



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE
SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA
DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS
EN LA CARRETERA JULIACA – MAÑAZO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

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

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE
SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA
DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS
EN LA CARRETERA JULIACA – MAÑAZO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

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

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

PRIMER MIEMBRO

:


Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

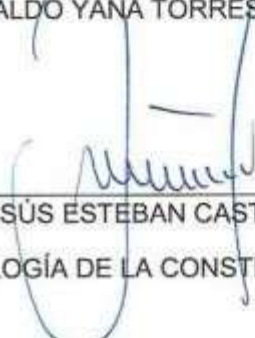
SEGUNDO MIEMBRO

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

ASESOR DE TESIS

:


M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 1758-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 23 de diciembre del 2025.

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 13497 presentado por el (la) Bachiller: **HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA** 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. **HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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 mérito 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. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
- * **1er Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA**; del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : martes 30 de diciembre del 2025
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURASDr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Oscar G. Camargo Najar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc:
Archivo

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1113-2025-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 19 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025 - CU - 8251, presentado por el señor (a) **HANS AMADO SUCAFUCA URRUTIA** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 518-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** **RESOLUCIÓN DECANAL N° 291-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para optar el título profesional de Ingeniero Civil.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **HANS AMADO SUCAFUCA URRUTIA** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 518-2024-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** **RESOLUCIÓN DECANAL N° 291-2025-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Fritz Willy Mamani Apaza** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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 del Director de la Unidad 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, 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 **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, designado al señor (a): **HANS AMADO SUCAFUCA URRUTIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, se le asigna como:

ASESOR: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente **M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA**.

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.

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

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

Dr. OSCAR Y DIAMANTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 291-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de mayo del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 003088 por el señor (a): **HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 135 - 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 020- 2025 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 señor (a): **HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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 **Dr. Cesar Guillermo Camargo Najar** 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° 020- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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 señor (a): **HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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) la), **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**.

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. OSCAR V. VIALMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Pils Wally Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"****RESOLUCIÓN DECANAL N° 516-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 01 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-07147, presentado el o (la) Bachiller HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO N° 532 -2024 UI FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 160 -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: HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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° 160 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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: HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 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. EFRAIN PARILLO SOSA.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



Dr. NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
DECANO
CIP. 47790



Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Archivo 2024
Interesado (a)



EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA – MAÑAZO 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%

INDICE DE SIMILITUD

12%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Higher Education Commission
Pakistan

Trabajo del estudiante

8%

2

Submitted to Universidad Andina Nestor
Caceres Velasquez

Trabajo del estudiante

5%

3

repositorio.uancv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

5

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

6

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

7

repositorio.unheval.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73473152
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-5494-7534
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0003-4595-7589
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	41414676
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Distrito: Juliaca - Mañazo Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/MjcTLtTeZM2TWHGC8
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Mayo 2024 – Noviembre 2025
URL de disciplinas OCDE	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
- Librería	



MAESTRO MAYRA THERESA VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS
Dr. Frida Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA, identificado con DNI
Nro. 73473152, 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:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA

APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES

CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

Asesorado por: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Es un tema original.

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

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

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

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

Juliaca 15 de enero del 2026


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A todos aquellos que han sido una parte integral de mi camino académico y personal.

A mis padres, por su amor incondicional y por creer en mí desde el primer día. Por sus sacrificios y su apoyo constante que han sido la clave de mi éxito.

A mi hijo que con su cariño me ha impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.



AGRADECIMIENTO

Gracias Dios por haberme guiado y acompañado a lo largo de mi carrera, por darme fortaleza para seguir adelante.

También agradezco a mis padres que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos.

Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia, gracias a la vida porque cada día me demuestra lo hermosa que es la vida y lo justa que puede llegar a ser: gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de esta tesis. Gracias por creer en mí.

No ha sido sencillo el camino hasta ahora, pero gracias a sus aportes. a su amor, a su inmensa bondad y apoyo, lo complicado de lograr esta meta se ha notado menos. Les agradezco. y hago presente mi gran afecto hacia ustedes, mi hermosa familia en especial a mi hijo, que ha sido mi motivo para seguir adelante.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN.....	viii
ABSTRACT.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática	13
1.2. Planteamiento del problema	15
1.2.1. Problema general	15
1.2.2. Problemas específicos.....	15
1.3. Objetivos de la investigación	15
1.3.1. Objetivo general	15
1.3.2. Objetivos específicos.....	16
1.4. Justificación de la investigación.....	16
1.4.1. Justificación técnica.....	16
1.4.2. Justificación económica.....	16
1.4.3. Justificación social	17
1.4.4. Justificación ambiental.....	17
1.5. Hipótesis de la investigación.....	17
1.5.1. Hipótesis general.....	17
1.5.2. Hipótesis específicas	17
1.6. Variables e indicadores	18
1.6.1. Variable independiente	18
1.6.2. Variable dependiente.....	18
1.7. Operacionalización de variables	19



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1.	Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2.	Antecedentes nacionales.....	21
2.1.3.	Antecedentes locales.....	24
2.2.	Bases teóricas.....	25
2.2.1.	Evaluación de las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto.....	25
2.2.2.	Estabilización de suelos.....	48
2.3.	Marco conceptual.....	54

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.	Enfoque de la investigación.....	56
3.2.	Tipo de la investigación.....	56
3.3.	Nivel de la investigación.....	57
3.4.	Diseño de la investigación.....	57
3.5.	Método de la investigación.....	58
3.6.	Población y muestra.....	58
3.6.1.	Población.....	58
3.6.2.	Muestra.....	59
3.7.	Técnicas e instrumentos.....	60
3.7.1.	Técnicas.....	60
3.7.2.	Instrumentos.....	60
3.8.	Plan de recolección y procesamiento de datos.....	61
3.8.1.	Desarrollo del plan de investigación.....	61
3.8.2.	Procesamiento y análisis de datos.....	73

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1.	Resultados obtenidos.....	74
------	---------------------------	----



4.1.1.	Propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante	75
4.1.2.	Efecto de la adición de lutita y ceniza de eucalipto sobre el índice plástico del suelo de subrasante	78
4.1.3.	Efecto de la incorporación de lutita y ceniza de eucalipto sobre la máxima densidad seca del suelo de subrasante	85
4.2.	Discusión de resultados	92
CONCLUSIONES		94
RECOMENDACIONES		95
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		96
ANEXOS		100



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	19
Tabla 2 Clasificación de suelos	29
Tabla 3 Resumen de las características de la lutita	39
Tabla 4 Cantidad de muestra para los ensayos	59
Tabla 5 Ubicación de las calicatas	63
Tabla 6 Cantidad de lutita y ceniza de eucalipto	67
Tabla 7 Clasificación de suelos según índice de plasticidad	71
Tabla 8 Humedad de las muestras	75
Tabla 9 Análisis granulométrico de los 3 puntos de muestro de material	75
Tabla 10 Índice de plasticidad del suelo natural	77
Tabla 11 Grado de compactación de las muestras	78
Tabla 12 Índice de plasticidad SN + 5.4% LT	79
Tabla 13 Índice de plasticidad SN + 6.4% LT	79
Tabla 14 Índice de plasticidad SN + 7.4% LT	80
Tabla 15 Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % LT	80
Tabla 16 Índice de plasticidad SN + 6% CE	81
Tabla 17 Índice de plasticidad SN + 9% CE	82
Tabla 18 Índice de plasticidad SN + 12% CE	82
Tabla 19 Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % CE	83
Tabla 20 Máxima densidad seca de SN + 5.4% LT	85
Tabla 21 Máxima densidad seca SN + 6.4% LT	85
Tabla 22 Máxima densidad seca de SN + 7.4% LT	86
Tabla 23 Comparativo de resultados obtenidos de la MDS - SN + % LT	87
Tabla 24 Máxima densidad seca de SN + 6% CE	88
Tabla 25 Máxima densidad seca de SN + 9% CE	89
Tabla 26 Máxima densidad seca de SN + 12% CE	89
Tabla 27 Comparativo de resultados obtenidos de la MDS - SN + % CE	90



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Clasificación, según AASHTO.....	27
Figura 2 Clasificación, según SUCS	28
Figura 3 Lutita	38
Figura 4 Cenizas de eucalipto	44
Figura 5 Ubicación de la carretera	62
Figura 6 Obtención de la lutita	64
Figura 7 Obtención de las cenizas de eucalipto	66
Figura 8 Análisis granulométrico - C1	76
Figura 9 Análisis granulométrico – C2.....	76
Figura 10 Análisis granulométrico – C3.....	77
Figura 11 Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % LT	81
Figura 12 Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % CE	83
Figura 13 Comparativo del IP de ambas adiciones	84
Figura 14 Comparativo de la Máxima densidad seca del SN + % LT	87
Figura 15 Comparativo de la máxima densidad seca del SN + % CE	91
Figura 16 Comparativo de la MDS de ambas adiciones.....	91



RESUMEN

La presente investigación denominada "Evaluación de las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en porciones controladas en la carretera Juliaca – Mañazo 2024", tiene el objetivo de evaluar la incidencia de la adición de lutita y ceniza de eucalipto en la estabilización del suelo de la carretera Juliaca – Mañazo. La metodología presenta un enfoque cuantitativo, nivel explicativo, diseño experimental y método científico. Los resultados presentan un IP del 12.50%, lo que indica un suelo con plasticidad media, asimismo, y la MDS media es 1,828 gr/cm³ con un OCH de 16%, indicando un suelo de subrasante inestable; sin embargo, al incorporar la lutita en cantidades del 5.4%, 6.4% y 7.4%, tiene un impacto positivo en el IP, del mismo modo, cuando se utiliza ceniza de eucalipto en proporciones de 6%, 9% y 12%, se produce una notable reducción del IP, mostrando para ambos una disminución notable en relación al suelo natural. Por otro lado, el efecto de la incorporación de la lutita y ceniza de eucalipto produce un incremento en la compactación. Finalmente, se concluye que la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en el suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo mejora significativamente sus propiedades geotécnicas, reduciendo el índice de plasticidad y optimizando la compactación con las proporciones de 5.4% de lutita y 9% de ceniza de eucalipto las más efectivas para estabilizar el suelo en comparación con la muestra natural.

Palabras Clave: Ceniza de eucalipto, lutita, propiedades de subrasante.



ABSTRACT

This research, entitled "Evaluation of Subgrade Soil Properties with the Application of Shale and Eucalyptus Ash in Controlled Portions on the Juliaca – Mañazo Highway 2024," aims to evaluate the impact of adding shale and eucalyptus ash on soil stabilization along the Juliaca – Mañazo highway. The methodology employs a quantitative approach, explanatory level, experimental design, and scientific method. The results show a Plasticity Index (PI) of 12.50%, indicating a soil with medium plasticity. Furthermore, the average Maximum Soil Density (MSD) is 1,828 g/cm³ with an OCH of 16%, indicating an unstable subgrade soil. However, incorporating shale at concentrations of 5.4%, 6.4%, and 7.4% has a positive impact on the Plasticity Index (PI). Similarly, using eucalyptus ash at proportions of 6%, 9%, and 12% results in a significant reduction of the PI, with both showing a notable decrease compared to the natural soil. Furthermore, the incorporation of shale and eucalyptus ash increases compaction. Finally, it is concluded that applying shale and eucalyptus ash to the subgrade soil of the Juliaca-Mañazo highway significantly improves its geotechnical properties, reducing the plasticity index and optimizing compaction. The proportions of 5.4% shale and 9% eucalyptus ash are the most effective for stabilizing the soil compared to the natural sample.

Keywords: Eucalyptus ash, shale, subgrade properties.



INTRODUCCIÓN

Hoy en día a pesar del transcurso de los años la infraestructura vial sigue siendo uno de los elementos necesarios e importantes mediante el cual prosigue el desarrollo de los aspectos de índole económico social de los diversos países, gracias a estos elementos se logra tener una conectividad territorial entre diversas regiones ciudades y demás localidades que comprende el ámbito territorial permitiendo el flujo comercial, transporte de persona. El poder contar con vías adecuadamente mantenidas y de nuevas vías es de vital importancia para un país.

