBR al 100% de 3.20% y al 95% de 2.56% de la MDS.

D2: Según el resultado 2 se obtiene los siguientes resultados con la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco a los 8%, 18% y 28% en dosificaciones obteniendo los siguientes índices de plasticidad: IP de 13.06% con 8% de CCA, IP de 17.79% con 18% de CCA, IP de 14.73% con 28% de CCA, IP de 14.24% con 8% de CFC, IP de 16.42% con 18% de CFC, IP de 19.17% con 28% de CFC.

Mientras, Camacllanqui y Rivera (2021) En su investigación, los investigadores emplearon ceniza de madera y ceniza de fibra de coco en concentraciones del 7%, 13% y 18%. Los resultados indicaron que la ceniza de madera tiene una ligera influencia positiva en la plasticidad, pero un efecto adverso en la resistencia y la compactación. Por el contrario, la ceniza de fibra de coco afecta negativamente a la plasticidad, la compactación y la resistencia del material.

D3: Según el resultado 3 se obtiene los siguientes resultados con la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco a los 8%, 18% y 28% en dosificaciones obteniendo los siguientes grados de compactación promedio: MDS de 1.738 gr/cc con 8% de CCA, MDS de 1.711 gr/cc con 18% de CCA, MDS de 1.677 gr/cc con 28% de CCA, MDS de 1.713 gr/cc con 8% de CFC, MDS de 1.697 gr/cc con 18% de CFC, MDS de 1.670 gr/cc con 28% de CFC.

Mientras, Lopez y Zapata (2021), El suelo natural posee las siguientes características: un Nivel de flexibilidad del suelo del 10,97%, una densidad seca máxima de 1,875 g/cm³, un



contenido de humedad del 10,45% y una capacidad portante CBR del 4,57% al 95% de la densidad seca máxima.

D4: Según el resultado 4 se obtiene los siguientes resultados con la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco a los 8%, 18% y 28% en dosificaciones obteniendo las siguientes capacidades de soporte CBR promedio: CBR de SN + 8% CCA al 100% de 6.50% y al 95% de 5.91% de la MDS, CBR de SN + 18% CCA al 100% de 13.03% y al 95% de 9.94% de la MDS, CBR de SN + 28% CCA al 100% de 12.22% y al 95% de 9.85% de la MDS, CBR de SN + 8% CFC al 100% de 10.35% y al 95% de 8.87% de la MDS, CBR de SN + 18% CFC al 100% de 12.26% y al 95% de 9.60% de la MDS, CBR de SN + 28% CFC al 100% de 13.66% y al 95% de 10.46% de la MDS.

Según, López y Zapata (2021), Se ha descubierto que la incorporación de un 6% de ceniza de cascarilla de arroz mejora la resistencia de la subrasante, lo que conduce a un notable aumento del valor CBR del 3,6% al 5,4%. Además, el contenido de humedad ideal de la subrasante aumenta hasta el 12,20%, dando lugar a una densidad seca máxima de 1,90 g/cm³ tras la compactación. Los resultados indican el efecto beneficioso de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz a la subrasante.



CONCLUSIONES

C1: Se determinó positivamente las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante obteniendo así los siguientes resultados: contenido de humedad de 13.06%, Nivel de flexibilidad del suelo de 13.78%, un grado de compactación de 1.751 gr/cc con una humedad óptima de 16.18% en la MDS y un CBR al 100% de 3.20% y al 95% de 2.56% de la MDS.

C2: Se determinó la influencia de las adiciones de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo y el que mayor Nivel de flexibilidad del suelo posee es de ceniza de fibra de coco con 28% obteniendo un valor de 19.17% a comparación del suelo natural que tiene un Nivel de flexibilidad del suelo de 13.78%.

C3: Se puede concluir que el suelo natural al compactar posee un valor de 1.751 gr/cc distinto al grado de compactación con aplicaciones de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco obteniendo un mayor efecto tras su disminución en la máxima densidad seca con la incorporación de 28% de ceniza de fibra de coco con un valor de 1.670 gr/cc.

C4: En el estudio de CBR de la subrasante del suelo natural se tuvo un CBR de 3.20% al 100% y 2.56% al 95% y se aplicó la ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco y el que mayor incidencia tuvo fue la que se aplicó de 28% de ceniza de fibra de coco con 13.66% al 100% y 10.46% al 95%.



RECOMENDACIONES

R.1. Se sugiere elaborar más investigaciones de distintos suelos y con distintos porcentajes para llegar al más adecuado porcentaje con incorporaciones de otros componentes y de esa manera se determinar mejores resultados.

R.2. Para mejorar la calidad de las referencias, es aconsejable realizar pruebas sobre el terreno para determinar si existe una correlación entre los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio y los obtenidos sobre el terreno.

R.3. Es aconsejable considerar el uso de compuestos que eliminen los contaminantes de los bienes utilizados en el proceso de estabilización del suelo de la subrasante.

R.4. Es aconsejable asegurarse de que el suelo no supere el 2% de materia orgánica en peso, ya que las investigaciones han demostrado que esto afecta directamente al comportamiento y la estabilidad del suelo a lo largo del tiempo.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arias, F. (2012). *El Proyecto De Investigación. Introducción A La Metodología Científica*. Caracas: Episteme.
- Aznar , Caceres & Romero. (2018). *Efecto De La Metodología Mobile Learning En La Enseñanza Universitaria*.
- Balseca, N. A., & Vinueza, S. A. (2024). *Análisis Comparativo Del Mejoramiento De Subrasantes Arena Limosa, Limo Arenoso Y Arcilla Arenosa Del Distrito Metropolitano De Quito Utilizando Alofán Y Bentonita*. Quito-Ecuador: Universidad Central Del Ecuador.
- Borja.S. (2012). *Metodologia De Investigacion Cientifica Para Ingenieria Civil*.
- Camacllanqui, C. G., & Rivera, C. J. (2021). *Estabilización De La Subrasante Incorporando Cenizas De Madera Y Fibra De Coco En La Av. Andrés Avelino Cáceres, Huancavelica - 2021*. Lima-Perú: Universidad César Vallejo.
- Cano, Q. R., & Cardenas, C. T. (2024). *Análisis Comparativo De La Influencia En Las Propiedades Índice Y Mecánicas De Un Suelo Para Subrasante Añadiendo Ceniza Del Bagazo De La Cañaduz En La Ruta Canua A Llinqui – Aymaraes – Apurímac, 2021*. Abancay-Perú: Universidad Tecnológica De Los Andes.
- Cegara, S. J. (2019). *Los Métodos De Investigación*. España.
- Checa, F. B. (2022). *Análisis Del Mejoramiento De Suelos Mediante La Adición De Bolsas De Polietileno Fundido En Estado Líquido, Aplicados A Suelos Blandos Del Sur De Quito Como Subrasante Para Uso En Vías Terrestres*. Quito-Ecuador: Universidad Central Del Ecuador.



- De La Cruz Cebreros, J. M., & Malpartida Galan, J. G. (2022). Incidencia De La Cáscara De Yuca En Las Propiedades Físico-Mecánicas Del Adobe Artesanal, En La Provincia De Atalaya, Ucayali 2022. Ucayali: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido De <https://hdl.handle.net/20.500.12692/97469>*
- Garcia. (2004). Metodología De La Investigación.*
- Garcia, P. R. (2022). Estabilización De Subrasante Con Adición De Ceniza De Tusa De Maíz Y Cáscara De Maní En La Carretera Ic-1110171, Ica-2022. Ica.Perú: Universidad Cesar Vallejo.*
- Hernandez & Baptista. (2014). Metodología De La Investigación. Mc Graw Hill. Mexico.*
- Jara, H. J. (2024). Estabilización De Suelos Arcillosos Incorporando Cenizas De Madera (Aserrín), En Su Comportamiento Mecánico – Deformacional Para El Mejoramiento De La Subrasante, De Las Vías De La Urbanización Las Gardenias De La Ciudad De Juliaca. Puno-Perú: Universidad Nacional Del Altiplano.*
- Lopez, V. R., & Zapata, S. G. (2021). Estabilización De Suelo Con Ceniza De Cascara De Arroz Para El Mejoramiento De Subrasante En El Distrito - Tumbes, 2021. Lima - Perú: Universidad Cesar Vallejo.*
- Mamanchura, M. E. (2022). Influencia Del Uso De Cenizas Volantes En La Estabilización De Suelos Para La Pavimentación En La Av. Alfonso Ugarte, Distrito De San Antonio – Moquegua, 2021. Moquegua-Perú: Universidad Continental.*
- Oviedo, O. F. (2023). Evaluación De La Subrasante Empleando Cal En Los Suelos Cohesivos De La Urbanización Corazón De Jesús Del Distrito De Socabaya - Arequipa. Juliaca-Perú: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.*



- Parisuaña, Q. E., & Quello, C. A. (2023). Análisis Comparativo Entre Deflectometría Y Ensayos De Cbr Para La Estimación Del Módulo Resiliente De Subrasante En Pavimentos Flexibles, Puno – Tiquillaca, 2022. Puno-Perú: Universidad Nacional De Altiplano.*
- Ramirez, E. R. (2022). Estudio Del Efecto De La Ceniza De Cascara De Arroz En Las Propiedades Fisico-Mecanicas En Suelos Finos De Subrasante. Ambato-Ecuador: Universidad Técnica De Ambato.*
- Rimachi, P. I., & Sánchez, R. R. (2019). Estabilización De Suelos Con Adición De Ceniza De Cáscara De Coco Al 0.5%, 1.5%, 3%, 5% Y 8%, A Nivel De Subrasante En El Sector De Lampanin Distrito De Cáceres Del Perú Provincial Del Santa, Ancash - 2019. Chimbote-Perú: Universidad César Vallejo.*
- Santander, Z. M., & Yávar, R. J. (2018). Análisis Comparativo Entre Método De Estabilización De Subrasante Mediante El Uso De Enzimas Orgánicas Y Mezclas Con Cal, En La Urbanización Tanya Marlene Ubicada En La Ciudad De Milagro, Provincia Del Guayas. Guayaquil-Ecuador: Universidad De Guayaquil.*



ANEXOS



Anexo. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar y comparar variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La variación de las propiedades de la subrasante con empleo de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en la carretera Samán – Caminaca 2024, serán positivas, ya que ambos mejorarán las propiedades de la subrasante.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZAS DE FIBRA DE COCO</p> <p>Dimensiones: <i>Dosificaciones en 8%, 18% y 28%</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>PROPIEDADES DEL MATERIAL DEL SUELO DE SUBRASANTE</p> <p>Dimensiones: <i>Índice plasticidad Grado compactación (MDS y OCH) Capacidad soporte (CBR)</i></p>	<p>Fichas y formatos de combinación</p> <p>Equipos y herramientas de campo.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?</p> <p>¿Cuál es la influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?</p> <p>¿Cuál es la incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en la capacidad de soporte CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024</p> <p>Determinar la influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables sobre el Nivel de flexibilidad del suelo del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024</p> <p>Determinar el efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024</p> <p>Determinar la incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables en la capacidad de soporte CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024, será malas y deficientes.</p> <p>La influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables disminuirá el Nivel de flexibilidad del suelo del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.</p> <p>El efecto de la incorporación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables incrementará el grado de compactación del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.</p> <p>La incidencia de la aplicación de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de fibra de coco en dosificaciones variables mejorará la capacidad de soporte CBR del material de la capa de subrasante de la carretera Samán – Caminaca 2024.</p>		



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024.		
SOLICITANTE	: Bach. ALEX OSGALLA CAYTE		
UBICACIÓN	: CARRETERA SAMÁN - CAMINACA		
PROGRESIVA	: KM.5+000		
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1		
FECHA	: JUNIO DEL 2024		

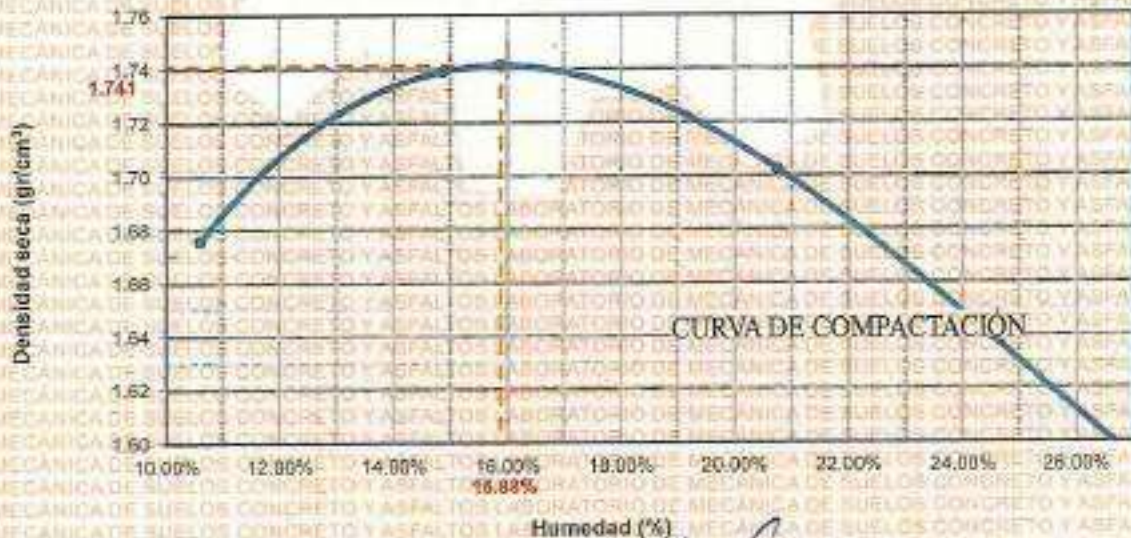
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6045	6075	6021	5885
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1892	1922	1868	1733
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.024	2.056	1.998	1.853

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	68.10	73.88	82.06	90.83	78.85	91.85	80.62	88.17
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	58.71	62.16	71.37	78.42	72.19	82.30	84.21	83.63
Peso del Agua	gr.	9.39	11.72	10.69	11.41	7.66	9.38	6.41	5.54
Peso de la Capsula	gr.	19.01	24.38	19.65	24.67	21.09	18.21	22.64	22.05
Peso del Suelo Seco	gr.	39.70	37.78	51.72	54.75	50.81	64.09	61.57	60.57
% de Humedad	%	23.65%	30.42%	20.67%	20.04%	15.14%	14.84%	10.41%	10.00%
Promedio de Humedad	%	27.07%		20.74%		14.89%		10.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.592		1.702		1.739		1.876	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.741 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 15.88%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