En el Perú la conservación y proyección de nuevas vías es de suma importancia, pero debido a la gran diversidad de factores climáticos y características inherentes a la subrasante propia son causantes de que las estas presenten de deterioros considerables tal es el caso de la vía que conecta Juliaca con el distrito de Mañazo. Cuya subrasante presenta características muy cercanas a los límites mínimos considerados para un diseño de obra vial. Bajo este contexto surge la incógnita de poder emplear materiales no tradicionales como elementos que puedan aportar una mejora a las propiedades de la subrasante en mención.

El empleo de elementos no tradicionales que se pueden emplear como agentes estabilizadores que se pueden encontrar en nuestra región (lutita y ceniza de eucalipto) hace que la propuesta sea considerada como una alternativa de estabilización de suelos, citando que el primer elemento que es la lutita presenta un grado considerable de minerales que podría aportar una mejora significativa a las propiedades de la mencionada así mismo la incorporación de cenizas de eucalipto que sería el resultado de la quema de eucalipto en estado seco o del producto de procesos industriales aportaría aspectos relacionados a las puzolanas, la combinación de ambos elementos aportaría en conjunto mejoras significativas sobre la capa de nominada subrasante.



El presente trabajo de investigación para una mejor comprensión del desarrollo sistemático que contiene se a dividido en cuatro capítulos los cuales de describe a continuación

El capítulo I, Como punto de inicio el presente capitulo contempla dentro de su estructura el análisis de la situación problemática seguido del interrogante de carácter general la cual se aporta en las interrogantes especificas estas dan lugar a los objetivos tanto de carácter genérico y especifico a esto se suma las justificaciones en distintos ámbitos que realzan el impacto de la mencionada investigación, contempla también las hipótesis y la caracterización de las variables del tema de investigación

El capítulo II, Denominado marco teórico el cual se disgrega en 3 aspectos primeramente los antecedentes categorizados en niveles internaciones, nacionales y, locales, seguido de conceptos teóricas necesarias para poder comprender las variables y finalmente el marco conceptual donde se citan terminologías que guardan una relación directa con la investigación

El capítulo III, Concebida como metodología de la investigación dentro la cual se da a conocer aspectos que están ligados directamente a la investigación tales como enfoque, tipo nivel, diseño método, poblaciones técnicas y el respectivo plan de recolección de datos, así como el aspecto de procesamiento y análisis de datos.

El capítulo IV, Denominada resultados y discusión tal como la denominación lo indica se presenta los resultados obtenidos según los objetivos trazados los cuales se plasman en tablas y graficas respectivamente. Así mismo después de la presentación de los resultados producto de una síntesis de trabajos se presenta la discusión de los mismos comparando los obtenidos con estudios que van bajo la misma línea de investigación



Desarrollados los cuatro capítulos citados líneas arriba se presenta como parte final las respectivas conclusiones que responden a las interrogantes tanto de carácter general y específica, seguidamente se citan las respectivas recomendaciones complementando la investigación con data diversa (anexos).



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Análisis de la situación problemática

En el ámbito internacional los suelos a nivel de subrasante presentan distintas características las cuales en muchos casos no cumplen con los límites establecidos para un desempeño óptimo como parte de un pavimento. Razón por la cual hoy en día se viene explorando iniciativas en todo el mundo para poder mejorar las condiciones de la misma. Un claro ejemplo se presenta en países como España, Nigeria y la India los cuales para poder mejorar las características de las subrasantes de vías vienen empleando elementos como cenizas volantes, residuos de origen vegetal y lútilas los cuales han presentado un impacto positivo. (Mills, 2020), así mismo los investigadores indican que si bien se tienen beneficios positivos estos están ligados íntegramente al tipo de elemento que se esté empleado y de las características inherentes del suelo.

En el ámbito nacional nuestro país no es ajeno a esta problemática, la gran diversidad de suelos de subrasante generalmente presentan características muy cercanas al mínimo permisible y a esto se suma factores de aspectos climáticos que inciden en el desempeño estructural de las mismas, lo cual ha conllevado al deterioro de muchas vías a razón de lo mencionado en muchas regiones del país se han llevado como investigaciones



en donde en lugar de proponer una mejora a través del mejoramiento del material por otro se ha buscado mejorar las propiedades de las mismas a desarrollar propuestas enfocadas en el uso de materiales de estabilización no tradicional, un claro ejemplo son las regiones de Junín, Cajamarca y Cusco por citar algunas en donde se a desarrollado investigaciones bajo la línea de mejorar las propiedades de la subrasante para lo cual se hizo uso de ceniza de eucalipto los cuales en proporciones diversas mostraron resultados positivos especificando que también esta tiende a variar en cuanto a la incidencia según la tipología del suelo a estabilizar lo cual hace que se deba realizar una mayor y amplia investigación considerado este elemento.

A nivel local en nuestro departamento de Puno existe una diversidad de vias que viene presentando problemas muy serios teniendo como factor incidente la tipología del suelo de subrasante la cuales en su gran mayoría son suelos con características arcillosa lo cual repercute en el normal funcionamiento y durabilidad de una via, tal es el caso de la via que conecta Juliaca con el distrito de Mañazo una via de vital importancia por los beneficios de conectividad entre los dos lugares. En los últimos años la mencionada via a estado presentado falencias como deterioros bache, siendo factores como las condiciones climáticas las fuertes precipitaciones y a esto sumado las características inherentes al suelo de soporte (subrasante) las cuales inciden directamente en la condición de la via.

Si bien es cierto una opción de mejoramiento es el cambio del suelo por uno de mejores características resulta muy costoso por el tipo de material y por el volumen que se necesita por lo que se busca otras alternativas que puedan ser positivas y económicas. Una de esas alternativas es el empleo de elementos no convencionales para la mejora de las propiedades de la subrasante. Tales como cenizas de origen vegetal y rocas sedimentarias de fácil transformación.

Bajo lo citado lineas arriba es que nace la inquietud de poder desarrollar un estudio el cual conlleve la aplicabilidad de lutita y ceniza de eucalipto sobre una de la via que une Juliaca con la localidad de Mañazo. priorizando el empleo de elementos tales como la lutita

y ceniza de eucalipto elementos no convencionales y que se pueden encontrar en nuestra región, buscando que la aplicabilidad de estos elementos en cantidades debidamente dosificadas pueda incrementar la resistencia de soporte y por ende mejoras características como la plasticidad de la subrasante.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la variación las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas en la carretera Juliaca – Mañazo 2024?

1.2.2. Problemas específicos

- a. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante que se extienden a lo largo de la carretera Juliaca – Mañazo?
- b. ¿Cuál es el efecto de la adición de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre el índice plástico de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo?
- c. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre la máxima densidad seca de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas en la carretera Juliaca – Mañazo 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- a. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante que se extienden a lo largo de la carretera Juliaca – Mañazo.
- b. Explicar el efecto de la adición de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre el índice plástico de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo.
- c. Explicar el efecto de la incorporación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre la máxima densidad seca de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación técnica

Dentro del ámbito técnico el presente estudio de carácter investigativo tiene justificación primeramente porque será un nuevo aporte de nueva información acerca de la aplicabilidad elementos no convencionales seguidamente la incidencia de estos elementos sobre características específicas como la capacidad de soporte del suelo bajo consideraciones en termino de dosificaciones de ambos elementos. Lo cual sería una alternativa a considerar dentro de los diseños de vías.

1.4.2. Justificación económica

El presente trabajo investigativo se justifica dentro del aspecto económico primeramente porque al poder emplear elementos no convencionales (lutita y la ceniza de eucalipto) y esto al presentar un costo de adquisición bajo y económico resulta ser más rentable su empleo. Así mismo al poder estos dos elementos presentar aspectos positivos sobre las propiedades inherentes de la subrasante de la via considerada (Juliaca- Mañazo). Será un aporte significativo el cual se traducirá en una alternativa de mejoramiento de vías a comparación del empleo de elementos tradicionales.

1.4.3. Justificación social

La presente investigación se justifica dentro del ámbito social por varias razones la primera que al poder contribuir en una mejora de las características de la subrasante de la vía en mención se podrá garantizar un servicio óptimo de la vía. Así mismo los resultados obtenidos pueden considerarse para la propuesta de un proyecto a nivel de perfil que incluya.

1.4.4. Justificación ambiental

Dentro del aspecto ambiental la investigación en mención se justifica en dos puntos que son uso de elementos no tradicionales y disposición de elementos. La primera que esta referida a que con el uso de elementos no tradicionales con lo cual se evita el uso de elementos tradicionales (cemento, cal) e incluso se evitaría el uso indiscriminado de canteras de material de reemplazo, la segunda radica en la importancia de poder emplear elementos que están en disposición y que contribuirían a un menor impacto ambiental.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

Bajo la aplicabilidad de lutita y ceniza en dosificaciones controladas menores al 10% sobre la subrasante de la carretera que une Juliaca con la localidad de Mañazo, se presentara una mejoraría de las características de esta.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a. Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía que une Juliaca y la localidad de Mañazo, serán las que presenta un suelo de características arcillosas, con plasticidad alta y capacidad de soporte baja.

- b. La adición en dosificaciones contraladas de Lutita y ceniza de eucalipto menores al 10% incidirá positivamente sobre el índice plástico de la via que une Juliaca con la localidad de Mañazo reduciendo los valores muestrales bases.
- c. La incorporación de lutita y ceniza de eucalipto en cantidades establecidas menores al 10 % sobre el suelo de la subrasante de la via que une Juliaca con la localidad de Mañazo producirá un incremento de la máxima densidad seca.

1.6. Variables e indicadores

1.6.1. *Variable independiente*

Lutita y Ceniza de eucalipto

Dimensiones

- Dosificación de LT en 5.4%, 6.4% y 7.4%
- Dosificación de CE en 6%, 9% y 12%

1.6.2. *Variable dependiente*

Propiedades del suelo subrasante

Dimensiones

- Índice plástico
- Máxima densidad seca

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. medición	Tipo
1. Lutita (LT)	Es un tipo de roca arcillosa del tipo sedimentaria conformada por partículas finas lo cual tiene un grado alto de poder incidir en la resistencia del suelo	Proporción de lutita	% de aplicación de LT en 5.4%, 6.4% y 7.4%	5.4% - 7.4%	Ficha de control de laboratorio	Continua
2. Ceniza de eucalipto (CE)	Es resultado del proceso de combustión de la quema de eucalipto a un grado artesanal o semiindustrial. La cual presenta características puzolánicas que inciden de forma favorable sobre el suelo natural.	Proporción de ceniza de eucalipto	% de aplicación de CE en 6%, 9% y 12%	6% - 12%	Ficha de control de laboratorio	Continua
Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Inst. medición	Tipo
Propiedades del suelo de subrasante	Es la capa de suelo la cual la soporta las cargas que transmiten el pavimento producto del flujo vehicular. Cuya capacidad de soporte esta influenciada de las propiedades físicas inherentes	Índice plástico	% de IP	Según límites de Atterberg	Equipo de Atterberg (dispositivo Casagrande)	Continua
		Máxima densidad seca	g/cc	Según ensayo Proctor	ASTM D1557-91	Continua

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Según, Macías y Ortiz (2022) en su artículo investigativo denominado “Estudio de las hojas de eucalipto como agente estabilizador de subrasante” los autores tuvieron como línea principal evaluar el empleo de eucalipto tomando las hojas de esta como elemento de estabilización de la subrasante de la vía considerada para el desarrollo de la investigación fue la que conecta Rocafuente – Tosagua, del tramo en mención se extrajeron 03 muestras de las cuales indicaron que el suelo en mención no cumplía con la resistencia de corte exigida. A razón de esto se procedió a incorporar hojas de eucalipto en diversos porcentajes. Los resultados mostraron que con un porcentaje del 8% presenta resultados considerables mejorando la capacidad de soporte de la misma.

Según, Olaya (2020) en su trabajo de investigación “Aplicación de agentes naturales como estabilizadores de suelos arcillosos para la construcción de vías”, el autor definido como línea principal investigar el uso de la cascara de huevo pulverizado para la estabilización química de suelos arcillosos para alcanzar lo mencionado el investigador se apoyó en alcanzar tres objetivos que consintieron la primera en una revisión detalla de

bibliografía sobre el elemento a emplear y su uso como estabilizador, estudiar las condiciones de estabilidad de los suelos arcillosos a partir de sus propiedades inherente, y revisar como a impactada la estabilización de suelos para autopistas en Colombia. La investigación es descriptiva. La data obtenida bajo un criterio de revisión de actuados en otras investigaciones indica que la cascara de huevo en un estado pulverizado presentan mejores como agente estabilizador. El autor concluye que el empleo de cascara de huevo pulverizado inciden en el suelo modificando las características físicas y químicas del suelo del tipo arcilloso las cuales en conjunto presentan una mejora en la resistencia del mismo, en una mejora estabilidad y durabilidad.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Según, Soto (2023) desarrollo el trabajo de carácter investigativo al denominó "Estabilización de suelos a nivel de subrasante con ceniza de eucalipto de la carretera Batanchaca - Yarusyacan, Pasco, 2022", Soto tomo como línea principal el evaluar la influencia de la ceniza de eucalipto en la estabilización de suelos a nivel de subrasante en la carretera Batancha en cerro de Pasco, para lo cual disgregó el objetivo central en cuatro líneas específicas las cuales se centraron en evaluar la influencia de este elemento sobre la vía mencionada las cuales tomando como base la incidencia en los límites de consistencia, el contenido de humedad la máxima densidad seca, el cbr respectivo, la investigación es del tipo aplicada, de nivel explicativo, empleo el método científico y de diseño experimental, respectivamente con una muestra la carretera que une Batanchaca con Yarusyacan. Los porcentajes empelados fueron de 1.5 %, 2" y de 30% obteniéndose resultados positivos primeramente se presenta una disminución de un 65.25% del índice de plasticidad con una dosis de 3%, el contenido de humedad disminuye en un 60032% con la dosificación del 2% la resistencia, la máxima densidad seca incrementa en mayor grado con una dosis de 3% y la capacidad de soporte tiene a incrementar hasta un 293.02% con una dosis de 3%, concluye que la adición de ceniza de eucalipto influye positivamente como agente estabilizador de subrasantes en la vía evaluada.

Según, Arbieta (2023) en su trabajo investigativo denominado "Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco - Karkatera, Apurímac 2022", la línea central de investigación fue la de Estabilizar mediante la adición de lutita y cal la subrasante de la vía Tamburco- Karkatera, para poder alcanzar el mencionado objetivo el tesista desarrollo cuatro objetivos específicos primero determinar la variación de la MDS, determinar cómo varia de la capacidad de soporte, Calcular la variación de la plasticidad y Analizar la variabilidad del módulo de resiliencia todo esto bajo la aplicabilidad de la adición de lutita y cal en la carretera que une la vía en mención, para lo cual se empleó porcentajes de 5, 10, 15 y 20 % las proporciones mencionadas se disgregaron en todos los porcentajes del siguiente modo $0.67 \text{ cal} + 0.33 \text{ Lutita}$ lo cual en suma conforman la unidad del porcentaje, la investigación es del tipo aplicada bajo un método científico, con un nivel explicativo de diseño experimental con una muestra que 16 unidades cuatro por kilómetro que es lo que recomienda la normativa vigente en tema de vías. Los resultados obtenidos para lo que a la MDS se refiere presenta valores de 1.92 g/cm³ con 5%, de 1.96 g/cm³ con 10%, de 1.97 g/cm³ con 15% y de 1.94 g/cm³ con 20% lo cual indica que con valores superiores al 10% la mds se comporta inversamente proporcional a la dosificaciones es decir a mayor dosificación baja MDS, el cuanto al cbr se los resultados muestran valores de 6, 8.5, 9 y 7% respectivamente el cual es un indicativo de que a dosificaciones mayores al 15% el cbr disminuye, En cuanto al índice de plasticidad este tiende a mantenerse constantes bajo la aplicabilidad de los porcentajes mencionados presentando un valor de 7.12%, en lo que al módulo de resiliencia se refiere este alcanza un valor 10425.72 psi con el porcentaje de 15% lo cual a mayores dosificaciones de 15% este tiende a disminuir, el autor concluye que la adición de porcentajes hasta el 15% de los elementos empleados influyen positivamente como agente estabilizador de la subrasante del suelo.

Según, Cristobal y Quinte (2022) en su trabajo investigativo "Estabilización de subrasante con cenizas de eucalipto, paraje turístico Piedra Parada, Concepción, Junín



2021", los autores definieron como línea principal de su estudio fue determinar la variación de la estabilización con cenizas de eucalipto de la subrasante de la vía que une Piedra parada y concepción. para alcanzar lo mencionado fue necesario el desarrollo de cuatro específicos los cuales se enfocaron en estimar la variación de la mds, Cuantificar la variación en el aspecto volumétrico, calcular la variación de la capacidad de soporte, y determinar el módulo de resiliencia, bajo la aplicabilidad de cenizas de eucalipto en porcentajes de 5, 10 y 15 respectivamente, la investigación fue del tipo aplicada bajo el desarrollo del método deductivo, con un nivel explicativo, bajo un diseño experimental con una muestra que considero el tramo de vía de una distancia de 2.182 km, los resultados obtenidos fueron de Con los porcentajes mencionados se obtuvo una mejora considerable del MDS, pero con el porcentaje de 10 la MDS presento un incremento de 10.38%, incidiendo también en el IP el cual disminuyo en 55.82% y un incremento en lo que al CBR se refiere en un valor de 391.11% y de 156,72% en el mr. Concluyéndose que la adición de cenizas de eucalipto generan un incremento considerable sobre la subrasante de la vía en mención. Siendo la más notable el incremento del CBR.

Muñiz (2022) desarrollo el trabajo investigativo "Estabilización de subrasantes con cenizas de eucalipto y cal en caminos vecinales, carretera mallan bajo, Pasco 2022. El objetivo de este estudio es cuantificar las variaciones en la estabilización del subsuelo logradas mediante la aplicación de ceniza de eucalipto y cal en carreteras secundarias adyacentes a la carretera Mallón. Se desarrollo bajo la metodología científico, aplicada, explicativa, un alcance definido y un diseño experimental. Para obtener la muestra, se realizaron tres excavaciones. La excavación inicial se encuentra en el kilómetro 7+505, la segunda en el kilómetro 8+500 y la tercera en el kilómetro 9+500. Todas las muestras una vez adicionadas los elementos en las proporciones establecidas y controladas fueron sometidas a los distintos ensayos como el ensayo de compresión. Las pruebas se realizaron de acuerdo con las normas nacionales e internacionales, incluyendo MTC. Los resultados experimentales indicaron que la adición de un porcentaje del 15 de CE y un 5



de cal con respecto al 80 % del peso de la muestra. Los resultados muestran un aumentó la de característica de soporte de las muestras extraídas de las calicatas C-1, C-2 y C-3 en un 167,87 %, un 258,62 % y un 188,71 %, respectivamente. Así mismo tuvo incidencia directa en la plasticidad del mismo presentando una reducción del IP en porcentajes del 27,84 y 24,58 respectivamente para lo que a la MDS disminuyó en un 11,49 %, un 6,49 % y un 3,49 % para las calicatas C-1, 2 y 3, respectivamente. Concluyendo que la adición de ceniza de eucalipto incide positivamente sobre el suelo evaluado.

2.1.3. Antecedentes locales

Según, Paricahua (2022) en su investigación denominada “Estabilización de la subrasante empleando cenizas de eucalipto en la trocha carrozable desvío Chaquelequeña a Rosaspata, Moho, Puno – 2022”, Este estudio presento como linea central determinar el impacto de la ceniza de eucalipto (EA) sobre la subrasante a lo largo de la carretera de acceso Chaquelequeña-Rosaspata. La metodología de investigación utiliza un paradigma de investigación aplicada cuantitativa. El enfoque del estudio es explicativo y el diseño empleado es cuasi-experimental. La población estuvo conformado por las vías desde el distrito de moho hacia rosaspata. La muestra comprendió una extensión de suelo de 3 kilómetros, lo que resultó en la recolección de 48 especímenes de tres sitios de prueba. La metodología abarcó: (i) adquisición de EA de panaderías de las zonas adyacentes a la vía evaluada; (ii) actividades de exploraciones mediante pozos a cielos abiertos (calicatas) en un total de 3; (iii) análisis de la muestr base en las instalaciones del laboratorio; (iv) empleo en pocentajes controlados de 28,33 y 38 de EA; y (v) sometimiento a ensayos diversos de las muestras con adición de EA. Se evaluaron los resultados para las tres muestran en el concepto del CBR. Los hallazgos más importantes se obtuvieron del tercer suelo, LM. Como resultado, la investigación concluye que el suelo LM es dable para ser estabilizado mediante la inclusión de ceniza de eucalipto en una dosis del 28 %. Esto resulta en una disminucion considerable de de la flexibilidad del suelo, un aumento del grado de compactación y una mejora sus características de soporte.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Evaluación de las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto*

La evaluación considerando como elemento fundamental el empleo de lutita y ceniza de eucalipto, que es esencial para determinar la capacidad estructural y la durabilidad de las capas de pavimento. La subrasante constituye el soporte principal de la estructura vial, y su respuesta ante cargas depende en gran medida de que depende de varios factores intrínsecos. Por ello, la exploración geotécnica incluye ensayos de identificación como el granulométrico, los límites de consistencia y pruebas de compactación tipo Próctor, que permiten establecer el comportamiento del suelo ante sollicitaciones típicas del tránsito vehicular. (García, 2022).

El empleo de estos materiales tiene como finalidad mejorar las características internas del suelo a nivel de subrasante. Intervenciones con lutita pueden inducir cambios en la plasticidad y la compactación, mientras que la ceniza de eucalipto, gracias a su contenido de minerales y sílice, contribuye a la reducción de la expansividad y la mejora del módulo resiliente del suelo. Investigaciones similares han demostrado que la mezcla de suelos arcillosos con residuos vegetales o minerales puede incrementar el soporte de carga y la estabilidad volumétrica, lo cual se refleja en mejores valores de CBR (California Bearing Ratio) y óptimo comportamiento bajo condiciones ambientales adversas. (Amakye & Abbey, 2021)

Las metodologías de evaluación incluyen ensayos in situ, como el penetrómetro dinámico y la prueba de placa, además de ensayos de laboratorio. La incorporación de materiales no tradicionales de origen vegetal y mineral sobre la subrasante debe ser verificada mediante análisis comparativos antes y después de la aplicación, evaluando parámetros clave como la densidad seca, la humedad óptima, el CBR y el módulo resiliente, siguiendo lineamientos de normas técnicas como AASHTO 1993 y prácticas recomendadas en la ingeniería de pavimentos. El éxito de la estabilización depende de la correcta dosificación y del control

de calidad durante la obra, garantizando que la subrasante cumpla con los requisitos estructurales y de durabilidad necesarios para el diseño vial. (Higuera, 2020).

2.2.1.1. Mecánica de suelos

El presente como una de las tantas especialidades de la ingeniería en general. es una de las importantes ramas teniendo como línea el análisis del comportamiento en diferentes situaciones del suelo como son (carga exterior, cargas puntuales entre otras sollicitaciones) esto con la finalidad de poder brindar datos importantes y necesarios los cuales sin empleados en el diseño de las distintas obras civiles a comparación de otros elementos que son estudiados por la ingeniera el suelo presenta un comportamiento muy diverso y difícil de predecir debidos a múltiples factores que tiende a afectar sus propiedades tanto intrínsecas como extrínseca por eso es muy importante desarrollar un análisis de carácter específico antes de la realización de cualquier proyecto a nivel de estudio o ejecución. (Rosas, 2021).

Desde la optica de la ingenieria la MS permite identificar y sobre cuantifica los parametros de este bajos los caules se desarrollaran las diversas estrucltuas como cimentaciones y otros, gararantizan que las estructurfas en general no presenten falencias, asi mismo uno de los parametros iniciales fundamentales que es necesario conocer es el tipo de suelo esta se basa en una clasificacion que consdiera ciertos parametros dento de esta se distinguen dos sistemas de clasificacion SUCS Y AASHTO. (López, 2019).