[Firma manuscrita]
 Ing. Gerardo Torres
 CIP: 10325F



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - GAMINACA 2024					
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE					
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA					
PROGRESIVA	KM:5+000					
MUESTRA	CALICATA 1- MUESTRA 1					
FECHA	JUNIO DEL 2024					

MOLDE No		II		II		I
No DE CAPAS		5		5		5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		66
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10558	11548	10905	11528	11072	11614
Peso del Molde	gr.	8891	8891	8783	8783	8811	8811
Peso del Suelo Humedo	gr.	3667	4656	4013	4836	4261	4803
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.837	2.307	1.909	2.300	2.032	2.291

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	152.96	302.81	153.84	475.84	156.23	355.80
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	138.58	233.58	136.13	377.19	140.63	287.25
Peso del Agua	gr.	14.38	68.03	17.51	98.65	15.60	68.41
Peso de la Capsula	gr.	67.89	37.54	37.08	69.89	35.84	68.24
Peso del Suelo Seco	gr.	70.69	196.04	98.15	307.30	104.99	229.01
% de Humedad	%	20.34%	35.21%	17.84%	32.10%	14.86%	28.52%
Promedio de Humedad	%	20.34%	35.21%	17.84%	32.10%	14.86%	25.52%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.527	1.706	1.620	1.741	1.770	1.826

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.080	2.032	1.81	0.080	1.924	1.21	0.630	0.762	0.81
24/06/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.110	2.784	2.22	0.070	1.778	1.41	0.070	1.778	1.41
25/06/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.140	3.550	2.82	0.130	3.302	2.82	0.130	2.794	2.22
26/06/2024	08:25 a.m.	96:00:00	0.200	5.000	4.04	0.170	4.918	3.43	0.140	3.556	2.82

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				66 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		0.12	25.84	1.39	0.16	25.91	1.33	0.34	28.88	1.97			
1.27	01:00		0.19	29.84	1.34	0.24	26.13	1.35	2.74	38.78	1.90			
1.91	01:30		0.21	28.02	1.35	0.20	28.98	1.98	3.81	41.73	2.18			
2.54	02:00	70.31	0.23	26.11	1.35	1.82	0.31	26.45	1.37	1.94	4.96	46.18	2.59	3.40
3.81	03:00		0.28	28.32	1.39	0.37	26.70	1.38	5.35	52.08	2.68			
5.08	04:00	105.00	0.34	26.05	1.37	1.31	0.40	26.87	1.39	1.32	6.24	60.11	3.11	2.90
6.35	05:30		0.38	26.79	1.36	0.48	27.08	1.40	9.47	65.00	3.35			
7.62	06:00		0.41	28.87	1.39	0.50	27.20	1.41	11.91	73.98	3.80			
8.84	07:00		0.44	27.90	1.40	0.53	27.38	1.42	13.99	82.81	4.38			
10.18	08:00		0.48	27.17	1.40	0.58	27.51	1.42	15.72	81.95	4.78			

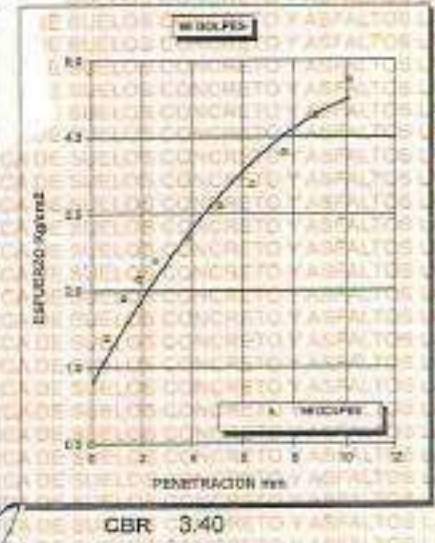
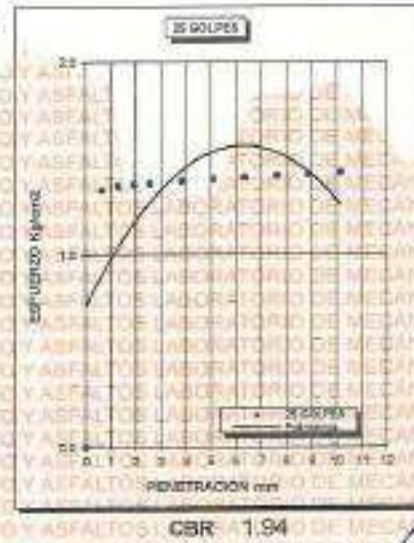
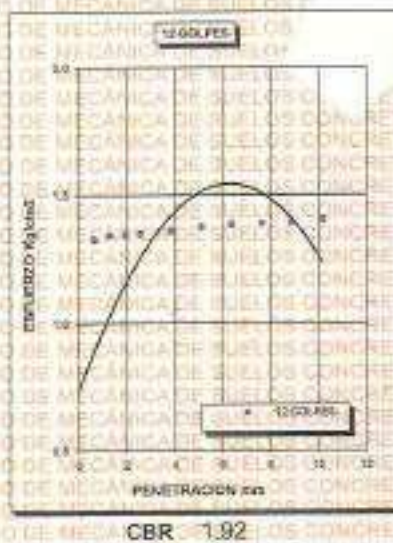

 ALEX OSCALLA CAYTE
 INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
 F.C.P. - CAL. INGENIERÍA CIVIL
 N.º 153257



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 :	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE CARRIBE Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA [gr/cm³] : 1.741
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 15.88%
PROGRESIVA :	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 3.40
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M1	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 2.62
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

[Signature]



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

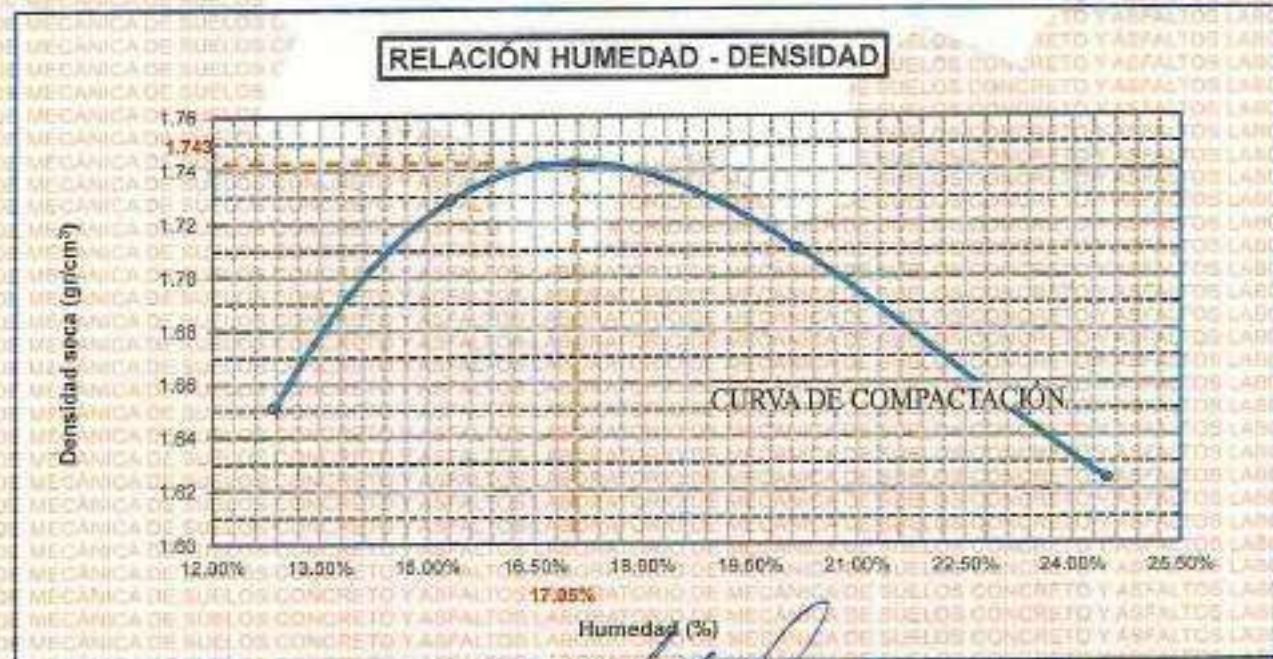
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024		
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALDA CAYTE		
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA		
PROGRESIVA	KM 15+000		
MUESTRA	CALCATA 2 - MUESTRA 2		
FECHA	JUNIO DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo húmedo + Molde	gr.	8044	8076	8018	8856
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1891	1923	1865	1743
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.021	2.056	1.994	1.863

Capsula No.	No.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	88.19	73.78	82.08	81.22	80.21	82.78	80.02	81.26
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	88.04	83.98	71.88	80.12	72.43	82.91	84.01	82.31
Peso del Agua	gr.	8.88	9.80	10.50	11.10	7.78	9.88	6.51	8.96
Peso de la Capsula	gr.	18.01	24.53	19.76	24.81	21.58	18.26	23.08	22.09
Peso del Suelo Seco	gr.	39.68	38.43	51.82	55.31	50.75	64.55	60.93	60.22
% de Humedad	%	24.10%	24.85%	20.26%	20.07%	15.33%	15.31%	10.68%	16.00%
Promedio de Humedad	%	24.68%		20.17%		15.32%		12.38%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.624		1.711		1.729		1.651	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.743 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	17.05%



INVESTIGADOR RESPONSABLE
 BACH. ALEX OSCALDA CAYTE
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE	: Bach. ALEX OSCALLA-CAYTE
UBICACIÓN	: CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	: KM 19+000
MUESTRA	: CALICATA 2 - MUESTRA 2
FECHA	: JUNIO 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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10563	10788	10811	10841	11082	11162
Peso del Molde	gr.	6701	6701	6909	6803	6812	6812
Peso del Suelo Humedo	gr.	3862	4087	4008	4038	4270	4350
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.81	2101.81	2098.50	2098.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.835	1.942	1.907	1.921	2.037	2.075

Capítulo No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capitulo	gr.	152.96	301.84	180.81	476.81	157.98	354.81
Peso del Suelo Seco + Capitulo	gr.	139.06	232.46	136.64	376.81	141.88	294.32
Peso del Agua	gr.	13.88	69.38	20.17	99.90	16.10	60.49
Peso de la Capitulo	gr.	67.91	40.11	38.81	71.83	36.08	68.75
Peso del Suelo Seco	gr.	71.17	192.35	86.73	305.38	105.90	225.17
% de Humedad	%	19.60%	36.17%	20.86%	32.72%	15.00%	26.82%
Promedio de Humedad	%	19.50%	35.12%	20.85%	32.72%	15.09%	26.80%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.636	1.428	1.578	1.447	1.770	1.539

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25: a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25: a.m.	24:00:00	0.090	2.288	1.82	0.070	1.778	1.41	0.950	1.270	1.01
24/06/2024	08:25: a.m.	48:00:00	0.120	3.048	2.42	0.085	2.413	1.92	0.980	2.032	1.61
25/06/2024	08:25: a.m.	72:00:00	0.155	3.937	3.13	0.130	3.302	2.62	0.120	3.048	2.42
26/06/2024	08:25: a.m.	96:00:00	0.205	5.207	4.14	0.180	4.572	3.63	0.180	4.064	3.23

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.83	00:30		0.17	25.85	1.34	0.22	28.07	1.35	0.27	29.78	1.38	0.37	29.78	1.38
1.27	01:00		0.21	26.83	1.35	0.28	28.24	1.36	0.35	37.23	1.92	0.42	37.23	1.92
1.91	01:30		0.23	28.11	1.35	0.30	28.41	1.36	0.38	42.07	2.17	0.47	42.07	2.17
2.54	02:00	70.31	0.27	28.28	1.36	0.37	28.70	1.38	0.49	46.23	2.39	0.58	46.23	2.39
3.81	03:00		0.33	28.03	1.37	0.40	28.83	1.39	0.51	52.78	2.73	0.61	52.78	2.73
5.09	04:00	105.00	0.37	26.70	1.36	0.51	27.30	1.41	0.64	60.63	3.14	0.76	60.63	3.14
6.35	05:00		0.42	28.92	1.39	0.52	27.34	1.41	0.80	66.26	3.43	0.91	66.26	3.43
7.82	06:00		0.48	27.08	1.40	0.59	27.38	1.42	1.02	76.57	3.95	1.21	76.57	3.95
8.84	07:00		0.48	27.17	1.40	0.65	27.47	1.42	1.38	82.69	4.27	1.61	82.69	4.27
10.16	08:00		0.55	27.47	1.42	0.69	27.64	1.43	1.87	92.48	4.78	2.01	92.48	4.78

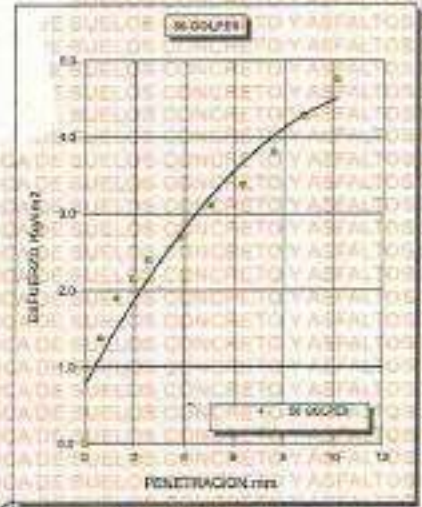
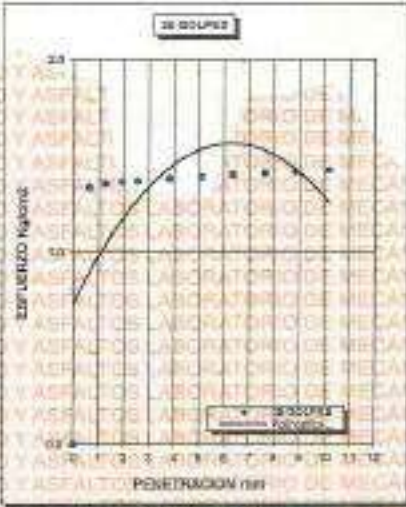
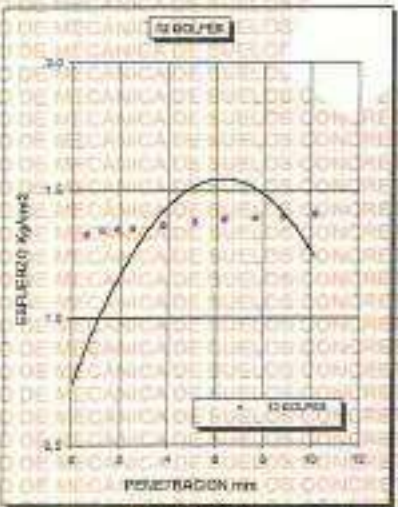
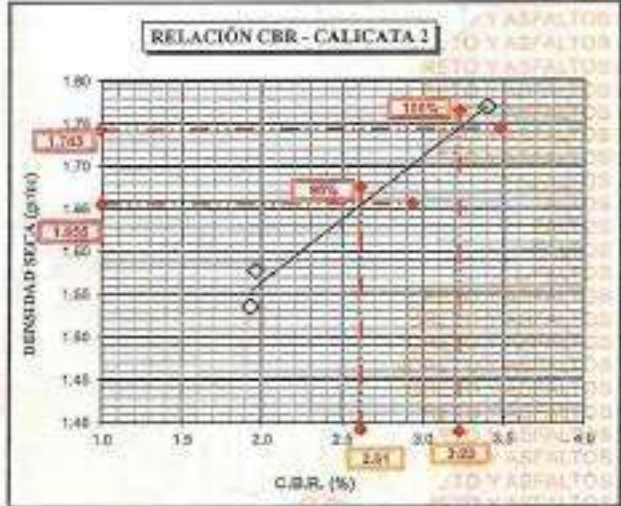
INVESTIGACIÓN INVESTIGACIÓN
M.S.C.A. OSCALLA-CAYTE
M.S.C.A. OSCALLA-CAYTE