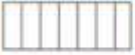
Como se menciona lineas arrina la aplicabildia de la mecanica de suielo es de vital importancia siendo una de las obras en donde se concentra un mayor concepto es el de las obras viales. ya que esta nos permite deterjianr primaramnete la capacidad de soporte del suelo de subrazante, siendo esta una propiedad fundamental para que la estructura pueda presentar una duracion según diseño. Por esa razon es que es indispensables la realizacion de los diferentes ensayos. (Rosas, 2021).

2.2.1.1.1. Clasificación de los suelos

Dentro de la mecánica de suelos unos de los aspectos que es muy resaltante es la que está relacionada a poder clasificar el suelo está en función de su composición física, comportamiento esta se basa en una clasificación que considere ciertos parámetros dentro de esta se distinguen dos sistemas de clasificación SUCS Y AASHTO. La clasificación en ambos sistemas toma como base el tamaño de partículas que conforman el suelo, seguido, su plasticidad y finalmente su textura. Los resultados que se obtienen según los parámetros o lineamientos citados bajo los dos sistemas de clasificación son de vital importancia primeramente para los profesionales de la rama civil porque permite tomar decisiones a nivel de diseño considerando la tipología lo cual se refleja en aspectos según la tipología de la obra que se quiere diseñar siendo estos los cimientos, pavimentos entre otros. (Occhi, 2022).

Figura 1

Clasificación, según AASHTO

SIMBOLOGÍA	CLASIFICACIÓN	SIMBOLOGÍA	CLASIFICACIÓN
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		MATERIA ORGÁNICA
	A - 2 - 6		ROCA SANA
	A - 2 - 7		ROCA DESINTEGRADA
	A - 4		

Nota. Clasificación AASHTO, adaptado de (MTC, 2014).

En lo que a este aspecto existe una diversidad de sistemas que son aplicados a nivel interno dentro de los países del mundo, pero uno de los sistemas que es más

empleado para poder clasificar y denotar que tipo de suelo es se emplear los sistemas SUCS Y AASHTO, la metodología 2 se caracteriza denotando al suelo con la letra A, acompañado de un número del 1 al 7, al igual que el sistema 1 toman en consideración los pesos que son retenidos en el ensayo granulométrico y los límites de plasticidad, el mencionado sistema sirve o es esencial uso cuando se trata de saber las características de la subbase, permitiendo conocer si el suelo presenta las condiciones que según normativa debería cumplir para ser considerado como tal (MTC, 2018).

Una de las metodologías que también es muy aplicado para poder lograr la clasificación de suelos es la denominada SUCS, metodología de clasificación que toma dos líneas de clasificación suelos gruesos y suelos finos tomando en consideración el tamaño granulométrico, en la primera se encuentran las gravas y arena y en el segundo grupo S encuentran los limos y arcilla representando con letras GSCM en caso de los suelos gruesos se le acompaña con los términos mal graduada y bien graduada (w), y para los finos de alta o baja plasticidad (LH). (Occhi, 2022).

Figura 2

Clasificación, según SUCS

GW	Grava bien mezclada arena, grava con poca o nada de material fino, variación en tamaños granulares.	SM	Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy baja.
GP	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poca nada de material fino.	SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena-arcillosa.
GM	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa.	ML	Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limos arcillosos con ligera plasticidad.
GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava-arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.	CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a mediana, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras.
SW	Arena bien graduada, arenas con grava, poca o nada de material fino. Arenas limpias poca o nada, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaño intermedios.	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
SP	Arena mal graduada con grava poca o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.	MH	Limo inorgánico suelos finos granosos o limosos, micaceous o diatomaceous, limos elásticos.
CH	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas.		
OH	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicos.		
PT	Turba, suelos considerablemente orgánicos.		

Nota. Simbología SUCS, adaptado de (MTC, 2014).

2.2.1.1.2. Clasificación de suelos por tamaño de partículas

La mencionada tipología se refiere a la clasificación de un suelo según el tamaño del diámetro de sus partículas conformantes el proceso empleado es el denominado como análisis granulométrico el cual una vez realizado permite establecer los grupos en función de su tamaño como las gravas en un lado y por otro las arcillas, lo cual es un indicativo que según el tamaño mayor presenta una resistencia mayor. (Ibáñez, 2019).

Según el sistema de clasificación SUCS, agrupa a los suelos en grupos dos por grupo y que toman como línea de separación la tipología de suelo grueso y suelo fino entonces estos son grava, arena, arcilla y limo, un aspecto que también se encuentra en cada categoría los límites de plasticidad, lo cual es un indicativo también de la resistencia que pueden presentar.

Tabla 2

Clasificación de suelos

Sistema de clasificación	Tipo de suelo	Tamaño de partículas (mm)
SUCS	Grava	75 a 4.75 mm
	Arena	4.75 a 0.075 mm
	Limo y arcilla (finos)	Menor a 0.075 mm
AASHTO	Grava	75 a 2.00 mm
	Arena	2.00 a 0.05mm
	Limo	0.05 a 0.002
	Arcilla	Menor a 0.002 mm

Nota. Clasificación de suelos.

2.2.1.1.3. Propiedades de los suelos

Las propiedades que presentan cada tipo de suelo son muy variables, pero estas son muy importantes ya que tienen una incidencia directa sobre la capacidad de soportar cargas y sobre todo su comportamiento frente a agentes externos e internos ambientales

(Gonzales, 2020). Estas cualidades están categorizadas en tres aspectos físicas, químicas y mecánicas las cuales son fundamentales al momento de desarrollar un proyecto de construcción civil en sus diferentes tipologías.

Características físicas:

1. Granulometría.

- Referida a como está compuesto un suelo en función del tamaño de sus partículas las cuales las separan en cuatro tipologías grava, arena, limo y arcilla.
- La distribución de los granos marca una línea muy visible entre las características de permeabilidad y resistencia de soporte de cargas.

2. Textura.

- Es una de la característica que presenta el suelo en el contexto físico la cual es la relación proporcional de partículas que componen el suelo.
- Según las características que se traducen en la tipología del suelo favorecen comportamientos e inversamente sobre todo en el caso de los suelos finos donde los aspectos de permeabilidad y cohesión están presentes en mayor grado. (Gonzales, 2020).

3. Humedad natural.

Es unas características la cual refleja la proporción de agua contenida en el suelo siendo aspectos como los límites de plasticidad y otros siendo un factor de vital importancia sobre todo en caso de constituir obras viales.

4. Densidad y peso específico.

- Este aspecto está relacionado al cociente que se obtiene de dividir la masa entre el volumen del mismo, en lo que corresponde al peso específico se refiere al peso que presenta las partículas de orden solido medidos bajo la unidad volumétricas.
- Los mencionados son de vital importancia sobre todo cuando se desarrollen trabajos de compactación.

5. (Límites de Atterberg).

- Aspectos que solo están presentes en lo suelos de categoría fina, los cuales albergan los factores de contenido de humedad LL y LP dando lugar al índice de plasticidad. (Gonzales, 2020).
- Estas características nos permiten determinar evaluar ciertas condiciones que pueda presentar los suelos finos.

Propiedades mecánicas:

6. Resistencia al esfuerzo cortante.

Propiedad del suelo de poder soportar cargas distribuidas a lo largo de emplazamiento de la estructura pero con la condición de no presentar fallas las cuales se manifiestan en asentamientos considerables los cuales afecta a la estructura a la cual soporta esta característica inherente del suelo están influenciada por la tipología del suelo cohesión y el Angulo de fricción interna aspectos que generalmente son de más importancia cuando se diseña cuando se diseña estructuras de protección (Gonzales, 2020).

7. Compresibilidad.

- Es la propiedad del suelo que cuando se le aplica una carga uniforme y está empieza a disminuir su volumen eliminando los espacios ocupados por el aire, lo cual son consideraciones básicas al momento de diseñar obras viales.

8. Permeabilidad.

- Es la capacidad que tiene los suelos de poder permitir que el agua pueda fluir a través de su composición es decir de sus poros, generalmente esta capacidad está más presente en los suelos de características granulares.

9. Capacidad de soporte.

- Propiedad del suelo de poder soportar cargas distribuidas a lo largo de emplazamiento de la estructura, pero con la condición de no presentar fallas en lo que corresponde a obras viales esta se determina mediante el desarrollo del

ensayo de cbr el cual debe estar bajo los rangos establecido en la normativa peruana según sea la capa estructural de diseño esto relación a vías.

10. Expansividad y retracción.

Condiciones que son inherentes a suelos finos con un alto nivel de plasticidad es decir los suelos arcillosos los cuales manifiestas cambios en el volumen cuando la capacidad de absorber aguas varias se incrementa o baja, esta cualidad es muy perjudicial en estructuras que se asientan sobre este tipo de suelos. (Gonzales, 2020). Estas estructuras puede ser cimientos o suelos de subrasante.

2.2.1.1.4. subrasante y su importancia en vías

- ✓ Es la base de la estructura del pavimento sobre la cual se conforman las distintas capas de una obra vial (pavimento). Es la capa que soporta y disipa las cargas del peso de los vehículos que trasmite la estructura (Paucara, 2022).
- ✓ Dependiendo de su resistencia y cuan estable esta capa influye directamente en las capas que esta n sobre este vale decir suba base, base y carpeta de rodadura.
- ✓ Si la capa en mención presenta una resistencia baja se requerirá capas de mayor estrato o espesor que estén sobre ella o en todo caso para la mejora de su capacidad de soporte se empleará métodos de estabilización.

Comportamiento ante cargas de tránsito.

- ✓ Esta capa es la recibe todas las cargas fundadas por el tráfico vehicular y esta las transmite a la capa inferior del suelo.
- ✓ Si la capa en mención presenta una capacidad de soporte baja o una característica en el aspecto de compresibilidad alta esto se traduce en fallas y deformaciones sobre la capa superior (carpeta de rodadura).

Control de deformaciones y asentamientos.

- ✓ Si se tiene una subrasante que presenta un grado de compactación alta y compacta se evita que en lo posterior se presente asentamientos perjudiciales.

- ✓ Así mismo se evita que sobre la carpeta de rodadura se presente anomalías como grietas baches afectando la comodidad del beneficiario.

Relación con la permanencia hídrica.

- ✓ Para que el pavimento logre una vida útil según su diseño el aspecto de permeabilidad frente a la humedad que presenta la subrasante debe ser optimo, debiendo tener en cuenta que los suelos a nivel de subrasante que presentan una plasticidad alta son los más propenso a poder ocasionar fallas sobre la estructura.

Necesidad de estabilización.

- ✓ En una mayoría de casos las propiedades que presentas los suelos a nivel subrasante están por debajo de lo que la normativa solicita por cual se requerirá a métodos como la estabilización tradicional para mejorar sus características.
- ✓ Además de la estabilización tradicional hoy en día a través de varios estudios se está empleando materiales no tradicionales la cual ha incidido en forma postica sobre las características como la plasticidad (Paucara, 2022).

2.2.1.2. Suelo de subrasante

La capa de suelo a nivel de subrasantes es la capa de orden natural sobre la cual se constituye la estructura de las demás capas que conforma el pavimento en sus diversos tipos esta capa además de ser la capa que brinda soporte a las demás capas es la encargada de recibir y transmitir todas las cargas que se producen por el concepto de tráfico y seguidamente disiparlas hacia las capas inferiores del subsuelo eh ahí donde radica su rotunda importancia, de ahí que en gran parte el comportamiento optimo del pavimento sea el que sea está directamente entrelazada con las particularidades que presenta a la capa de subrasante.

La gran importancia de esta capa de presentar la capacidad de soporte denominada resistencia al corte está directamente relacionada a diversos factores yaes como la constitución granulométrica de la misma, la plasticidad que presenta, densidad y compresibilidad, una subrasante que presenta una capacidad de soporte la cual es una

condicionable que se produzca una óptima transmisión de cargas vehiculares para su disipación sin presentar deformaciones u otros los cuales inciden directamente en la estructura superior. La presencia muchas veces de suelos como las arcillas de tipo expansivas suelen ser en la mayoría de casos muy comunes de encontrar como subrasantes de caminos donde se pretende consolidar una carretera de orden los cuales por sus características requieren un proceso de estabilización o en mucho caso un cambio total (Collantes, 2023).