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 :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIRRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³) : 1.743
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 17.05%
PROGRESIVA :	KM 15+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 3.40
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA - M2	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 2.65
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

[Signature]



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-160

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARZÉZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMENACA 2024		
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE	TODOS LABOR	MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMENACA	LABOR	MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS
PROGRESIVA	KM 30+000	LABO	MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3	LABO	MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS
FECHA	JUNIO DEL 2024		

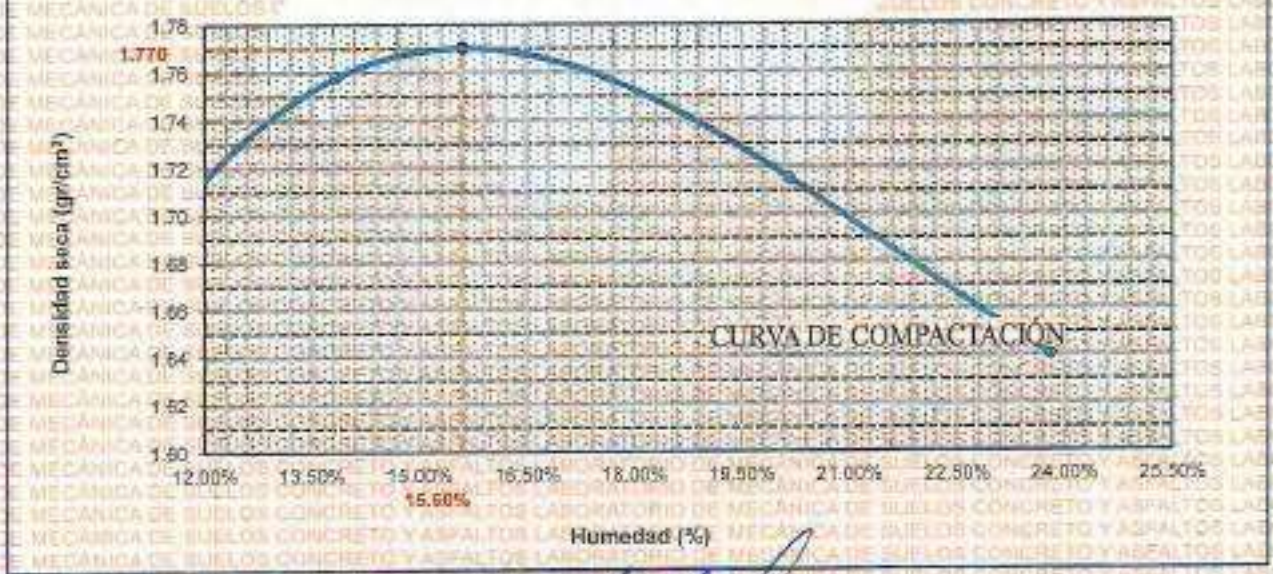
MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	935 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6053	8081	6025	5916
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1900	1928	1872	1763
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.031	2.061	2.001	1.885

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	88.32	71.36	83.41	80.11	80.99	91.11	91.21	91.87
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	98.83	62.49	73.31	79.89	73.21	89.12	84.28	84.81
Peso del Agua	gr.	9.49	8.89	11.10	10.42	7.78	7.99	6.93	7.06
Peso de la Capsula	gr.	19.23	34.08	20.11	26.03	23.01	19.08	23.18	22.64
Peso del Suelo Seco	gr.	39.60	37.56	52.20	54.64	51.20	54.04	51.09	51.67
% de humedad	%	23.96%	23.67%	21.26%	19.07%	15.20%	12.48%	11.34%	11.33%
Promedio de Humedad	%	23.62%		20.17%		13.84%		11.37%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.640		1.715		1.758		1.692	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.770 gr/cm ³
MEDIANIL	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	15.60%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



(Firma manuscrita)
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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 : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE : Bach. ALEX OSCALLA DAYTE

UBICACIÓN : CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA : KM 30+000

MUESTRA : CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA : JUNIO DEL 2024

MOLDE No	I	II	III			
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.	10541	11541	10821	11636	11083	11610
Peso del Molde	gr.	5692	5692	6706	6706	5815	5808
Peso del Suelo Humedo	gr.	4849	4849	4115	4930	4268	4802
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.60	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.829	2.304	1.958	2.345	2.036	2.290

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	150.14	301.96	185.97	474.19	182.17	357.85
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	138.61	232.48	137.66	376.73	147.51	257.94
Peso del Agua	gr.	11.53	69.48	17.72	97.48	14.66	99.91
Peso de la Capsula	gr.	68.74	35.96	38.63	72.06	35.95	62.59
Peso del Suelo Seco	gr.	69.87	166.52	96.02	304.67	111.56	229.25
% de Humedad	%	15.50%	35.90%	17.90%	31.99%	13.35%	26.26%
Promedio de Humedad	%	15.50%	35.90%	17.90%	31.99%	13.35%	26.26%
Densidad del Suelo Seco	g/cc.	1.576	1.695	1.661	1.777	1.796	1.814

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Diel	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.095	2.413	1.92	0.075	1.905	1.51	0.045	1.143	0.91
24/06/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.135	3.429	2.72	0.085	2.159	1.72	0.095	2.509	1.72
25/06/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.185	4.699	3.73	0.120	3.048	2.42	0.110	2.794	2.22
26/06/2024	08:25 a.m.	96:00:00	0.215	5.461	4.34	0.160	4.064	3.23	0.150	3.810	3.03

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Diel	Kg	Kg/cm2	Correc.	Diel	Kg	Kg/cm2	Correc.	Diel	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		
0.63	00:30		0.13	25.66	1.33	0.27	26.26	1.36		1.70	32.36	1.67		
1.27	01:00		0.18	25.60	1.34	0.34	26.58	1.37		2.58	37.36	1.93		
1.91	01:30		0.21	26.02	1.35	0.39	26.79	1.38		3.97	41.08	2.17		
2.54	02:00	70.31	0.25	26.18	1.35	0.48	27.17	1.40	2.00	4.39	46.31	2.38	3.80	
3.81	03:00		0.28	26.24	1.36	0.50	27.25	1.41		8.38	52.13	2.69		
6.09	04:00	165.00	0.34	26.58	1.37	0.54	27.42	1.42	1.85	9.73	62.18	3.21	3.68	
6.35	04:30		0.36	26.66	1.38	0.61	27.72	1.43		9.51	65.27	3.45		
7.62	06:00		0.38	26.75	1.38	0.64	27.85	1.44		11.91	74.41	3.85		
8.84	07:00		0.40	26.83	1.39	0.66	27.93	1.44		15.68	83.20	4.30		
10.16	08:00		0.45	27.04	1.40	0.68	28.02	1.45		19.01	92.86	4.79		

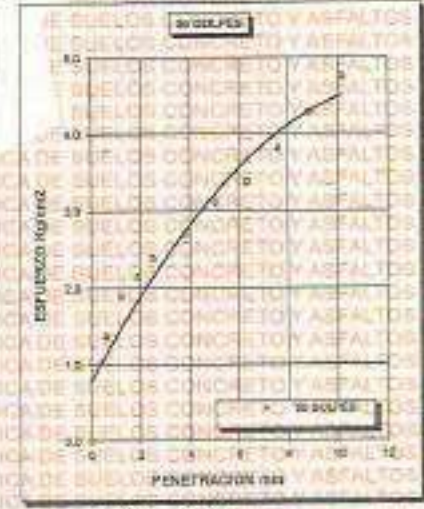
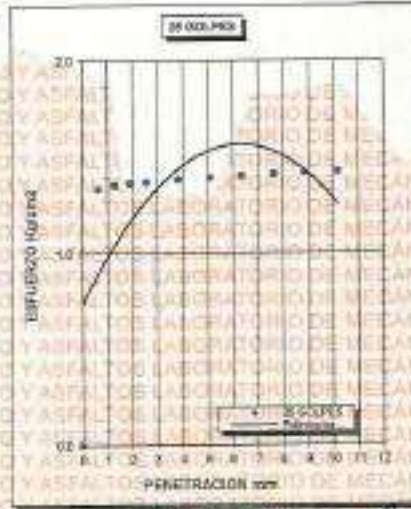
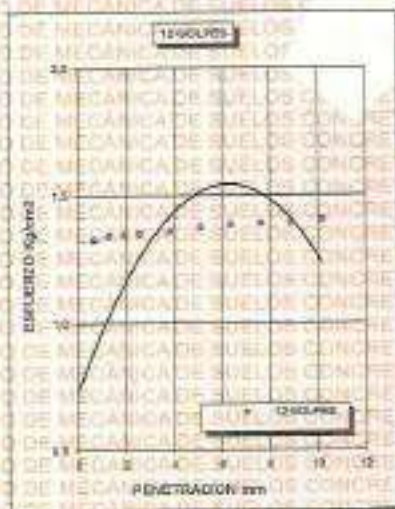
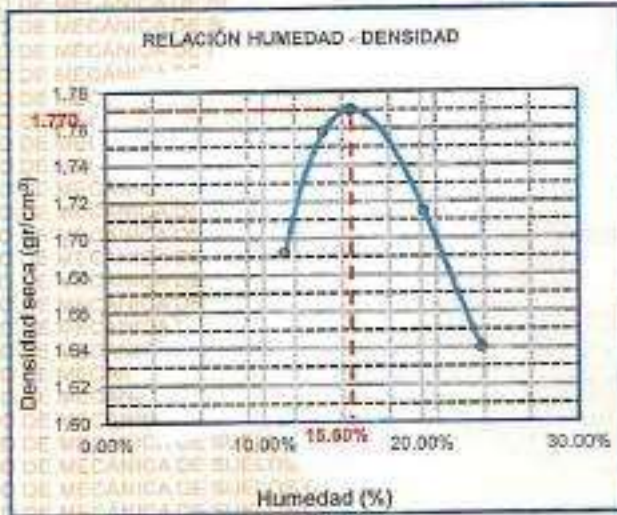
Msc. Antonio Jara Torres
06-102327



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 :	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024*	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA [gr/cm³.] 1.770
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 15.60%
PROGRESIVA :	KM 30+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 3.40
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALCATÁ - M3	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 2.31
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



[Handwritten signature]
 ALEX OSCALLA CAYTE
 INGENIERO CIVIL
 UANCV



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2497)

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMAN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE: Ing. ALEX OSCALLA CAYTE

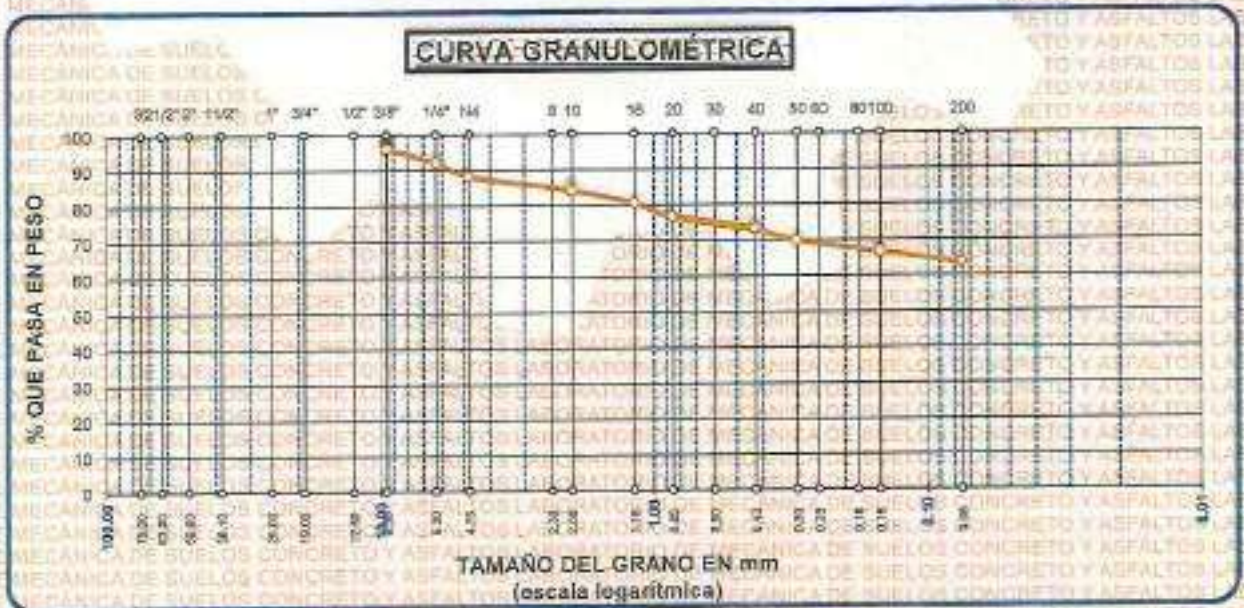
LUGAR: CARRETERA SAMAN - CAMINACA

PROGRESIVA: KM 4+800

MUESTRA: CALICATA 1 - MUESTRA 1

FECHA: JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 911.83
2"	50.000						P.P.= 1588.37
1 1/2"	38.100						W = 12.03
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL.= 32.11
1/2"	12.500						LP.= 18.88
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		IP.= 13.43
1/4"	6.300	99.12	3.98	7.96	92.04		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	98.15	3.93	11.89	88.11		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	97.64	3.91	15.80	84.20		
No18	1.180	95.64	3.82	19.62	80.38		
No20	0.850	93.41	3.74	23.35	76.65		
No30	0.600						CLASIFICACION:
No40	0.425	87.88	3.52	26.87	73.13		I.G. =
No50	0.300	85.41	3.42	30.29	69.71		SUCS : CH
No60	0.250						ASSTHO : A-7
No80	0.180						OBSERVACIONES:
No100	0.150	77.96	3.12	33.40	66.60		
No200	0.075	76.52	3.05	36.47	63.53		
BASE		1588.37	63.53	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