Dentro del contexto ingeniería en la rama vial este elemento denominado subrasante es fundamental e indispensable para tener una estructura idónea llamado pavimento siendo está un tipo de obra vial muy importante por la ventaja que provee. Las características que presente la subrasante define o incide en varia de las capas superiores por ejemplo determina el espesor de sub base o base que se empleara, así como si se necesita aplicarse alguna tipo de estabilización de orden químico físico o mecánico todo esto con la finalidad de que si la capas presenta valores muy inferiores a lo que cita el MTC estos pueden mejorar bajo el tratamiento seleccionado, entonces dentro de este aspecto salta a relucir la aplicabilidad e métodos no tradicionales los cuales emplean materiales como la lutita ceniza materiales no tradicionales como elementos que mejora las cualidades de la subrasante.

2.2.1.2.1. Elementos incidentes en el comportamiento de la subrasante

El desenvolvimiento de la subrasante como elemento conformarte de una vía es afectada por factores los cuales inciden en su comportamiento y durabilidad una de lo esos factores es su composición granulométrica, la cual en conjunto es responsable de como esta reaccione a las cargas de tráfico vehicular y la capacidad de poder resistir los cambios de humedad, siendo lo suelos granulométricos los que presentan un mejor desarrollo frente a lo solicitado ofreciendo una mejor estabilidad y resistencia de soporte a comparación de los suelos que presentan finos. (Vilca, 2022).

Sin duda otro factor que tiene que ver mucho con el normal desarrollo del elemento es la humedad ya que un cambio de este aspecto produce expansiones o retracciones del suelo, lo cual tiene un efecto instantáneo sobre las demás capas que residen sobre la subrasante, la cual puede producir anomalías tales como grietas baches solo por citar algunas así mismo la sola presencia del agua inciden en la capa de soporte de la misma teniendo un efecto directo reduciendo esta capacidad.

Otro factor a considerar y que es de vital importancia es la capacidad de tráfico vehicular ya que el efecto continuo de cargas que generan los vehículos genera grandes esfuerzos, lo cual si se tiene un tránsito vehicular pesado y una capacidad de resistencia que no pueda soportar estas cargas se producirá asentamientos y deformaciones. lo cual afectaría la estructura del pavimento. Por esta razón es muy importante contar con una con una capa que presente una capacidad alta en aquellas zonas donde se presenten cargas vehiculares altas. (Vilca, 2022).

Siguiendo con las descripciones de los factores que afectan directamente el comportamiento de los suelos de subrasantes se encuentra el clima la cual se manifiesta a través de lluvias frecuentes, variaciones en temperatura, sequías en algunos meses lo cual afecta en aspectos como la humedad y la consistencia de mismo suelo, lo cual desencadena expansiones o retracciones es especial en las zonas donde se registran efectos constantes de clima lo cual incluso lleva a desarrollar alternativas de mejoramiento a través de métodos de estabilización química.

2.2.1.2.2. Caracterización del suelo subrasante

Las propiedades que presenta este elemento son fundamentales ya que en conjunto inciden directamente en el normal desarrollo de una vía. (Cieza, 2023)., se describen las siguientes propiedades:

- 1. Textura y granulometría:** La granulometría esta referida a como está compuesto un suelo en función del tamaño de sus partículas las cuales las separan en cuatro tipologías grava, arena, limo y arcilla La distribución de los granos marca una línea muy

visible entre las características de permeabilidad y resistencia de soporte de cargas mientras que la textura Es una de la característica que presenta el suelo en el contexto físico la cual es la relación proporcional de partículas que componen el suelo. Según las características que se traducen en la tipología del suelo favorecen comportamientos e inversamente sobre todo en el caso de los suelos finos donde los aspectos de permeabilidad y cohesión están presentes en mayor grado. (Gonzales, 2020).

2. **Plasticidad:** Es la capacidad que presenta el suelo que le permite deformarse abajo la aplicabilidad de una carga, pero con la condición de que no presentar agrietamientos. Esta propiedad está presente en lo suelos finos si bien es una propiedad que en ciertas circunstancias son positivos son muy perjudiciales cuando estas experimentan un cambio volumétrico lo cual puede afectar a las capas superiores afectando la estabilidad (Cieza, 2023).
3. **Capacidad portante (CBR):** Es la propiedad del suelo de poder soportar cargas distribuidas a lo largo de emplazamiento de la estructura, pero con la condición de no presentar fallas en lo que corresponde a obras viales esta se determina mediante el desarrollo del ensayo de cbr el cual debe estar bajo los rangos establecido en la normativa peruana según sea la capa estructural de diseño esto relación a vías.
4. **Densidad y grado de compactación:** Se refiere al peso que presenta las partículas de orden solido medidos bajo la unidad volumétricas, en lo que a la compactación se refiere Es la propiedad del suelo que cuando se le aplica una carga uniforme y está empieza a disminuir su volumen eliminando los espacios ocupados por el aire, lo cual son consideraciones básicas al momento de diseñar obras viales (Cieza, 2023).
5. **Humedad:** Es una característica la cual refleja la cantidad de agua que un suelo puede retener siendo aspectos como los límites de plasticidad y otros siendo un factor de vital importancia sobre todo en caso de constituir obras viales.
6. **Resistencia al corte:** Propiedad del suelo de poder soportar cargas distribuidas a lo largo de emplazamiento de la estructura pero con la condición de no presentar fallas las cuales se manifiestan en asentamientos considerables los cuales afecta a la estructura

a la cual soporta esta característica inherente del suelo están influenciada por la tipología del suelo cohesión y el Angulo de fricción interna aspectos que generalmente son de más importancia cuando se diseña cuando se diseña estructuras de protección (Gonzales, 2020).

7. **Mineralogía y composición química:** Una de los aspectos a considerar dentro de un suelo subrasante es su composición química ya que si el suelo presenta una composición de elementos que en contacto con el agua causas expansiones conocer su composición permite a su vez poder aplicar metodologías de tratamiento para poder mejorar sus características (Cieza, 2023).
8. **Estructura interna:** La estructura interna de un suelo esta referida a la disposición espacial de las partículas sólidas y los espacios vacíos es decir un suelo con una composición interna la cual presente menos es espacios vacíos presentara una resistencia mejor mientras que lo suelos con estructura dispereja provoca que se susceptible a presentar asentamientos lo cuales producirían anomalista en la capa superior.

2.2.1.3. *Lutita*

A lo largo del tiempo geológico, las partículas de arcilla y limo son las responsables de la alineación de este elemento con un tamaño de grano muy pequeño. La estructura laminada o estratificada de este material es lo que lo distingue de otros materiales y hace que sea fácil de dividir en capas finas. Una parte importante de su composición mineralógica está compuesta por silicatos, óxidos y otros minerales, que le dan esas cualidades que pueden utilizarse en aplicaciones de ingeniería. (Estrada, 2021)

Este material presenta una baja permeabilidad a razón de que tiene una cohesión alta, el esquisto se considera eficaz como agente estabilizador del suelo en el ámbito de la ingeniería geotécnica. Lo cual ayuda a mejorar la granulometría, aumenta la densidad y resistencia, empleándose en aquellos suelos que presenta una mala calidad. Del mismo modo, dado que contiene minerales arcillosos y compuestos silíceos, el esquisto es capaz

de participar en procesos físicos y químicos que reducen la flexibilidad de los suelos finos. Esto, a su vez, hace que los suelos finos sean más resistentes a la fuerza de las cargas y la humedad. La Lutita por las características que presenta es bastante aplicado en el ámbito de la ingeniería especialmente como elemento estabilizador su uso como agente estabilizador mejora las características de los suelos fino esto claro con dosificaciones controladas lo cual se traduce en un mayor tiempo de duración de la estructura y por lo consecuente una disminución de los costos enfocadas a las acciones de mantenimiento. (Estrada, 2021)

Considerando sus efectos sobre el suelo subrasante al poder mejorar las propiedades de este se suma que es un método que no presentan incidencias mayores sobre el medio ambiente representando así una alternativa muy sostenible a esto a también cabe menciona que este elemento se encuentra en muchas regiones por lo cual es fácil de poder encontrar, por lo cual su incorporación o empleo en obras viales resultare ser muy beneficioso.

Figura 3

Lutita



Nota. Lutita, tomado de Geologiaweb.

2.2.1.3.1. Características de la lutita en aspectos de minerales

La lutita es una roca de origen sedimentario constituida por granos finos los cuales a través de un proceso de compactación y litificación llegan a adquirir ciertas propiedades, por lo tanto, su composición mineralógica (Jiménez, 2020). La misma se distingue de otros materiales por presentar ciertas características las cuales se dan a conocer bajo las siguientes líneas:

- **Minerales arcillosos predominantes:** Este material está conformado por diversos minerales como la caolinita y clorita estos elementos le confieren a la lutita plasticidad y el poder presentar expansión.
- **Contenido de cuarzo y feldespatos:** La lutita además que en su composición existan minerales con características arcillosas, también dentro de su composición se puede identificar elementos como el cuarzo y compuestos de feldespatos los cuales le dan la propiedad de resistencia y le otorga dureza.
- **Materia orgánica y óxidos de hierro:** La lutita en sus diversos tipos presenta en proporciones variables material orgánico lo que le produce al material presentar un color oscuro así mismo también dentro de su composición se identifica la presencia de óxidos la cual incide en la tonalidad del material (lutita) y de paso contribuye al proceso de formación (Jiménez, 2020).
- **Estructura laminada:** gracias a la alineación de los minerales tales como el esquistos presentan una estructura laminada o esquistosa.
- **Grano muy fino:** El material (lutita) está conformado por partículas cuyo diámetro es menor de 0,004 mm, gracias a esta constitución presenta una capacidad baja permeabilidad baja y una cohesión alta, pero a su vez esto la hace propensa a ser afectada por la degradación tanto química como natural.
- **Mineralogía variable según el ambiente de depósito:** Debido a la exposición según los entornos este material tiende a ser influenciado según la mineralogía presente encontrándose en los entornos marinos minerales como filosilicatos mientras que

entonos terrestres está la caolinita, la montmorillonita las cuales son factores que provoca expansión del mismo.

➤ **Tabla 3**

Resumen de las características de la lutita

Características	Descripción
Composición	Minerales de arcilla, cuarzo, feldespato, calcita, materia orgánica
Textura	Laminada, fisilidad, grano fino (<0.063 mm)
Color	Gris, negro, verde, rojo, marrón
Dureza	Baja a media (2-3 en la escala de Mohs)
Porosidad	Baja
Permeabilidad	Baja
Fisibilidad	Alta (se divide en láminas delgadas)
Ambientes de formación	Lagos, estuarios, mares profundos, cuencas sedimentarias
Usos	Reservorios de hidrocarburos, materias primas, estudios geológicos

Nota. Características de la lutita. Adaptada de *Jiménez (2020)*.

2.2.1.3.2. Caracterización de la lutita

Este elemento es de origen sedimentario constituidas por granos finos los cuales a través de un proceso de compactación y litificación llegan a adquirir ciertas propiedades, por lo tanto, su composición mineralógica incide de manera constante en sus propiedades. (Quintana, 2023). Se distinguen las siguientes características:

1. Propiedades físicas:

- Textura: El material (lutita) está conformando por partes cuyo tamaño diametral es menor de 0,004 mm, gracias a esta constitución presenta una capacidad baja permeabilidad baja y una cohesión alta, pero a su vez esto la hace propensa a ser afectada por la degradación tanto química como natural
- Color: La coloración tiende a variar debido al que este presenta óxidos de hierro o compuestos orgánicos. Presentando colores como gris, marrón rojizo

- Estructura: Este material presenta una laminación característica, lo que facilita su división en láminas estrechas.
- Permeabilidad: Extremadamente baja ya que los proceso des compactación sobre este y gracias a su composición de granos menos de 0.004 mm la hace casi impermeable.
- Plasticidad: Gracias a que estos constituidos minerales arcillosos su capacidad plástica es alta (Quintana, 2023).