INGENIERÍA DE INVESTIGACIÓN
RODOLFO CERÓN MELABAZQUE
INGENIERÍA CIVIL
Ing. Alex Oscalla Cayte



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE: Bach. ALEX OSCALLA CAYTE

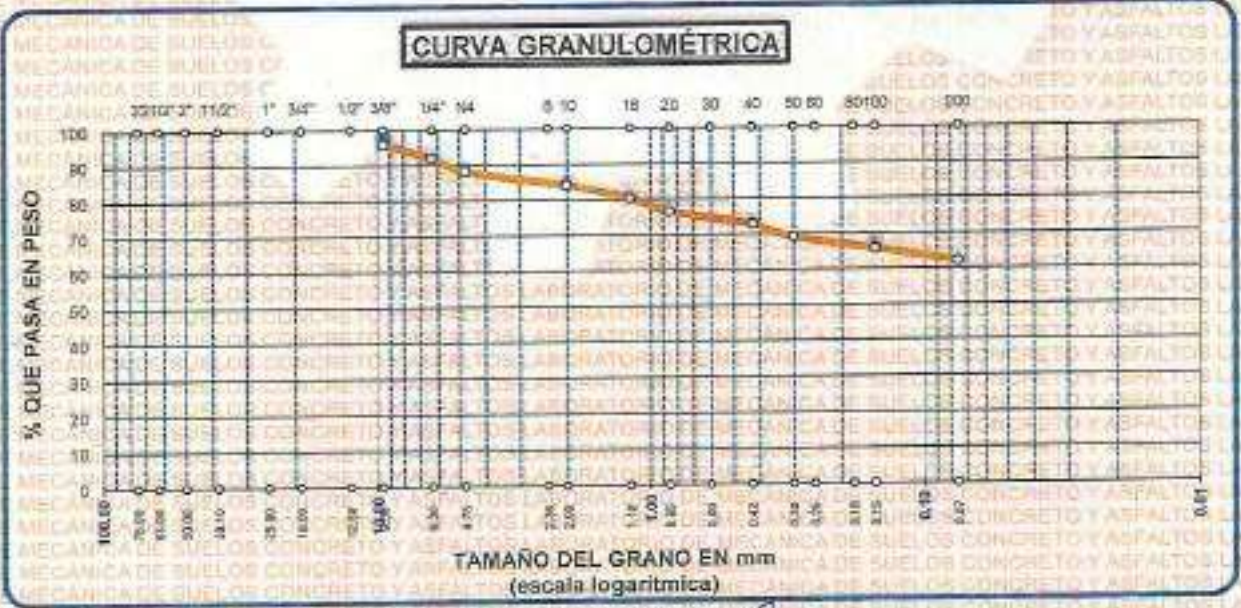
LUGAR: CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA: KM 15+000

MUESTRA: CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA: JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO
3"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2500.00
2"	50.000						P.L.= 946.97
1 1/2"	38.100						P.P.= 1553.03
1"	25.000						%W= 12.93
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL= 32.11
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		LP= 18.68
1/4"	6.300	99.03	3.98	7.96	92.04		I.P.= 13.43
No4	4.750	98.34	3.93	11.89	88.11		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	97.23	3.89	15.78	84.22		D30= — Cc= —
No16	1.180	95.33	3.85	19.64	80.36		D60= —
No20	0.850	95.27	3.81	23.45	76.55		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	84.05	3.78	27.21	72.79		SUCS : CH
No 50	0.300	81.85	3.67	30.88	69.12		ASSTHO : A-7
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	88.52	3.54	34.43	65.57		
No200	0.075	86.34	3.45	37.88	62.12		
BASE		1553.03	62.12	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

LABORATORIO ESTADÍSTICO
FICP - CIENCIAS INGENIERÍA CIVIL

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMPAÑA 2024

SOLICITANTE: BARRA ALEX OSCALLA CAYTE

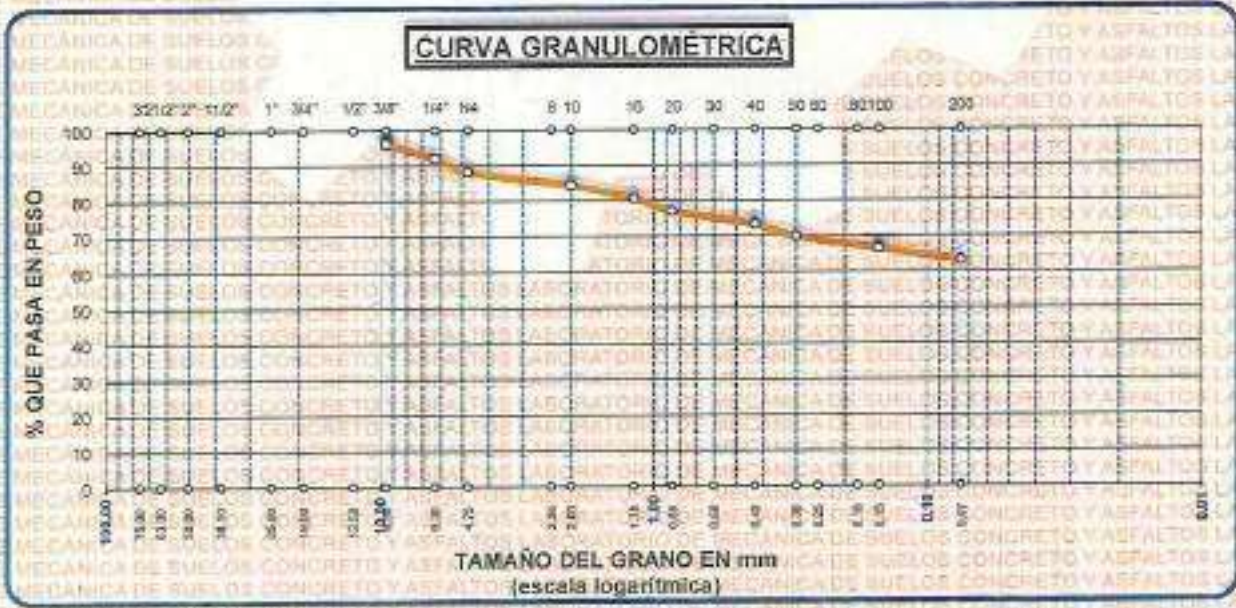
LUGAR: CARRETERA SAMÁN - CAMPAÑA

PROGRESIVA: KM 30+000

MUESTRA: CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA: JUNIO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2-1/2"	63.000						P.L.# 2500.00
2"	50.000						P.L.# 924.93
1-1/2"	38.100						P.P.# 1575.07
1"	25.000						%W= 12.93
3/4"	19.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500						LL.# 32.11
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		LP.# 16.68
1/4"	6.300	98.73	3.95	7.95	92.05		LP.# 13.43
No4	4.750	97.01	3.88	11.83	88.17		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= — Cu= —
No10	2.000	94.86	3.79	15.62	84.38		D30= — Cc= —
No16	1.180	93.94	3.76	19.38	80.62		D60= —
No20	0.850	92.47	3.70	23.08	76.92		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	90.92	3.64	26.72	73.28		SUCS : CH
No60	0.300	88.36	3.53	30.25	69.75		ASSTHO : A-7
No80	0.250						OBSERVACIONES:
No100	0.150	84.72	3.39	33.64	66.36		
No200	0.075	83.93	3.36	37.00	63.00		
BASE		1575.07	63.00	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		63.00					



NOTA : LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

INVESTIGADORA RESPONSABLE
P.F. CAROL GONZALEZ
[Signature]



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

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE CODO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE

Bach. ALEX OSCALA CAYTE

LUGAR

CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA

KM 5+000

MUESTRA

CALICATA I - MUESTRA 1

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.94
SUELO SECO + TARRO	gr	85.24
PESO DEL TARRO	gr	25.69
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.55
HUMEDAD %	%	12.93

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.41	31.24	33.24
SUELO SECO + TARRO	gr	30.23	29.14	30.52
PESO DEL TARRO	gr	22.82	22.88	22.65
PESO DEL AGUA	gr	2.18	2.10	2.72
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.41	6.16	7.87
HUMEDAD %	%	29.42	34.09	34.56
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20.81	21.48
19.94	20.48
15.18	15.24
0.87	1.00
4.75	5.24
18.28	19.09

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.11

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.68

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13.43

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INVESTIGADOR RESPONSABLE
ALEX OSCALA CAYTE
06/06/2024



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

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE PIRRA DE DODO EN LA CARRETERA SAMAN - CAMINACA 282A

SOLICITANTE

Ing. ALEX OSCAR CAJTE

LUGAR

CARRETERA SAMAN - CAMINACA

PROGRESIVA

KM 5+000

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 1

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.33
SUELO SECO + TARRO	gr	85.92
PESO DEL TARRO	gr	26.54
PESO DEL AGUA	gr	7.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.38
HUMEDAD %	%	13.14

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.12	31.41	30.24
SUELO SECO + TARRO	gr	29.11	29.32	29.12
PESO DEL TARRO	gr	22.88	22.98	25.88
PESO DEL AGUA	gr	2.01	2.09	1.12
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.23	6.34	3.44
HUMEDAD %	%	32.26	32.97	32.56
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	20.84	19.76
	19.63	18.52
	12.56	12.49
	1.21	1.24
	7.08	6.02
	17.09	20.56

LÍMITE LIQUIDO % : 32.09

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.83

ÍNDICE PLÁSTICO % : 13.26

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes





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

**PROYECTO**

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBGRANITE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 3024

SOLICITANTE

Bach. ALEX OSCALLO CAYTE

LUGAR

CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA

KM 30+000

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.48
SUELO SECO + TARRO	gr	87.53
PESO DEL TARRO	gr	28.85
PESO DEL AGUA	gr	7.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	80.68
HUMEDAD %	%	13.10

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	29.13	32.04	32.83
SUELO SECO + TARRO	gr	28.11	30.02	30.87
PESO DEL TARRO	gr	24.99	23.84	24.92
PESO DEL AGUA	gr	1.02	2.02	1.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.12	6.18	5.95
HUMEDAD %	%	32.69	32.69	32.94
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20.63	20.04
19.32	18.96
12.30	12.45
1.31	1.08
7.02	6.51
18.66	18.69

LÍMITE LIQUIDO % : 32.26

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.63

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.64

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



[Handwritten Signature]
 Jhon Alexander Torres
 19-10-2024



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



PROYECTO

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE CACO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE

Reb. ALEX CECALLA CAYTE

LUGAR

CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA

KM 5+000

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 8%

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.26
SUELO SECO + TARRO	gr	85.84
PESO DEL TARRO	gr	25.89
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	60.15
HUMEDAD %	%	12.80

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.19	31.62	33.53
SUELO SECO + TARRO	gr	30.88	30.57	31.49
PESO DEL TARRO	gr	26.23	26.64	25.94
PESO DEL AGUA	gr	1.33	1.05	2.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.83	3.93	5.55
HUMEDAD %	%	28.73	26.72	36.76
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	24.85	25.34
	23.94	23.54
	18.24	18.94
	0.71	1.50
	5.70	6.70
	12.46	22.39

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.11

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.42

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.69

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD NACIONAL "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. Jorge Luis Torres



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



PROYECTO

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CINZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE

Ingeniero ALEX OSCALLA GAYTE

LUGAR

CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA

KM 5-000

MUESTRA

CAUCATA 1 - MUESTRA 1H - CÁSCARA DE ARROZ AL 18%

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.76
SUELO SECO + TARRO	gr	85.06
PESO DEL TARRO	gr	25.69
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.37
HUMEDAD %	%	12.97

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.31	32.14	31.82
SUELO SECO + TARRO	gr	29.13	30.13	29.83
PESO DEL TARRO	gr	23.42	24.79	24.5
PESO DEL AGUA	gr	2.18	2.01	1.99
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.71	5.34	5.33
HUMEDAD %	%	38.18	37.64	37.34
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	20.42	21.08
	19.16	19.57
	12.42	12.47
	1.28	1.49
	8.74	7.10
	18.69	20.99

LÍMITE LIQUIDO % : 37.15

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.84

ÍNDICE PLÁSTICO % : 17.31

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Ing. Alex Oscalla Gayte
 CIP 119325



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



PROYECTO

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2004

SOLICITANTE

Ing. ALEX OSCALLA CAYTE

LUGAR

CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA

KM 5+000

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1+ CÁSCARA DE ARROZ AL 20%

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.03
SUELO SECO + TARRO	gr	85.13
PESO DEL TARRO	gr	25.89
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.44
HUMEDAD %	%	12.95

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	31.14	32.01	31.31
SUELO SECO + TARRO	gr	28.98	30.21	28.79
PESO DEL TARRO	gr	23.16	24.84	24.01
PESO DEL AGUA	gr	2.18	1.80	1.52
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.80	5.37	5.78
HUMEDAD %	%	37.69	33.52	26.30
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20.26	20.91
19.11	19.67
12.37	12.49
1.15	1.24
6.74	7.18
17.06	17.27

LÍMITE LIQUIDO % : 32.15

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.17

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.98

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INVESTIGADOR RESPONSABLE
PCP - CAJ. INVESTIGACIÓN

[Handwritten Signature]
ALEX OSCALLA CAYTE



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

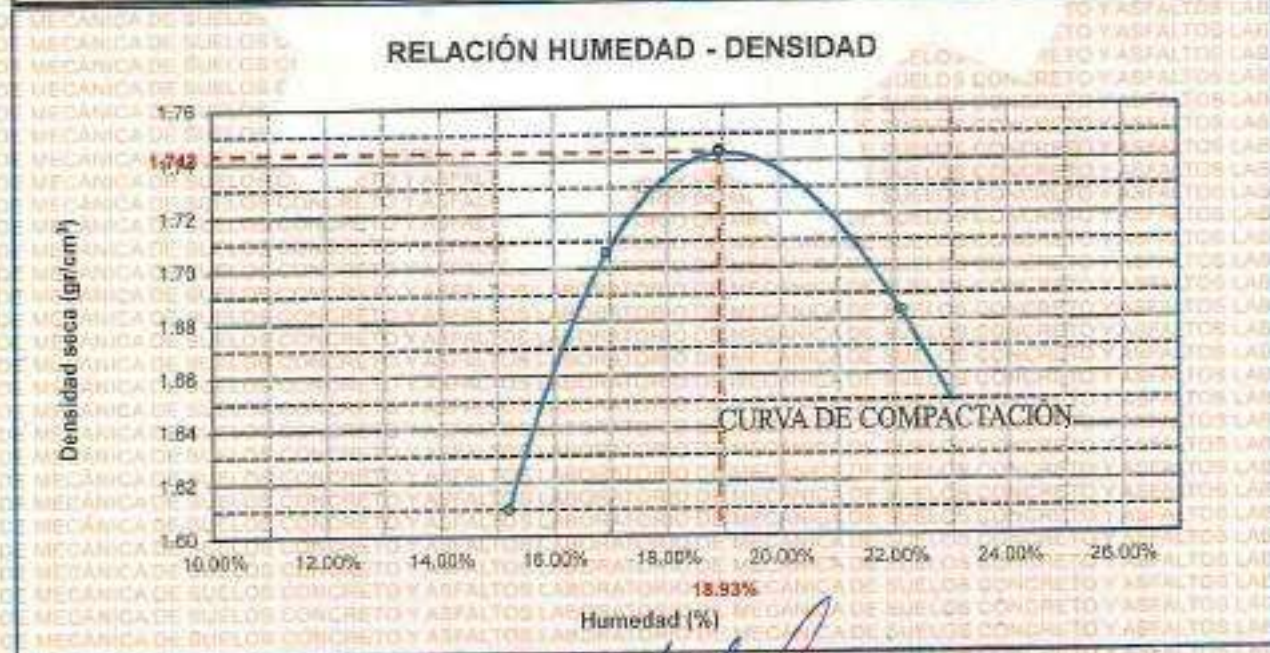
TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 3024
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	KM 5+000
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 8%
FECHA	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6047	6076	6018	5888
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1894	1923	1868	1735
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.025	2.066	1.995	1.895

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	302.84	307.96	192.33	189.37	223.17	226.67	221.71	231.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	258.93	263.73	166.66	160.16	195.64	198.11	199.13	203.88
Peso del Agua	gr.	43.91	44.23	26.45	28.19	27.33	27.75	22.58	27.84
Peso de la Capsula	gr.	69.75	71.53	37.80	43.51	34.79	34.82	36.27	35.45
Peso del Suelo Seco	gr.	189.18	192.20	127.95	116.67	161.05	164.29	162.86	168.43
% de Humedad	%	23.21%	23.01%	20.67%	23.52%	16.67%	16.60%	13.65%	16.63%
Promedio de Humedad	%	23.11%		22.05%		16.93%		16.30%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.645		1.684		1.706		1.610	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.743 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	18.93%



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

[Firma manuscrita]



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE : Bach. ALEX OSCALLA CAYTE

UBICACIÓN : CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA : KM 5+000

MUESTRA : CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 5%

FECHA : JUNIO 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.	10882	11861	10703	11515	11626	12058
Peso del Molde	gr.	6980	6980	6617	6617	7301	7301
Peso del Suelo Humedo	gr.	3902	4881	4086	4898	4225	4757
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2086.60
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.854	2.319	1.944	2.330	2.015	2.289

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	301.83	303.66	285.23	413.89	350.89	373.56
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	269.83	242.12	257.63	335.96	291.45	312.72
Peso del Agua	gr.	32.00	61.54	37.60	77.93	29.18	60.84
Peso de la Capsula	gr.	37.56	38.64	38.99	67.12	38.96	70.34
Peso del Suelo Seco	gr.	225.67	203.18	217.64	258.84	252.59	242.38
% de Humedad	%	16.84%	30.29%	17.28%	28.97%	11.55%	25.10%
Promedio de Humedad	%	16.84%	30.29%	17.28%	28.97%	11.55%	25.10%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.867	1.780	1.858	1.907	1.807	1.814

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0.000	0	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.145	3.583	2.93	0.123	3.124	2.48	0.148	3.708	2.96
24/06/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.332	6.433	6.70	0.334	8.484	6.74	0.239	6.071	4.82
25/06/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.363	9.220	7.32	0.336	8.594	8.78	0.248	8.269	5.00
26/06/2024	08:25 a.m.	06:00:00	0.485	11.811	9.38	0.384	8.754	7.75	0.384	8.484	6.74

PENETRACION

Penetración	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		0.65	27.89	1.44		2.45	35.53	1.64		4.22	43.04	2.23	
1.27	01:00		5.68	49.24	2.55		7.35	95.93	2.91		9.48	85.37	3.88	
1.91	01:30		9.35	54.98	3.35		11.39	73.48	3.80		16.63	87.23	4.51	
2.54	02:00	70.31	11.48	73.05	3.82	5.43	13.74	83.45	4.31	6.34	12.65	99.96	5.17	7.35
3.81	03:00		16.34	96.43	4.88		18.85	108.38	5.65		23.48	124.79	6.45	
5.09	04:00	105.00	20.83	112.69	5.83	5.55	23.42	124.54	6.44	6.13	28.46	150.17	7.76	7.39
6.35	05:00		22.42	120.29	6.32		25.31	132.36	6.85		31.45	163.82	8.29	
7.62	06:00		23.31	134.07	6.81		26.43	137.31	7.10		31.96	160.76	8.31	
8.84	07:00		24.12	127.51	6.59		27.33	141.13	7.30		32.43	162.78	8.41	
10.16	08:00		25.06	133.40	7.00		28.19	144.78	7.48		33.84	168.76	8.72	

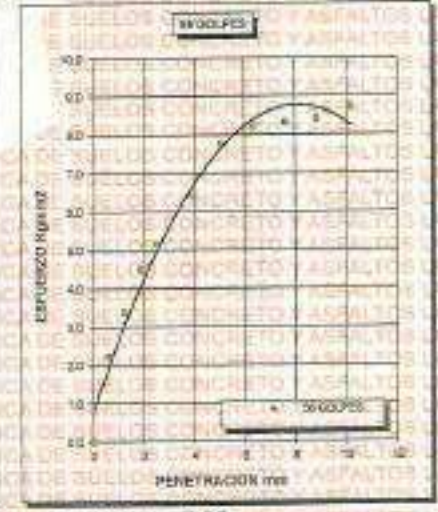
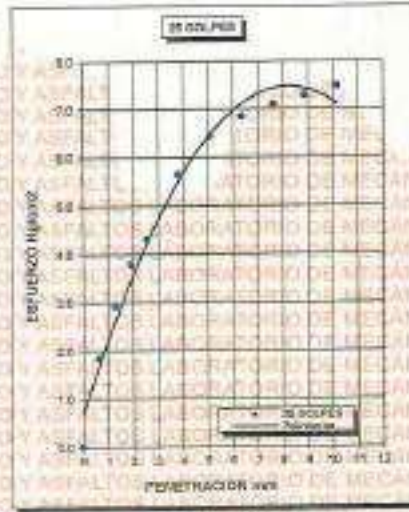
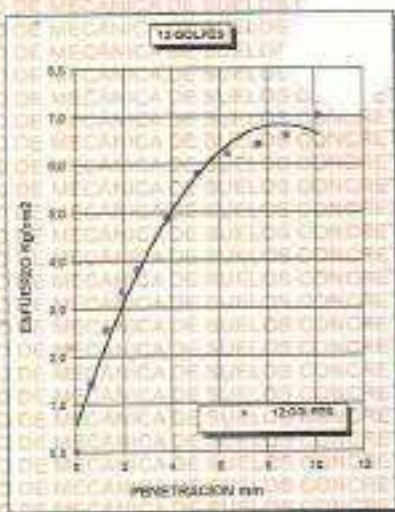
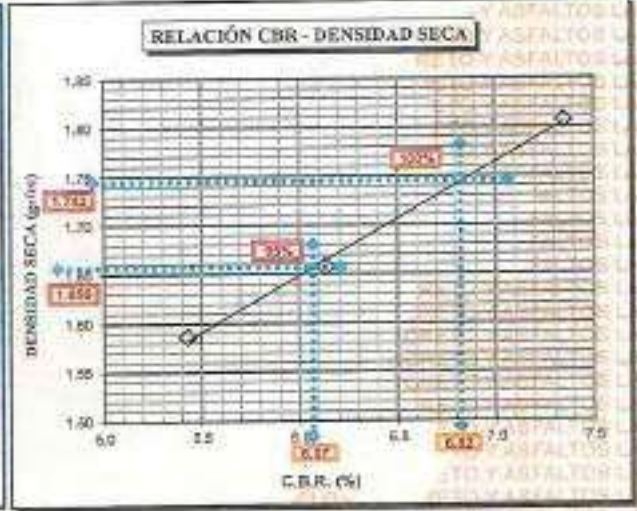
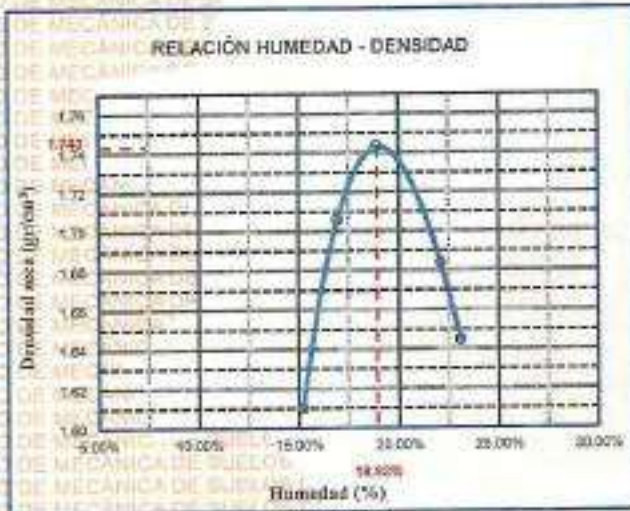
Alex Oscalla Cayte



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 :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCÓ EN LA CARRETERA SAMAN - CAMINACA 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ALEX OSCALLA DAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA [gr/cm³.] 1.743
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMAN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 18.93%
PROGRESIVA :	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 7.35
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 6%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.89
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



(Signature)
 INVESTIGADOR RESPONSABLE
 P.C.P. - C.A.R. OSCALLA DAYTE
 JUNIO DEL 2024



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE CODO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE	: Bach. ALEX OSCALLA CAYTE
UBICACION	: CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	: KM 5+000
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 18%
FECHA	: JUNIO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5921	5941	5839	5747
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1768	1788	1686	1594
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.890	1.911	1.802	1.704

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	292.41	273.47	222.80	205.32	171.32	174.08	201.21	190.21
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	253.95	238.13	196.12	181.41	158.29	160.79	199.75	174.81
Peso del Agua	gr.	38.45	35.34	26.67	23.91	13.03	13.29	12.46	15.40
Peso de la Capsula	gr.	70.15	68.18	35.06	35.98	35.12	35.07	38.81	37.43
Peso del Suelo Seco	gr.	183.81	188.95	161.07	145.43	123.17	125.72	160.94	157.38
% de Humedad	%	20.92%	20.92%	16.43%	16.44%	10.59%	10.57%	8.06%	11.21%
Promedio de Humedad	%	20.92%		16.44%		10.57%		8.83%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.563		1.542		1.630		1.554	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.707 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 13.20%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

[Signature]



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS :	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE :	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA :	KM 6+000
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 18%
FECHA :	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	II	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.	10885	11587	10707	11348	11431	11830
Peso del Molde	gr.	6984	6984	6822	6822	7405	7405
Peso del Suelo Humedo	gr.	3901	4613	4085	4727	4026	4225
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.81	2101.81	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.853	2.192	1.943	2.249	1.920	2.016

Capsula No	No.	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	305.74	303.78	385.39	413.89	320.88	393.83
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	283.76	242.29	257.79	335.91	242.53	315.87
Peso del Agua	gr.	41.89	61.49	37.60	78.08	28.22	47.96
Peso de la Capsula	gr.	37.95	36.98	36.94	67.31	38.97	70.65
Peso del Suelo Seco	gr.	225.78	205.31	217.85	268.60	253.86	245.22
% de Humedad	%	18.60%	30.24%	17.26%	29.07%	11.13%	19.58%
Promedio de Humedad	%	18.60%	30.24%	17.26%	29.07%	11.13%	19.58%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.583	1.683	1.657	1.742	1.728	1.586

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.138	3.605	2.78	0.216	5.486	4.38	0.148	3.739	2.88
24/06/2024	08:26 a.m.	48:00:00	0.286	7.284	5.77	0.274	6.980	5.58	0.196	4.978	3.95
25/06/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.342	8.887	6.90	0.319	8.103	6.44	0.228	5.791	4.60
26/06/2024	08:25 a.m.	96:00:00	0.395	10.035	7.97	0.348	8.889	7.02	0.266	6.833	5.43

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		1.91	39.24	1.72	4.34	43.95	2.25		6.63	66.01	3.41		
1.27	01:00		8.63	62.61	3.24	11.94	75.39	3.80		19.48	107.81	5.57		
1.91	01:30		15.67	81.94	4.74	18.63	104.21	5.39		28.38	149.43	7.73		
2.54	02:00	70.31	21.85	117.92	8.10	25.48	133.32	6.66	8.80	38.94	192.41	8.94	14.00	
3.81	03:00		27.61	142.32	7.36	35.31	179.25	8.27		52.11	245.31	12.79		
5.09	04:00	105.00	38.48	188.46	8.74	47.42	236.40	11.70	11.16	84.16	297.37	15.37	14.84	
6.35	05:00		42.69	206.67	10.85	50.73	240.45	12.43		71.34	330.03	17.06		
7.62	06:00		42.84	209.66	10.70	52.81	249.28	12.89		80.37	396.29	18.93		
8.84	07:00		43.38	209.26	10.62	53.39	251.74	13.01		88.82	406.37	21.01		
10.18	08:00		43.64	210.36	10.87	54.84	257.90	13.33		98.84	445.07	23.01		