2. Propiedades químicas:

- Se caracteriza por una alta concentración de minerales terrosos como la (illita, y otros). los cuales están a su vez compuesto por cuarzo y feldespatos, con cantidades menores de óxidos de hierro.
- Puede contener materiales orgánicos y sulfuros que, al entrar en unión con el oxígeno y agua, pueden facilitar el desarrollo de procesos de desintegración.
- Muestra un alto grado de reactividad química, especialmente cuando se expone a minerales arcillosos expansivos.

3. Propiedades mecánicas:

- Resistencia a la compresión: Presenta una capacidad de resistencia generalmente de baja a un nivel moderado lo cual está estrechamente al grado de compactación natural que presente.
- Resistencia al corte: Presenta una capacidad muy baja lo cual la hace propensa a poder ceder. (Quintana, 2023).
- Expansividad: Esta puede generar efectos como retracción o hinchamientos en un grado alto siempre en cuando el material presente en su composición la montmorillonita.
- Durabilidad: Esta tiende a reducirse cuando los niveles de humedad son altas dando lugar a la susceptibilidad de desintegrarse.

2.2.1.3.3. Aplicaciones de la lutita como agente estabilizador

El material (lutita) debido a su composición química y a reacción con otros elementos (aditivos) es un material el cual presenta diversas aplicaciones una de ella es su empleo como agente estabilizador siempre enc8uando esta sea empleada en dosificaciones controladas, se presenta a continuación los usos más frecuentes de este material. (Ordóñez, 2022)

- a) Como material puzolánico: Al presentar dentro de su composición minerales este al ser sometido a procesos de quemado la lutita adquiere características similares a la de la puzolana lo cual al combinar con la cal adquiere propiedades cementantes lo cual le confiere particularidad de mejora cuando se emplea como agente estabilizador.
- b) Mezcla con cal para suelos arcillosos: El empleo del material (lutita) en conjunto con otro elemento (cal) afecta directamente sobre la plasticidad de los suelos de tipo arcilla, reduciendo así su propensión a expandirse y contraerse., esenciales para carreteras ubicadas en regiones con altos niveles de humedad.
- c) Como sustituto de cemento: este material al encontrarse en un estado más fino previo proceso de calcinación puede emplearse hasta cierto grado como sustituto del cemento Lo cual reduce los gastos de uso del mismo, su uso facilita la reacción puzolánica en contacto con el suelo lo cual mejora ciertas cualidades del mismo.(Ordóñez, 2022).
- d) Expansividad: Gracias a sus propiedades puzolánicas este material contribuye a la estabilización de suelos ya en su composición se encuentra la montmorillonita, mitigando así problemas relacionados con grietas y imperfecciones causadas por fluctuaciones en los niveles de humedad.
- e) Afectación sobre capacidad de soporte (CBR): Los suelos modificados con este material presentan una mayor resistencia lo que resulta en una mayor CBR. Esto es crucial para poder desarrollarse óptimamente soportando y disipar las cargas provenientes de la propia estructura y la que aporta el tráfico circulante. (Ordóñez, 2022).

- f) Beneficio como recurso: En zonas con importantes depósitos de esquisto, la aplicación del material como agente estabilizador ofrece ventajas considerables, ya que disminuye la necesidad de flete de materiales ya adquisición de aditivos con un costo alto. Esta estrategia no solo reduciendo aspectos de traslado y otros relacionados, fomentando así una metodología de construcción más responsable hacia el medio natural.

2.2.1.4. Ceniza de eucalipto

En el proceso de quema controlada de madera de eucalipto, se produce un subproducto conocido como ceniza de eucalipto. Se ha descubierto que este subproducto es rico en óxidos minerales, entre los que se incluyen el óxido de calcio (CaO), el dióxido de silicio (SiO_2), el óxido de aluminio (Al_2O_3) y, en menor medida, el óxido de magnesio y el óxido de hierro. Como resultado de estos compuestos, tiene un carácter puzolánico, lo que se está relacionado con su cualidad de poder reaccionar con la cal y por ende con la humedad para producir compuestos cementosos. Por ello, es un material de gran importancia en el campo del mejoramiento de suelos por sus usos directamente relacionadas con las carreteras. (Maldonado, 2023).

Como aditivo natural que mejora las cualidades del suelo, este material es beneficiosa desde el punto de vista geotécnico. La adición de este material en cantidades controladas tiene el efecto sobre diversas propiedades. Un ejemplo altera positivamente el estado plástico del suelo el cual disminuye lo cual hace que el suelo presente un desarrollo frente a las sollicitaciones de carga mejor. Estas son propiedades son notablemente presentes en suelos finos como las arcillas y/o limos o una combinación de ambos que tienen una capacidad de carga limitada. Al igual que en el ejemplo anterior, la interacción entre los compuestos mencionados en contacto con el agua resultan beneficiosos. Estos compuestos refuerzan la distribución interna del suelo y prolongan su estabilidad.

Dado que utiliza residuos orgánicos que abundan en las regiones forestales y rurales, el uso de ceniza de eucalipto en la ingeniería vial ofrece una opción económica y

sostenible. Esto se debe a que evita la eliminación inadecuada de residuos orgánicos, lo que a su vez podría tener efectos negativos en el medio ambiente. Además, al tratarse de una sustancia de origen local, reduce considerablemente el aspecto de costo de adquisición y de transporte de los aditivos tradicionales, lo que a su vez promueve formas de construcción más responsables desde el punto de vista ecológico. (Maldonado, 2023).

Figura 4

Cenizas de eucalipto



Nota. Ceniza de eucalipto. Adaptada de Maldonado (2023)

El residuo que se recoge después de quemar madera de eucalipto se conoce como ceniza de eucalipto. Esta sustancia tiene una gran cualidad de poder emplearse como agente estabilizador del suelo cuando se trata de conformación de obras viales, mejorando así las propiedades del suelo base (subrasante). Inciendiando en que la estructura vial presente un buen desempeño y una vida útil mucho mayor de la que fue diseñada. (Maldonado, 2023).

2.2.1.4.1. Caracterización de la ceniza de eucalipto

Con propiedades físicas, químicas y puzolánicas, este elemento es un componente importante para mejorar las cualidades de suelos que presentan características muy bajas en cuanto a su resistencia o que presentan una plasticidad alta. La cual se obtiene de la quema de madera y corteza de la misma, (Aguiar, 2023). Se da a conocer sus principales características:

a. Características físicas:

- Es una sustancia que tiene una textura fina y partículas de menos de 75 micras, lo cualidad de tamaño que permite desarrollar una mezcla homogénea y compacta entre estos.
- El color de la sustancia puede variar entre gris claro y gris oscuro, en función de la temperatura que se produce durante su quemado.
- La densidad aparente de este material es bastante baja, lo que hace que sea ligero si lo comparamos con otros materiales.

b. Características químicas:

- Los componentes principales que conforman esta sustancia son óxidos de calcio (CaO), (SiO_2), (Al_2O_3), (Fe_2O_2), (MgO) y (K_2O).
- Es capaz de reaccionar con el hidróxido de calcio en presencia de agua porque tiene cualidades puzolánicas, que son el resultado de la presencia de sílice reactiva en su composición.
- Debido a su alcalinidad, los suelos arcillosos experimentan una reducción de su flexibilidad, lo que se traduce en un aumento de su condición de estabilidad.

c. Características mecánicas en suelos:

- Como resultado, se alivian tanto el índice de plasticidad como la expansividad de los suelos arcillosos.
- El desarrollo de compuestos cementosos da lugar a un aumento la capacidad de soportar las cargas de las demás capas y al cizallamiento de los suelos que han sido tratados.
- Se incrementa el índice de soporte de California (CBR), lo que da lugar a un aumento de la capacidad de soporte del material de la subbase.
- Aumenta la densidad del suelo reduciendo el contenido óptimo de humedad para compactar el suelo.

d. Características ambientales :

- Debido a que se produce mediante el proceso de combustión (quemado) elementos como ramas y hojas es un subproducto muy abundante y relativamente asequible.
- Al ser material sustituto en cierto grado del cemento y cal permite una reducción de residuos y emisión de gases nocivos para el medio natural.
- Con el fin de estabilizar el suelo en proyectos de infraestructura vial, es una opción respetuosa con el medio ambiente y asequible.

2.2.1.4.2. Composición química y propiedades puzolánicas

Este elemento se distingue por sus características de presencia de elementos químicos, que contienen bastantes óxidos, así también por sus peculiaridades puzolánicas. Estas características le dan al material características ventajosas frente a otras para la estabilidad del suelo y para su uso como ingrediente en materiales mixtos cementosos. Se dan a conocer con más detalle lo siguiente:

1. Composición química.

La composición está definida por la conjunción de varios elementos, entre los que se incluyen la tipología de eucalipto encontrado, su edad y tipología del suelo donde creció y la destemplanza a la cual fue sometida inciden directamente en su composición, la cual en su gran mayoría se componen de los siguientes elementos.

- La sílice (SiO_2) es el elemento que le da a esa característica puzolónica, con un porcentaje que oscila entre el 30 y el 55 %.
- El óxido de calcio (CaO) incide en la disminución de la flexibilidad y la mejora de la resistencia, con un porcentaje que oscila entre el 10 y el 25 %.
- Con una concentración del 5 al 15 %, el (Al_2O_3) interviene en la creación de aluminatos los cuales son los responsables de la mejora la estabilidad del material.
- La presencia de óxido de hierro (Fe_2O_4), que incide en su coloración y le da cierto grado de resistencia, oscila entre el 2 y el 10 %.
- el (MgO): 1-5 % es el responsable de brindar que la sustancia (ceniza) sea estable

- (K_2O) y (Na_2O): en una proporción que están entre 2 y 8 %. Ambos elementos contribuyen a la alcalinidad, pero cuando están presentes en cantidades excesivas,
- La pérdida por combustión (LOI) es una medida que indica la presencia de materiales orgánicos y carbonatos no quemados. Oscila entre el 3 y el 8 %.

2. Propiedades puzolánicas.

A pesar de que la ceniza de eucalipto no posee por sí misma ninguna cualidad cementosa, se clasifica como material puzolánico. Esta clasificación indica que se produce una sufre una respuesta química entre el $[Ca(OH)_2]$ en contacto con el agua, lo dando lugar a materiales cementosos estables. (Aguilar, 2023).

- Uno de los principales factores que contribuyen a la resistencia mecánica de los suelos estabilizados es la formación de silicatos de calcio hidratados, también conocidos como compuestos C-S-H.
- La formación de aluminatos de calcio hidratados (C-A-H) es un proceso que mejora la durabilidad del material frente a la humedad y permite una mayor cohesión.
- La reducción de la plasticidad se produce cuando los procesos químicos consumen minerales arcillosos activos, lo que da lugar a una disminución de la expansividad y a la contracción de los suelos causada por el proceso.
- Incremento de su capacidad de soporte, la cual se consigue mediante el refuerzo de la estructura del suelo a través del proceso de reacciones puzolánicas, que también mejoran la resistencia en sus diversas formas del suelo.
- Al formar sustancias químicas menos solubles se vuelve más resistente a la erosión y a la humedad. Esto da como resultado una mayor durabilidad.

2.2.1.4.3. Cualidades beneficiosas del empleo de ceniza de eucalipto

Este elemento no tradicional ha surgido como una alternativa viable y ambientalmente racional para la estabilización del suelo, debido a su abundancia de

componentes químicos que exhiben características tanto cementantes como puzolánicas.

(Cristobal & Quinte, 2022). A, ser empleado como:

- ✚ Mitigación de la plasticidad y expansividad: La incorporación de ceniza de eucalipto en suelos arcillosos disminuye el índice de plasticidad, disminuyendo así la propensión a la hinchazón y contracción y mejorando la estabilidad volumétrica.
- ✚ El aumento de la resistencia al corte y compresión bajo las condiciones de aplicabilidad de sustancias como la ceniza se debe a la cantidad de sílice que reacciona que contribuye a los procesos puzolánicos que forman (C-S-H). Esto se traduce en una mejor resistencia mecánica..
- ✚ Incremento de la capacidad portante (CBR): Como resultado del gran aumento en la capacidad portante que demuestran los suelos que han sido estabilizados con ceniza de eucalipto, los cuales son más adecuados como subrasante o como elementos sobre los cuales se cimentara o en obras viales según estudios.
- ✚ Mejora de compactación y densificación: La ceniza facilita la obtención de densidades secas mejoradas y disminuye el contenido de humedad óptimo requerido para la compactación, simplificando así las operaciones de campo. (Cristobal & Quinte, 2022).
- ✚ Durabilidad y resistencia a efectos ambientales: La estabilización del suelo utilizando este elemento mejora su resiliencia a las fluctuaciones de humedad, extendiendo así la vida útil operativa de la infraestructura soportada.
- ✚ Enfoque en el aspecto económico: El empleo de este elemento ofrece la oportunidad de reutilizar un subproducto de origen tradicional o industrial, evitando así el poder emplear materiales convencionales como el yeso o el cemento. Este enfoque reduce, a su vez, tanto los gastos de estabilización como las consecuencias ambientales.

2.2.2. Estabilización de suelos

Este proceso mejora las propiedades mecánicas del suelo, mejorando así su resistencia, durabilidad y estabilidad. Su aplicación es especialmente relevante cuando las que presenta la subrasante son malas las cuales requieren o bien un proceso de

estabilización o en el peor de los casos en un cambio total de material lo cual se traduce en un gasto enorme. Este proceso implica la modificación de las características físicas, mecánicas o químicas del suelo para mejorar su idoneidad como material de soporte o subrasante. (Linares, 2019).

Inicialmente, la estabilización puede lograrse mediante técnicas mecánicas o físicas, como la reducción de espacios vacíos a través de la aplicación de cargas, la mezcla con suelos de partículas mayores o la sustitución de materiales débiles por alternativas de mayor calidad. Las mencionadas alternativas son aplicables cuando el suelo presenta una densidad muy baja y por ende una humedad considerable o una distribución indeseable del tamaño, lo cual si se desarrolla lo mencionado mejorará las capacidades de soporte.

Se pueden utilizar aditivos tradicionales o emplear elementos no tradicionales en el proceso de estabilización química, que constituye el segundo tipo de estabilización. Estos aditivos tienen la capacidad de reaccionar con los componentes químicos que presenta el suelo, lo que resulta en un cambio en la plasticidad del suelo y un aumento en la capacidad de soporte del mismo siendo los materiales citados (lútila y ceniza) los que presentan a dar esas mejoras positivas estas siendo objeto de estudios recientes. Estos materiales proporcionan atribuciones de minerales y otros con características similares a la puzolana las cuales mejoran el rendimiento del suelo. (Linares, 2019).

La capacidad de actuar como agente estabilizador mejorando en algunos casos enormemente sus capacidades y propiedades. Esto no solo extiende la vida útil de las carreteras, así mismo minimiza los gastos asociados con el transporte y la reparación de materiales. Además, aporta la costumbre de emplear elementos que no sean perjudiciales o que causen un impacto al medio natural.

2.2.2.1. Estabilización de los suelos arcillosos

Los suelos arcillosos son un tipo de material que suele presentar desafíos en el contexto de proyectos de ingeniería. La estabilidad de la infraestructura vial se ve afectada

significativamente por estas propiedades, que inducen expansión, contracción y asentamiento diferencial. Por esta razón, es necesario el uso de metodologías en base al uso de métodos no tradicionales que permitan mejorar sus cualidades y permitan su uso como componente de la subrasante o de las capas de soporte de las obras viales. (Peralta, 2023).

Mezclar material arcilloso con materiales como arena o grava es uno de los métodos más comunes de estabilización mecánica, y también uno de los más utilizados. Además de mejorar la resiliencia del suelo a la compactación, este procedimiento también mejora la distribución granulométrica y reduce su flexibilidad. Al mismo tiempo, para reducir el riesgo de sufrir deformaciones en la estructura de la arcilla es necesario asegurar los niveles de humedad y lograr una compactación adecuada.

Por otro lado, se ha demostrado que la estabilización química es muy eficaz en suelos arcillosos. Además de proporcionar al suelo tratado una mayor durabilidad, la aplicación de cal, por ejemplo, reduce la flexibilidad del suelo y mejora su resistencia mediante reacciones de floculación y aglomeración durante el proceso de tratamiento. Por otro lado, la resistencia al corte y la rigidez del cemento aumentan considerablemente, lo que le da la categoría de elemento o agente estabilizador ideal para zonas donde el tráfico vehicular es considerado.

Diversos estudios que han sido desarrollados recientemente han explorado el uso de materiales no tradicionales (lulita y ceniza), caracterizada por su contenido de sílice y óxido, y la pizarra, que ofrece permanencia geológica. Estos materiales han demostrado su capacidad para mejorar la cohesión y mitigar la deformabilidad de suelos arcillosos deficientes. (Peralta, 2023).

La importancia de estabilizar suelos arcillosos reside en su capacidad para convertir un material con características no idóneas en un material que presenta cualidades óptimas en los aspectos de soporte, durabilidad. Esto mejora el aprovechamiento de los recursos propios de la zona, reduciendo los costos directos por el concepto de flete y otros.

2.2.2.2. Objetivos del método de estabilización

El objetivo principal de la estabilización del suelo es mejorar sus propiedades para garantizar su utilización eficaz y segura en la construcción de carreteras, cimientos y otras estructuras. (Peralta, 2023). Se tiene las metas mas :

- Incrementar la capacidad de soporte: la subrasante debe ser capaz de soportar las cargas generadas por los edificios o el tráfico rodado sin deformarse. Esto es especialmente crucial en suelos con características como una alta plasticidad y que presentan cambios volumétricos constantes, cuya resistencia en su estado natural es mínima.
- Disminución de la plasticidad y expansividad: el proceso de estabilizando bajo el empleo predominantemente cal o compuestos alternativos, incide en la reducción de la plasticidad de los suelos finos e inhibe su expansión o contracción resultante de las variaciones de humedad, asegurando así una mayor estabilidad a largo plazo.
- Disminuir la compresibilidad: El objetivo de este estudio es mitigar los asentamientos diferenciales. Estos asentamientos se observan con frecuencia en suelos caracterizados por su blandura o heterogeneidad y pueden causar daños significativos a la superficie de la carretera o a cualquier estructura que se apoye en el terreno. (Peralta, 2023).
- Incremento de la resistencia al corte: cuando se desarrolla la estabilización con elementos no tradicionales (cenizas) se genera una mejora interna en los parámetros como son ángulo de fricción y la cohesión dando como resultado una mayor resistencia a las tensiones tangenciales, mitigando así el deslizamiento, la fractura y la deformación excesiva dentro del suelo estabilizado.
- Optimización del concepto de compactación: El desarrollo del proceso estabilizador permite alcanzar densidades altas con una menor energía mecánica, dando como resultado estratos de suelo más rígidos y uniformes que están mejor equipados para distribuir las cargas de manera efectiva.

- Aumentar la durabilidad: El suelo estabilizado exhibe una mayor resiliencia a las influencias climáticas, soportando eficazmente ciclos húmedos-secos o de congelación-descongelación, mitigando así el deterioro de la subrasante durante un período prolongado.
- Mejorar de la capacida de drenaje: En estratos (suelos) con alto contenido de arcilla, la transformación mitiga el aumento consdierable de agua por el contrario en suelos qe son altamentes permeables, sirve para reducir la filtración, estableciendo así un comportamoento equilibrado propicio para un rendimiento óptimo del pavimento.(Peralta, 2023).
- Facilidad de empleo de suelos locales: Un objetivo principal es minimizar los gastos evitando la necesidad de sustituir suelos inferiores por materiales superiores, ya que la estabilización permite la transformación de suelos de características baja en suelos apropiados para aplicaciones de construcción.
- Extension de la vida util de la estructura vial: El poder contar con una estructura con cualidades de durabilidad y estabilidad minimiza el poder generarse anomalías en la estructura conformantes, reduciendo así actividades de mantenimiento las cuales se traducen en un ahorro al no necesitarlas.

2.2.2.3. Métodos tradicionales de estabilización

Históricamente, estos métodos se han empleado en ingeniería para mejorar las características del suelo, con los objetivos de aumentar su resistencia, reducir su deformabilidad y mejorar la longevidad de las obras construidas. (Miranda, 2021). Los métodos que agrupan en los siguientes grupos característicos:

1. Estabilización mecánica:

- Este enfoque implica alterar la composición interna del suelo mediante la aplicación de energías concentradas a través de un elemento con la cual se desarrolla la compactación rigurosa o mezclando suelos de diferentes tamaños de partículas.

- La meta es minimizar los huecos, aumentar la densidad y lograr elemento más uniforme con mayor desarrollo de resistencia.
- Es el método más tradicional y sencillo de implementar, no obstante, su eficacia estará relacionado con el estado del suelo subyacente y del equipo empleado.

2. Estabilización con cal:

- Se emplea comúnmente en suelos con plasticidad alta (arcillas). La adición de cal disminuye su estado plástico, aumentando la confiabilidad del mismo e inicia una reacción química con los compuestos arcillosos, generando así compuestos cementantes que aumentan la capacidad de soporte (Miranda, 2021).
- Esta técnica es un medio fuerte para mitigar la expansión y poder mejorar la capacidad del suelo.

3. Estabilización con cemento Portland:

- Se añade una cierta cantidad de cemento al suelo, hidratándolo y creando elementos aglomerantes que mantienen unidas a la estructura interna del suelo.
- Incrementa la capacidad de soporte del suelo, disminuye la capacidad de deformación e incrementa la durabilidad a causa de los efectos del agua.
- Se utiliza ampliamente en vías con mucho tráfico y en suelos con una capacidad de soporte baja.

4. Estabilización a través de combinaciones de cal y cenizas

- La amalgama de cal y sustancias puzolánicas, como cenizas volantes inicia reacciones que optimizan sustancialmente la resistencia y la longevidad del mismo.
- Sirve como un sustituto rentable y ecológico.

5. Estabilización con asfalto o betún:

- Esta técnica se desarrolla saturando el suelo con asfalto en condiciones líquidas y en estados de emulsiones.
- Disminuye la permeabilidad, mejora la cohesión y ofrece resiliencia bajo tensiones dinámicas. (Miranda, 2021)

- Este producto se recomienda para su uso en donde la plasticidad es casi nula en el cual se requiere una mayor resistencia al agua y estabilidad al tráfico.

2.3. Marco conceptual

- a) **Ceniza de eucalipto.** - Además de presentar elementos como calcio, sílice y otros, la madera de eucalipto es un subproducto que se obtiene durante el proceso de quema. Contiene características aglomerantes (puzolánicas), las cuales en contacto con el agua producen compuestos cementantes que optimizan la resistencia del material estabilizado, aumentan su resistencia y minimizan su flexibilidad.
- b) **Compactación del suelo.** - Aumento de la densidad y la resistencia del suelo mediante un procedimiento mecánico que reduce el volumen de huecos. En la construcción de carreteras, es un componente crucial, ya que la tierra compactada eficazmente.
- c) **Estabilización de suelos.** - a través del desarrollo de técnicas se logra mejorar aspectos que van directamente ligados con la capacidad de soporte del suelo, mediante diversos métodos y procesos. Esto puede lograrse mediante métodos químicos tradicionales y no tradicionales empleo de diverso materiales o mecánicos (compactación o dispersión granulométrica).
- d) **Lutita.** - Esta roca sedimentaria caracterizada por su composición laminada, compuesta por partículas finas. Durante su trituración, se utiliza como agente estabilizado del suelo de la subrasante, mejorando la distribución granulométrica, disminuyendo la plasticidad e incrementando su propiedad de soporte.
- e) **Propiedades del suelo.** - El comportamiento del suelo en respuesta a cargas externas y circunstancias ambientales está determinado por sus características físicas y mecánicas. El diseño y el rendimiento de una carretera dependen de diversos parámetros importantes, como la densidad la plasticidad, resistencia a esfuerzos de corte y capacidad de soporte. Todos estos factores son fundamentales.