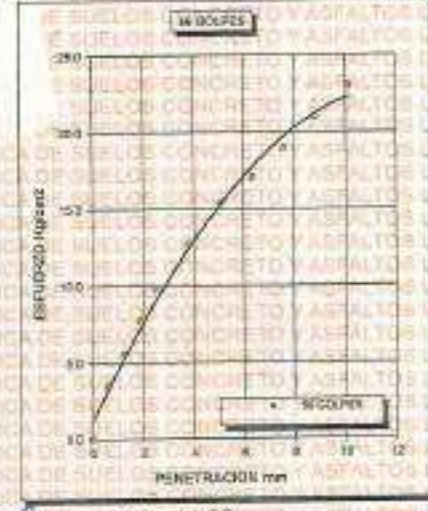
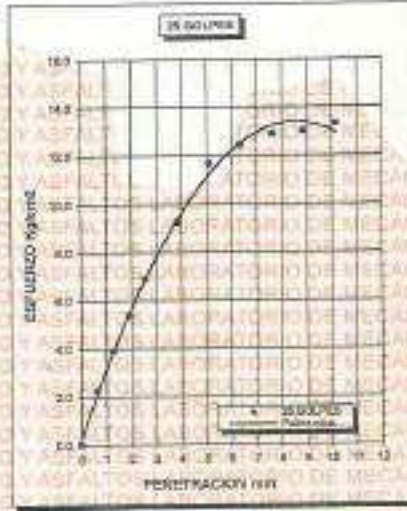
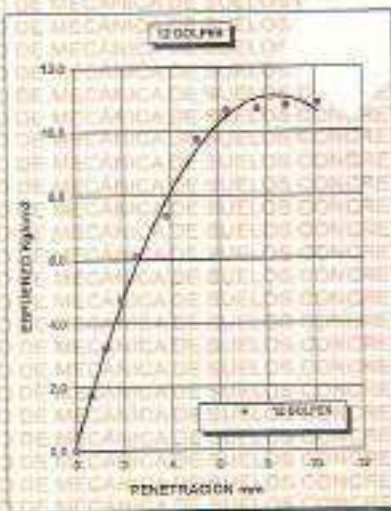
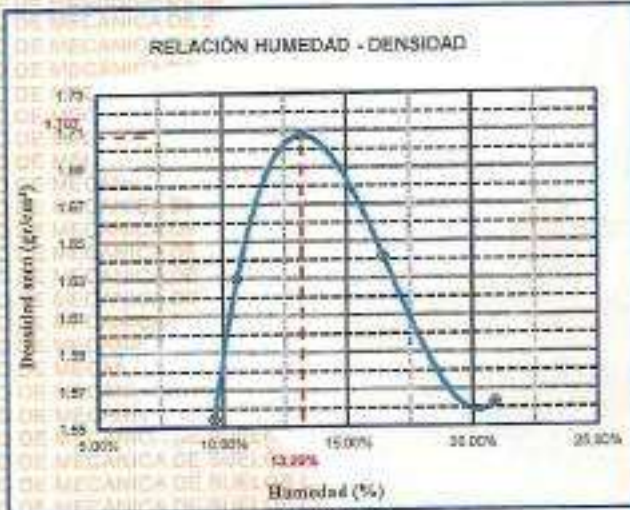
INVESTIGADOR RESPONSABLE
RICY CAPRICHENY
[Signature]
2024 JUN 26 10:10



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	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMAN - CAMINACA 2024"	MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.707
UBICACION	CARRETERA SAMAN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	13.20%
PROGRESIVA	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	14.00
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 10%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	9.48
FECHA	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN	CL
		AASHTO	A-2
		EMBEBIDO	4 DIAS



INFORMACIÓN TÉCNICA
 PARA CBR FUNDACIONES

 UANCV - JUNIO 2024



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCÓ EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALLA GAYTE
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	KM 5+000
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 28%
FECHA	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	26 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5928	5948	5848	5753
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1775	1795	1693	1600
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.897	1.818	1.810	1.710

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	202.48	278.52	222.84	205.37	171.37	174.13	201.06	181.33
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	253.99	238.18	196.17	181.48	158.24	180.84	185.80	174.98
Peso del Agua	gr.	38.47	35.34	26.47	23.91	13.03	13.29	18.16	6.47
Peso de la Capsula	gr.	76.20	69.23	35.10	36.03	35.17	35.12	38.95	37.60
Peso del Suelo Seco	gr.	183.79	158.95	161.07	145.43	123.17	125.72	145.94	137.38
% de Humedad	%	20.93%	20.92%	16.43%	16.44%	10.58%	10.57%	11.00%	4.71%
Promedio de Humedad	%	20.92%		16.44%		10.57%		7.85%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.569		1.648		1.637		1.536	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.659 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	13.99%



ALEX OSCALLA GAYTE
 INGENIERO CIVIL



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	KM 5+000
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 28%
FECHA	JUNIO DEL 2024

MOLDE No	III	II	I
No DE CAPAS	8	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	55
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10321	11505	11174	11750	11225	11018
Peso del Molde	gr.	6781	6781	6955	6955	7391	7301
Peso del Suelo Humedo	gr.	3540	4824	4219	4835	3925	3717
Volúmen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.81	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.682	2.148	2.007	2.300	1.872	1.773

Capítulo No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	301.53	303.88	241.62	404.32	320.83	373.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	293.63	342.12	217.12	342.71	291.45	512.72
Peso del Agua	gr.	38.00	51.24	24.50	61.61	29.38	90.64
Peso de la Capsula	gr.	38.41	69.92	38.94	70.11	39.89	67.47
Peso del Suelo Seco	gr.	228.22	172.20	178.15	272.60	252.56	245.25
% de Humedad	%	16.58%	36.74%	13.70%	23.60%	11.59%	24.81%
Promedio de Humedad	%	16.65%	35.74%	13.75%	22.60%	11.55%	24.81%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.442	1.583	1.765	1.875	1.878	1.424

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.142	3.607	2.87	0.195	5.028	4.00	0.088	2.235	1.78
24/06/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.230	5.842	4.64	0.223	6.684	4.50	0.138	3.505	2.78
25/06/2024	08:28 a.m.	72:00:00	0.312	7.625	6.30	0.281	7.137	5.67	0.155	3.597	3.19
26/06/2024	08:28 a.m.	96:00:00	0.335	8.509	6.78	0.282	7.417	5.89	0.161	4.088	3.25

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				55 GOLPES				
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		1.85	33.54	1.73		2.62	36.25	1.87		4.82	44.74	2.51		
1.27	01:00		0.75	33.78	2.76		10.21	98.67	3.54		17.65	160.05	5.17		
1.81	01:30		13.65	83.07	4.29		19.62	106.41	5.90		29.05	150.98	7.80		
2.54	02:00	70.31	19.98	109.94	5.88	8.08	27.62	142.98	7.35	10.47	39.65	150.42	10.00	14.22	
3.81	03:00		28.69	150.66	7.80		39.85	194.27	10.94		52.00	248.39	12.84		
5.08	04:00	105.00	36.38	180.89	8.33	8.88	47.62	227.25	11.75	11.19	66.95	309.30	15.99	15.23	
6.35	05:00		40.82	197.54	10.21		53.83	252.72	13.06		70.85	328.85	18.84		
7.62	06:00		45.12	216.64	11.20		58.82	273.84	14.16		75.86	347.11	17.94		
8.84	07:00		50.12	237.89	12.30		52.30	259.58	14.97		80.62	367.32	18.69		
10.16	08:00		58.62	257.72	13.05		60.32	302.38	15.63		86.95	394.19	20.38		

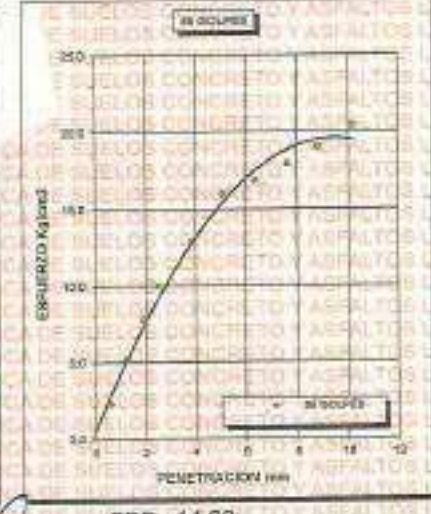
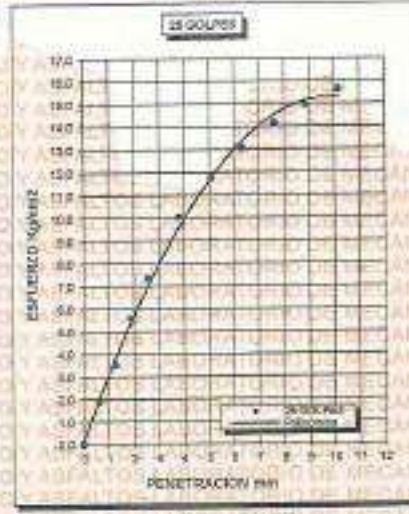
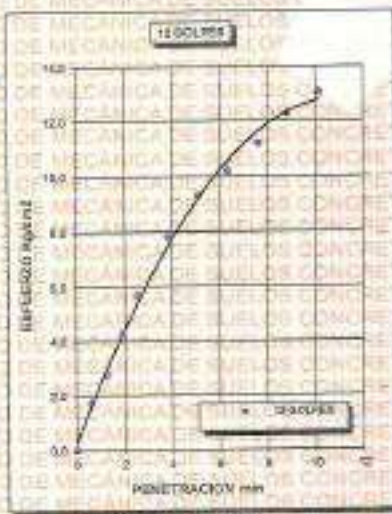
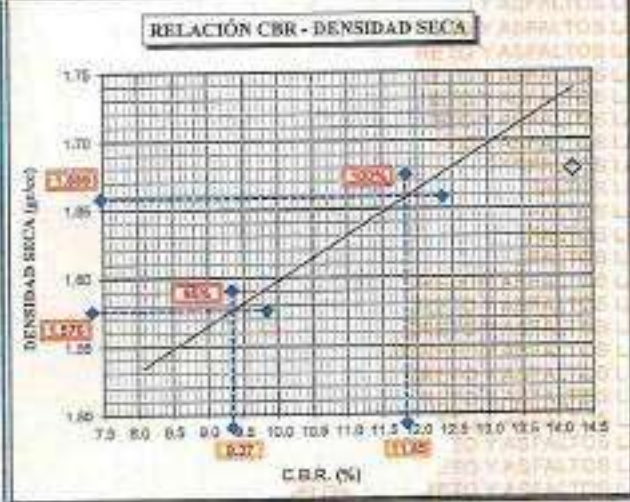
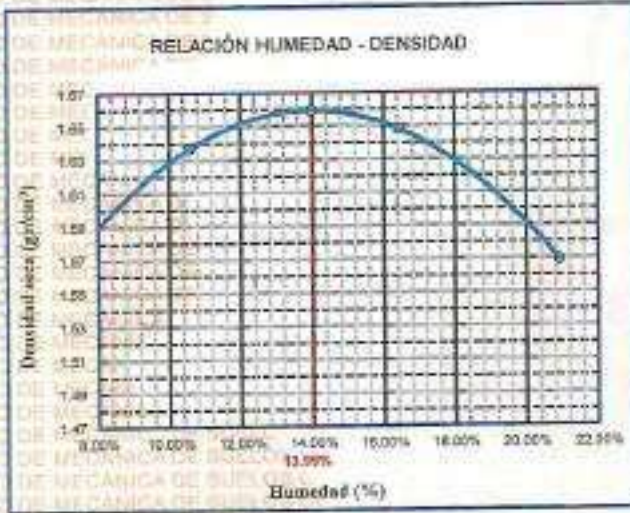

 ALEX OSCALLA CAYTE
 INGENIERO CIVIL
 RCP-CAP 145437-1
 UANCV



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 :	*ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CINIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CINIZA DE FIRBA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024*	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-81
SOLICITADO :	Beth ALEX-OSGALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.659
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 13.99%
PROGRESIVA :	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 14.22
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CÁSCARA DE ARROZ AL 28%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10.42
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



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

[Firma manuscrita]



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

**PROYECTO**

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SIEMSAVITE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMAN - GAMBACA 2024

SOLICITANTE

Bech: ALEX OSCAR DA-CAYTE

LUGAR

CARRETERA SAMAN - GAMBACA

PROGRESIVA

KM 5+000

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1+ FIBRA DE COCO AL 8%

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.83
SUELO SECO + TARRO	gr	85.45
PESO DEL TARRO	gr	25.89
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	68.76
HUMEDAD %	%	12.88

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.17	31.62	33.29
SUELO SECO + TARRO	gr	30.75	30.41	31.56
PESO DEL TARRO	gr	28.26	28.84	28.11
PESO DEL AGUA	gr	1.42	1.21	1.73
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.49	3.77	5.45
HUMEDAD %	%	31.63	32.10	31.74
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
24.42	25.29
23.88	23.71
18.31	17.11
0.58	1.98
6.55	6.80
10.09	23.94

LÍMITE LIQUIDO % : 31.33

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.01

ÍNDICE PLÁSTICO % : 14.32

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
FEB - CAP. GENERAL

Ing. Alexander Jara Torres
2024



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

**PROYECTO**

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBMASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE

Ing. ALEX OSCALIA GAYE

LUGAR

CARRETERA SAMÁN - CAMINACA

PROGRESIVA

- KM 54+000

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 18%

FECHA

JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.82
SUELO SECO + TARRO	gr	85.37
PESO DEL TARRO	gr	28.89
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	59.68
HUMEDAD %	%	12.90

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.28	31.57	33.28
SUELO SECO + TARRO	gr	30.71	30.27	31.45
PESO DEL TARRO	gr	26.41	26.86	26.31
PESO DEL AGUA	gr	1.57	1.30	1.83
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.30	3.41	5.14
HUMEDAD %	%	36.51	38.12	35.60
N° DE GOLPES		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
24.54	25.28
23.76	23.68
18.39	17.18
0.78	1.50
5.37	6.50
14.53	24.82

LÍMITE LIQUIDO % : 36.20

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.57

ÍNDICE PLÁSTICO % : 16.63

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



[Signature]
 Ing. Andrés Yona Torres
 C.I. 103257



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



PROYECTO

ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

SOLICITANTE LUGAR PROGRESIVA MUESTRA FECHA

- Bach. ALEX OSCALLA QAYTE
- CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
- KM 8+000
- CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 28%
- JUNIO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	83.43
SUELO SECO + TARRO	gr	85.28
PESO DEL TARRO	gr	25.69
PESO DEL AGUA	gr	7.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	50.59
HUMEDAD %	%	12.92

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO

TARRO N°		T-04	T-10	T-19
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	32.21	31.25	33.27
SUELO SECO + TARRO	gr	30.60	30.10	31.32
PESO DEL TARRO	gr	25.56	25.99	25.67
PESO DEL AGUA	gr	1.61	1.15	1.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.04	3.11	4.85
HUMEDAD %	%	39.85	36.98	40.21
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
24.41	25.28
23.65	23.64
18.38	17.21
0.78	1.62
5.27	6.43
14.42	25.19

LÍMITE LÍQUIDO % : 38.39

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.81

ÍNDICE PLÁSTICO % : 18.59

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE	: Bach. ALEX OSCALDA CAYTE
UBICACION	: CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	: KM 5+000
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 5%
FECHA	: JUNIO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6066	6062	6019	5983
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1902	1909	1866	1710
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.033	2.041	1.995	1.828

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	303.74	285.95	192.23	188.27	223.07	226.77	221.61	200.82
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	298.83	283.85	185.78	180.06	198.74	199.01	199.08	203.78
Peso del Agua	gr.	48.91	32.22	26.45	28.19	27.33	27.76	22.53	26.04
Peso de la Capsula	gr.	69.68	71.63	37.83	40.21	34.99	34.72	35.17	35.39
Peso del Suelo Seco	gr.	189.19	182.20	127.95	119.67	161.05	164.29	152.95	166.39
% de Humedad	%	23.21%	17.88%	20.67%	23.52%	16.97%	16.90%	13.98%	15.90%
Promedio de Humedad	%	20.49%		22.10%		16.93%		14.90%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.588		1.671		1.706		1.591	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.718 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 18.03%



Dr. [Nombre del Autor]



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRABANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024					
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE					
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA					
PROGRESIVA	KM 5+000					
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 9%					
FECHA	JUNIO 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.	10678	11308	10698	11791	11522	11018
Peso del Molde	gr.	8078	8078	8913	8813	7297	7297
Peso del Suelo Humedo	gr.	2602	4330	4085	6178	4225	5722
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.81	2101.81	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc	1.854	2.057	1.944	2.463	2.015	1.775

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	325.40	318.48	253.48	411.38	308.37	379.37
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	212.37	232.92	225.81	331.45	284.84	312.97
Peso del Agua	gr.	123.12	85.56	3.00	79.92	43.73	62.70
Peso de la Capsula	gr.	48.38	69.73	36.17	70.37	26.18	67.81
Peso del Suelo Seco	gr.	163.01	163.19	186.74	261.08	228.46	244.76
% de Humedad	%	75.53%	52.43%	1.61%	30.61%	19.14%	25.52%
Promedio de Humedad	%	75.53%	52.43%	1.61%	30.61%	19.14%	25.52%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc	1.096	1.350	1.813	1.896	1.691	1.413

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	06:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.156	3.902	3.15	0.132	3.353	2.68	0.094	2.388	1.90
24/06/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.452	11.481	9.12	0.286	7.405	5.95	0.137	3.480	2.75
25/06/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.383	9.882	7.83	0.287	7.290	0.79	0.167	5.004	3.85
26/06/2024	05:25 a.m.	96:00:00	0.348	8.839	7.02	0.348	8.839	7.02	0.131	3.327	2.64

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00		
0.53	00:30		0.53	27.38	1.42		2.59	35.28	1.82		4.24	43.13	3.23	
1.27	01:00		5.56	48.09	2.62		7.64	67.96	2.08		9.21	84.22	5.32	
1.81	01:30		8.37	80.88	3.14		11.10	72.58	3.75		14.36	88.04	4.45	
2.54	02:00	70.31	10.98	71.85	3.70	5.27	13.39	81.87	4.24	8.03	28.29	145.21	7.51	
3.81	03:00		15.48	90.84	4.70		20.97	114.14	5.80		35.85	177.99	9.16	
5.08	04:00	105.00	21.36	115.88	5.89	5.70	27.33	141.22	7.30	8.95	47.95	228.85	11.82	
6.35	05:00		23.94	129.74	6.55		31.21	157.80	8.15		48.04	236.83	12.19	
7.62	06:00		25.27	130.63	7.06		33.18	166.98	8.58		52.84	249.41	12.89	
8.84	07:00		29.37	149.79	7.74		36.13	178.48	9.23		53.44	251.95	13.82	
10.15	08:00		32.15	161.09	8.35		40.34	196.35	10.15		55.06	283.85	13.59	

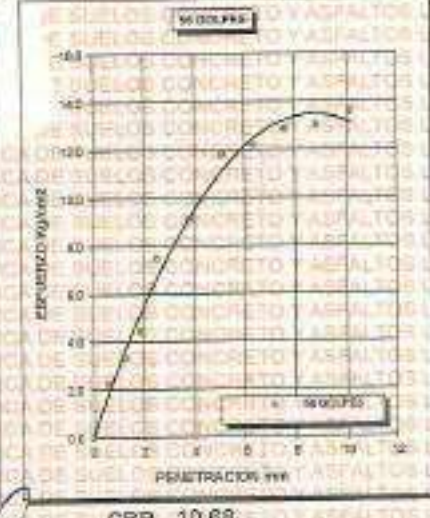
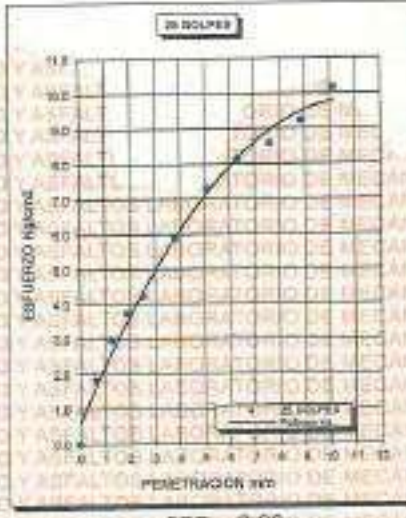
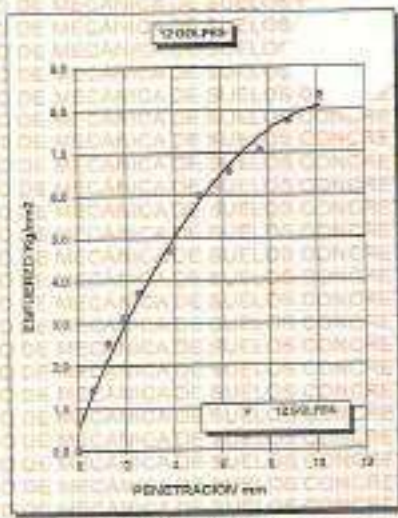
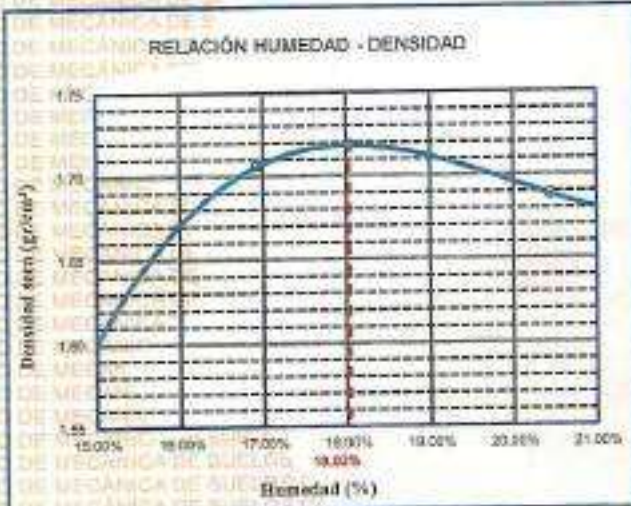
INVESTIGACIÓN EN MECÁNICA DE SUELOS
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
UANCV



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 :	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024*	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Barr. ALEX OSEALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.718
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 18.03%
PROGRESIVA :	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 10.68
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 8%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 6.51
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA
ECP - CAYTE
ALEX OSEALLA CAYTE
CAYTE 103057



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE	: BASH ALEX OSCALLA CAYTE
UBICACION	: CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	: KM 5+000
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 18%
FECHA	: JUNIO DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 935 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8051	6068	8015	8059
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1898	1905	1862	1706
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.029	2.056	1.990	1.824

Capsula No	No	SLP.	INF.	SLP.	INF.	SLP.	INF.	SLP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	302.69	285.60	192.18	187.21	232.67	228.71	215.55	208.82
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	258.78	253.58	165.73	160.02	196.68	196.55	188.07	182.70
Peso del Agua	gr.	43.91	32.02	26.45	27.19	35.99	32.16	27.48	26.12
Peso de la Capsula	gr.	69.61	71.38	37.78	40.15	34.64	34.65	38.11	35.20
Peso del Suelo Seco	gr.	189.17	182.20	127.95	119.87	161.04	161.90	150.86	147.57
% de Humedad	%	23.21%	17.63%	20.67%	22.69%	18.65%	18.40%	12.02%	13.54%
Promedio de Humedad	%	20.45%		21.68%		17.67%		17.78%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.684		1.674		1.691		1.692	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.692 gr/cm ³
MECANICA:	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 18.06%



INVESTIGADOR RESPONSABLE
 BASH ALEX OSCALLA CAYTE



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TEBIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMAN - CAMINACA 2024					
SOLICITANTE :	Bech, ALEX OSCALLA CAYTE					
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMAN - CAMINACA					
PROGRESIVA :	KM 5+000					
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1+ FIBRA DE COCO AL 18%					
FECHA :	JUNIO 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 Buzo Humedo + Molde	gr.	10605	11697	10629	11349	11128	11830
Peso del Molde	gr.	6840	6840	6698	6698	7049	7049
Peso del Suelo Humedo	gr.	3765	4757	3929	4650	4077	4581
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2086.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.789	2.280	1.822	2.212	1.946	2.186

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	421.63	404.68	265.13	427.26	210.38	430.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	372.99	303.54	236.45	305.51	181.16	358.54
Peso del Agua	gr.	48.64	71.14	28.68	71.85	18.22	61.84
Peso de la Capsula	gr.	69.64	69.56	68.36	68.87	38.97	68.87
Peso del Suelo Seco	gr.	303.35	233.98	198.10	236.64	152.19	290.17
% de Humedad	%	16.04%	26.99%	14.48%	25.07%	12.63%	21.31%
Promedio de Humedad	%	16.04%	26.99%	14.48%	25.07%	12.63%	21.31%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.541	1.780	1.591	1.769	1.727	1.601

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Diel	Expansión		Diel	Expansión		Diel	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/06/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/06/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.241	8.121	4.86	0.232	5.898	4.68	0.153	3.868	3.09
24/06/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.288	7.294	5.77	0.283	6.680	5.31	0.156	4.101	3.33
25/06/2024	08:26 a.m.	72:00:00	0.312	7.825	6.30	0.317	8.052	6.40	0.246	6.223	4.94
26/06/2024	08:26 a.m.	96:00:00	0.431	10.947	8.70	0.329	8.357	6.64	0.238	6.045	4.80

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES			
			Diel	Kg	Kg/cm ²	Conec.	Diel	Kg	Kg/cm ²	Conec.	Diel	Kg	Kg/cm ²	Conec.
0.00	0:00		0:00	0.00	0.00	0:00	0.00	0.00		0:00	0.00	0.00		
0.63	00:30		1:40	31.41	1.62	3:46	39.62	2.06		4:75	65.52	3.44		
1.27	01:00		6:34	62.04	2.89	10:03	70.26	3.63		18:31	102.85	5.32		
1.91	01:30		8:59	62.87	3.25	17:24	101.28	5.24		28:55	147.82	7.85		
2.54	02:00	70.91	16:39	94.70	4.80	4:06	22.99	121.44	6.28	3:50	35.17	174.41	9.02	
3.81	03:00		19:74	108.92	5.63	31:19	157.52	8.14		51:39	243.21	12.57		
5.09	04:00	105.00	23:36	145.83	7.53	7:17	38.83	188.09	9.77	9:31	60.43	281.62	14.56	
6.35	05:00		32:29	162.18	8.39	40:37	106.48	16.36		65:51	303.61	15.89		
7.62	06:00		38:38	183.00	9.72	43:02	211.12	10.91		68:09	316.84	16.30		
8.84	07:00		43:32	209.00	10.80	45:17	218.95	11.31		71:47	328.48	16.96		
10.16	08:00		46:74	223.52	11.55	48:54	237.70	12.26		78:51	340.70	18.11		

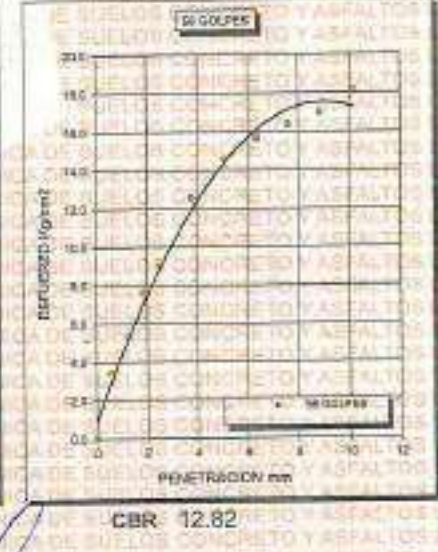
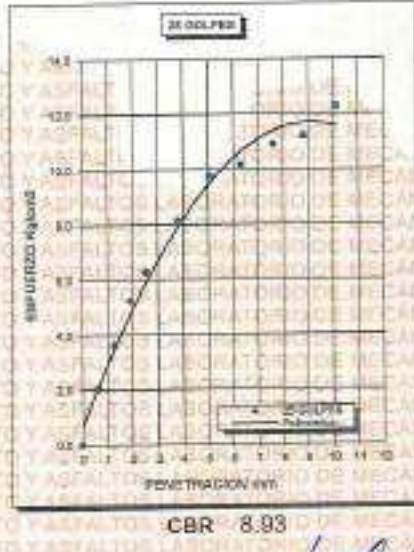
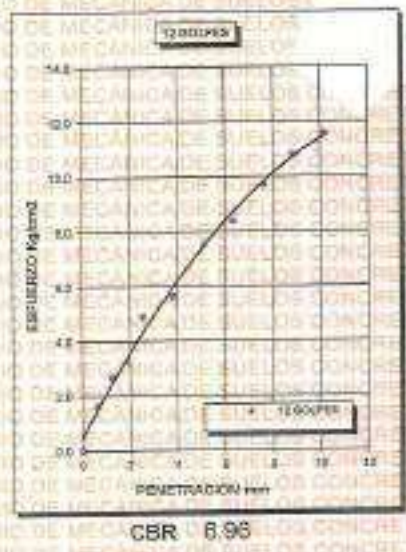
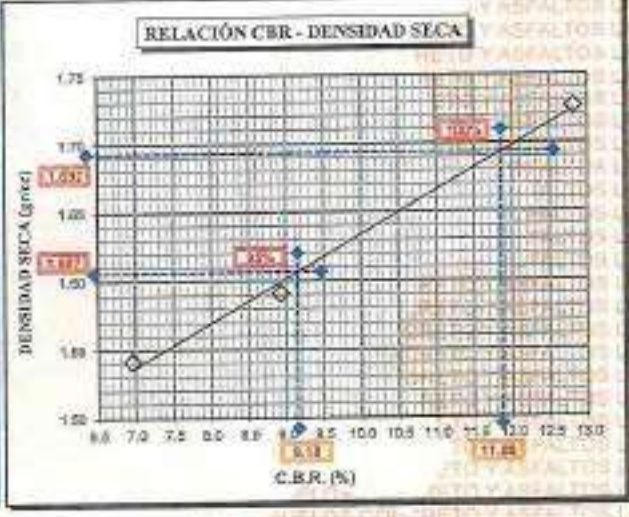
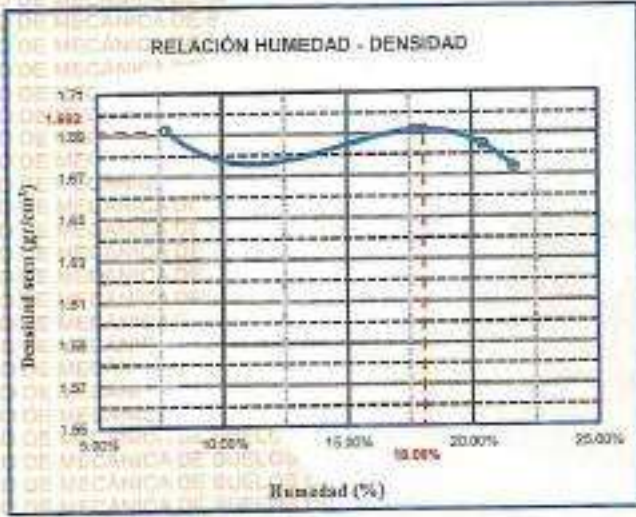

 ALEX OSCALLA CAYTE
 INGENIERO CIVIL
 RUP-CAR



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 :	"ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024"	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ALEX OSCALLA GAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.692
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 18.06%
PROGRESIVA :	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 12.82
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 18%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 7.50
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



ALEX OSCALLA GAYTE



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINAGA 2024
SOLICITANTE	: Bach. ALEX OSCALLA CAYTE
UBICACIÓN	: CARRETERA SAMÁN - CAMINAGA
PROGRESIVA	: KM5+000
MUESTRA	: CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 28%
FECHA	: JUNIO DEL 2024

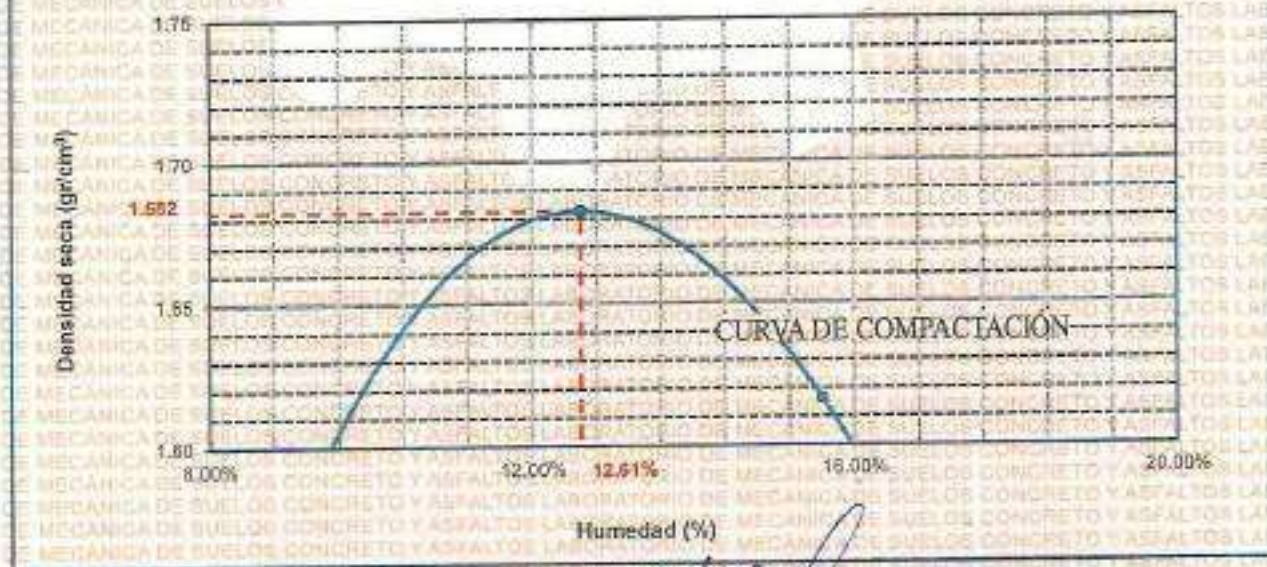
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 835 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 26 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	5958	5901	5789	5891
Peso del Molde	gr.	4153	4153	4153	4153
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1715	1748	1636	1538
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.833	1.869	1.748	1.644

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	205.40	206.69	200.71	203.44	164.37	167.11	198.71	181.43
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	247.96	232.26	176.44	178.21	161.90	154.42	187.37	177.50
Peso del Agua	gr.	57.69	34.33	24.27	24.23	12.47	12.69	12.44	13.93
Peso de la Capsula	gr.	19.22	24.98	19.90	24.94	21.78	19.27	22.84	22.26
Peso del Suelo Seco	gr.	228.94	207.68	156.54	154.27	130.14	136.15	164.43	156.24
% de Humedad	%	16.46%	16.52%	15.60%	15.71%	9.68%	9.32%	7.67%	8.97%
Promedio de Humedad	%	16.49%		15.81%		9.45%		8.27%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.674		1.616		1.688		1.619	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.682 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 12.61%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



[Signature]
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 Ref. Expediente 1374-13774



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



RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024
SOLICITANTE	Bach. ALEX OSCAR GAYTE
UBICACIÓN	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA
PROGRESIVA	KM 5+000
MUESTRA	GALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 20%
FECHA	JUNIO DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10607	11305	10531	11790	11129	11018
Peso del Molde	gr.	6842	6842	6897	6807	7052	7052
Peso del Suelo Humedo	gr.	3765	4453	3834	5083	4077	3966
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2104.91	2104.91	2098.50	2098.60
Densidad del Suelo Humedo	g/cc.	1.789	2.120	1.824	2.423	1.945	1.892

Capsula No	No	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
Suelo Humedo + Capsula	gr.	324.88	373.63	240.46	403.37	227.15	363.95
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	201.32	312.45	216.37	341.38	211.27	330.84
Peso del Agua	gr.	23.56	61.18	24.09	61.99	15.88	53.31
Peso de la Capsula	gr.	37.74	69.74	39.84	70.84	38.31	67.43
Peso del Suelo Seco	gr.	163.58	242.71	176.53	270.55	172.96	263.21
% de Humedad	%	14.28%	25.21%	13.65%	22.51%	9.18%	20.25%
Promedio de Humedad	%	14.28%	25.21%	13.65%	22.51%	9.18%	20.25%
Densidad del Suelo Seco	g/cc.	1.368	1.693	1.606	1.871	1.781	1.673

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
22/05/2024	08:25 a.m.	0	0.000	0.00	0	0.000	0	0	0.000	0	0
23/05/2024	08:25 a.m.	24:00:00	0.156	3.962	3.15	0.165	4.191	3.33	0.063	1.600	1.27
24/05/2024	08:25 a.m.	48:00:00	0.263	6.680	5.31	0.248	6.290	5.00	0.184	4.674	3.71
25/05/2024	08:25 a.m.	72:00:00	0.318	8.077	6.42	0.239	6.071	4.82	0.162	4.115	3.27
26/05/2024	08:25 a.m.	96:00:00	0.387	9.830	7.81	0.274	6.980	5.58	0.248	6.288	5.00

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	12 GOLPES				25 GOLPES				56 GOLPES				
			Dial	Kp	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		1.42	31.16	1.61	13.06	85.05	4.00	12.48	78.10	4.04	12.48	78.10	4.04	12.48
1.27	01:00		8.36	60.62	3.13	22.11	118.88	6.15	25.38	132.86	5.87	25.38	132.86	5.87	25.38
1.91	01:30		16.25	105.14	6.43	28.14	138.17	7.04	35.84	181.50	6.38	35.84	181.50	6.38	35.84
2.54	02:00	70.31	21.41	116.01	8.00	32.09	161.34	8.34	45.88	219.02	11.32	45.88	219.02	11.32	45.88
3.81	03:00		32.37	163.52	8.40	45.23	217.51	11.22	62.06	292.36	15.11	62.06	292.36	15.11	62.06
5.09	04:00	105.00	40.87	198.88	10.27	55.53	269.07	13.70	75.18	344.02	17.39	75.18	344.02	17.39	75.18
6.35	05:00		44.98	215.96	11.18	59.44	277.42	14.34	78.32	349.07	18.04	78.32	349.07	18.04	78.32
7.62	06:00		49.51	236.37	12.16	65.80	302.29	15.83	81.29	376.34	19.13	81.29	376.34	19.13	81.29
8.84	07:00		54.53	267.00	13.29	69.55	320.33	16.50	83.40	387.78	20.04	83.40	387.78	20.04	83.40
10.16	08:00		58.81	274.75	14.20	72.98	334.88	17.31	89.88	411.28	21.25	89.88	411.28	21.25	89.88



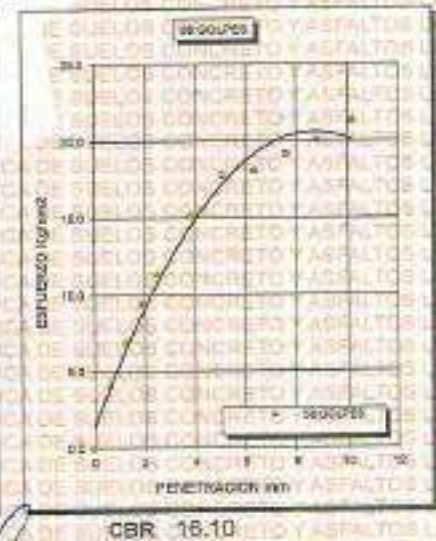
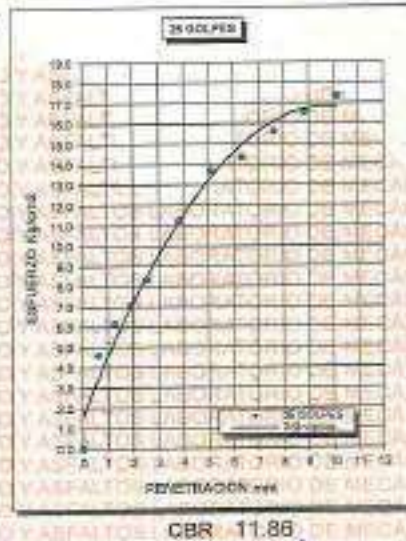
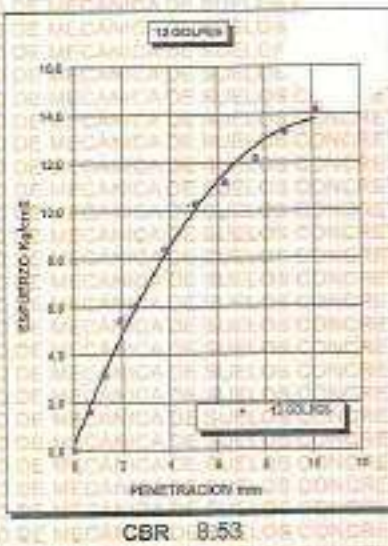
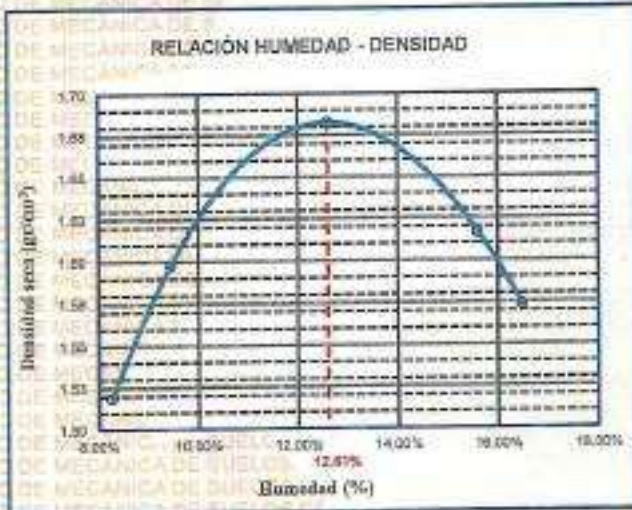
[Handwritten signature]
Ing. Alex Oscar Gayte



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 :	ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	Bach. ALEX OSCALLA CAYTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.682
UBICACIÓN :	CARRETERA SAMÁN - CAMINACA	HUMEDAD OPTIMA (%) 12.61%
PROGRESIVA :	KM 5+000	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 16.70
MUESTRA :	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + FIBRA DE COCO AL 20%	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 12.75
FECHA :	JUNIO DEL 2024	CLASIFICACIÓN : CL
		AASHTO : A-2
		EMBEBIDO : 4 DIAS



VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 VIC. CAYTE OSCALLA
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 VIC. OSCALLA CAYTE



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 04-10-2024

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ALEX OSCALLA CAYTE
Dirección: BARRIO VILLA HERMOSA
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70365497
Teléfono: 941 440 656 email: alexoscalla12@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: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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

Título: ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE CON
EMPLEO DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CENIZA DE FIBRA
DE COCO EN LA CARRETERA SAMÁN - CAMINACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ, CENIZA DE FIBRA DE COCO,
SUBRASANTE, CBR

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1, 2}?
1

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.

² 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 los 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 - PI7

Firma de Autor



huella digital

04-10-2024

Fecha