- f) Sostenibilidad de estabilización mediante métodos no tradicionales.** - Mediante los materiales no tradicionales los cuales son obtenidos mediante el desarrollo de procesos mecánicos y agrícolas, es posible optimizar la calidad del suelo, comprimiendo así los precios y eliminando los problemas ambientales que están relacionados con la utilización de aditivos tradicionales.
- g) Subrasante.** - La capa sobre la que se asienta toda la construcción del pavimento. Es la que provee que la estructura pueda funcionar adecuadamente, su comportamiento debe considerarse vital. Deformaciones, agrietamiento y colapso prematuro de la carretera son posibles consecuencias de una subrasante insuficiente.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

El presente estudio adopta un enfoque **cuantitativo**, Este estudio se enfoca en la adquisición y el examen de información numérica producto de análisis y realización de los diversos ensayos de carácter técnico de muestras de suelo recabadas de la vía en mención.

El diseño constituye un componente fundamental que establece la estructura y el enfoque para la adquisición de datos dentro de un proyecto de investigación. Un diseño bien concebido no solo agiliza la adquisición de datos pertinentes, sino que también valida la integridad y fiabilidad de resultados obtenidos. Hernandez y Baptista, (2014, pág. 198).

3.2. Tipo de la investigación

El presente estudio es de tipo **aplicada**, Teniendo en cuenta su objetivo de emplear sapiencias científicas técnicas para abordar un problema concreto relacionado el desempeño de soporte de la vía que conecta Juliaca y Mañazo, esta investigación trasciende la mera generación de conocimientos teóricos y busca, en cambio, proporcionar una solución práctica y duradera mediante la utilización de materiales de no tradicionales, como el esquistos y las cenizas de eucalipto.

La tipología de la investigación denota la categorización empleada por un estudio, dependiendo de sus objetivos y enfoque de la pregunta de investigación. Esta clasificación determina si la investigación tiene como objetivo desarrollar nuevos conocimientos teóricos, descripción de fenómenos, aclaración de relaciones causales o aplicación de información previamente adquirida a la resolución de problemas prácticos. (Hernandez & Baptista, 2014, pág. 198).

3.3. Nivel de la investigación

El mencionado estudio presenta un nivel **explicativo**, Este estudio no solo aclara las características del suelo de la subbase y el impacto de los aditivos, sino que también se esfuerza por determinar la relación causal entre la inclusión de pizarra y ceniza de eucalipto. Por lo tanto, esta investigación buscó aclarar los mecanismos por los cuales estos materiales afectan el comportamiento del suelo.

Este nivel denota el alcance que se tiene sobre el tema en mención, definiendo así el alcance del análisis y la naturaleza de los resultados obtenidos. El nivel explicativo se caracteriza por el objetivo de determinar las relaciones causales, estableciendo dependencias que facilitan la comprensión y la predicción del fenómeno objeto de estudio. (Creswell & Creswell, 2017).

3.4. Diseño de la investigación

El diseño del mencionado estudio es de carácter **experimental**, como resultado del hecho de que las variables incidentes en este caso los materiales LT Y CE en cantidades establecidas con el fin de investigar la incidencia de estos sobre el suelo patrón (subrasante). Las muestras se crearán en un laboratorio en condiciones controladas, añadiendo cantidades variables de los aditivos, y luego se analizarán utilizando procedimientos estandarizados.

Como marco completo que dirige el desarrollo del estudio, se elabora el diseño de la investigación. En él se describen los procedimientos para la recopilación, el análisis como el respectivo interprete de data, con el fin de dar una respuestas clara y concisa a la pregunta de investigación. Dentro de los parámetros de este escenario, el optar el diseño inciden en el orden secuencial de desarrollo. (Hernandez & Baptista, 2014, pág. 198)

3.5. Método de la investigación

El desplazado método en la presente fue el **científico**, Este procedimiento se lleva a cabo de manera metódica y comprende pasos tales como observar el problema, desarrollar hipótesis, realizar experimentos en el laboratorio y validar los resultados de los experimentos.

La metodología de investigación se define como los procedimientos estructurados y sistemáticos que rigen el desarrollo del estudio, conllevando primeramente al establecimiento de las interrogantes, de los cuales deriva la líneas central de investigación, lo cual nos lleva a primeramente a la recolección de data, el análisis de los mismos y finalmente la interpretación los cuales se plasman en los datos consignados (Hernandez & Baptista, 2014, pág. 198).

3.6. Población y muestra

3.6.1. Población

Las personas, los objetos, los acontecimientos o los factores que contienen una o más características importantes para el tema de investigación y sobre los que se extraerán conclusiones se consideran miembros de la población. La población se define como el conjunto completo de estos. En el contexto de este debate, el término «población» se refiere al marco de referencia que utiliza el investigador. La población puede incluir participantes humanos u otros componentes, (Hernández et al., 2018).

La población para la presente está dada por la Juliaca – Mañazo de la región Puno, con una longitud aproximada de 40.2 km, mismo que presenta una vía a nivel de trocha carrozable, con zonas con mal estado lo que indica una deficiente calidad del suelo de subrasante. Dicha vía presenta un IMDA aproximado dentro el rango de 201 a 400 veh./día, lo que lo clasifica como una vía de tercera clase.

3.6.2. Muestra

Como un extracto de la población es una parte de la mismas seleccionado según criterios y metodologías establecidos, con el fin de obtener datos que faciliten la descripción, el análisis y la extrapolación de los resultados a la población en general. El uso de una muestra agiliza el proceso de investigación al reducir el alcance de la misma, y puede ser de naturaleza probabilística o no probabilística. (Hernández et al., 2018).

Dentro de este aspecto para el desarrollo de la misma se consideró que la muestra fuera por 3 calicatas las cuales se establecieron en puntos estratégicos dentro del trayecto de subrasante de la vía que une Juliaca con Mañazo, sobre las muestras recogidas se desplazó los porcentajes de los materiales SN + LT, asimismo, el muestreo es no probabilístico.

Tabla 4

Cantidad de muestra para los ensayos

Grupo muestral	IP	Proctor M.	Sub Total
SN	3	3	6
SN + 5.4% LT	3	3	6
SN + 6.4% LT	3	3	6
SN + 7.4% LT	3	3	6
SN + 6% CE	3	3	6
SN + 9% CE	3	3	6
SN + 12% CE	3	3	6
Total			42

Así mismo el muestreo para poder evaluar la incidencia de los materiales en las dosificaciones establecidas sobre la subrasante de la vía evaluada para lo cual se a desarrollar un total de 42 pruebas en base al muestro del suelo extraído de las tres calicatas y de las proporciones citada en la tabla antecesora

3.7. Técnicas e instrumentos

3.7.1. Técnicas

Los métodos de investigación son los procesos de carácter práctico y operativo que utilizan desarrolladores de investigaciones para adquirir, organizar y evaluar la información esencial para alcanzar sus objetivos. Los investigadores utilizan estas técnicas para alcanzar sus metas. En este sentido, comprenden la forma particular en que se utilizan las herramientas que se han elegido. (Silvestre & Huamán, 2019).

- **Observación Insitu**, La cual consistió en poder desarrollar una evaluación de la vía bajo esta técnica se extrajo data como condición a nivel superficial, identificaciones posibles puntos de toma de muestreo entre otros
- **Muestreo en campo**, La cual consistió den desarrollar excavaciones a cielo abierto e en un total de 3 unidades de características.
- **Experimentación en laboratorio**, para poder conocer en forma cuantitativa las propiedades que presenta el suelo (subrasante) se debe de realizar ensayos técnicos sobre la base de suelo muestral extraído en la primera fase y sobre las muestras que han sido tratadas con los materiales L Y CE en cantidades variables se lleva a cabo mediante el uso de pruebas estandarizadas.

3.7.2. Instrumentos

Esto elementos son conocidos formalmente como los métodos, materiales o recursos empleados el que desarrolla una investigación con el objetivo de recabar datos necesarios para que puedan darnos resultados para poder responder a la interrogante

formulada; por lo que seleccionar y emplear los instrumentos dependerá mucho del tipo de investigación a desarrollar así mismo también dependerá en forma más específica de la tipología de objetivos fundamentales para garantizar la fiabilidad, precisión y pertinencia de los datos obtenidos a lo largo de la investigación. (Hernandez & Baptista, 2014).

- **Fichas de campo**, Esto facilitará la recabacion de datos específicos de las características tales como data del suelo, data de los puntos de exploración por citar algunos
- **Instrumento y equipos especializados**, como tamices para el análisis del tamaño de las partículas, aparatos para determinar los límites de Atterberg y moldes y martillos Proctor para la compactación.
- **Hojas de datos y tablas de sistesis de data**, en este aspecto me refiero al empleo de hojas excel que permite ordenar la distinta data y consecuentemente bajo estas hojas se constituirá tablas que expresen en forma sintetizada los resultados.

3.8. Plan de recolección y procesamiento de datos

3.8.1. *Desarrollo del plan de investigación*

Para garantizar la eficacia de la investigación, se llevó a cabo una secuencia de actividades de acuerdo con las estipulaciones predefinidas, garantizando así el cumplimiento de los parámetros metodológicos y técnicos establecidos para la investigación.

Se presenta en los siguientes apartados un desglose completo de las fases de la investigación, en el que se detallan los objetivos específicos, las actividades, los recursos utilizados, el personal responsable y los criterios de aceptación de cada etapa. Esta presentación estructurada tiene por objeto documentar sistemáticamente los avances metodológicos lo que permitirá una recopilación de data y posterior evaluación de la misma.

3.8.1.1. Fase I: Recolección de información

Dentro de este primer actuado se procedió a la recolección de data bibliográfica de fuentes estatales e información secundaria que pueda ser útil en el desarrollo de la mencionada investigación

3.8.1.2. Fase II: Ubicación de la vía de estudio

Para poder ubicar la vía se recurrió previamente a la información recabada en la fase identifica esta, que abarcaba la carretera Juliaca a Mañazo, donde previamente de después del recorrido de la vía se estableció tres puntos estratégicos sobre los cuales de desarrollaran excavaciones a cielo abierto (calicata). Estas zanjas de prueba facilitaron la obtención de muestras representativas del material de la subrasante, las cuales posteriormente fueron sometidas a distintos ensayos técnicos.

Sobre la carretera Juliaca – Mañazo

Figura 5

Ubicación de la carretera



Nota. Tomado de Google Maps.

La vía resaltada en azul conecta la ciudad de Juliaca con la localidad de Mañazo, abarcando una distancia aproximada de 40.2 km y un tiempo estimado de recorrido en vehículo de 58 minutos. El trayecto parte de Juliaca y avanza en dirección suroeste, con un recorrido que cruza zonas rurales de la región Puno.

Tabla 5*Ubicación de las calicatas*

Calicata	Progresiva (km)	Profundidad (m)	Margen
C-1	7 + 500	1.50	Derecho
C-2	16 + 500	1.50	Izquierdo
C-3	30 + 000	1.50	Derecho

La tabla antecesora consignada data relacionada a las particularidades de los puntos de donde se extrajo material para poder desarrollar los diversos ensayos evaluados las propiedades físicas y de capacidad de soporte base y las que presenten el material con la adición en los diferentes con los porcentajes establecidos del material de lutita

3.8.1.3. Obtención de la lutita

Para esta investigación, se obtuvieron muestras de este material dentro del distrito de Mañazo, concretamente de canteras y afloramientos naturales los cuales se ubicaron muy cercanos a la vía de evaluación. La cual se encuentra en un grado alto en la zona debido a que en esta zona por los conceptos geológicos produjeron innumerables formaciones. Se realizó una extracción manual de bloques representativos de este elemento situados en las laderas cercanas a la vía. tomando en consideración criterios de selección que excluían los especímenes alguna anomalía del proceso de materialización u algún otro defecto. Los materiales seleccionados se recogieron en sacos resistentes y se documentaron meticulosamente con detalles sobre su procedencia fechándolos para

tener una información más concisa esto para certificar su completa procedencia a lo largo del procedimiento experimental.

Posteriormente, los guijarros de pizarra obtenidos se transportaron a un entorno designado para su pulverización. Inicialmente, la etapa de pulverización primaria se llevó a cabo utilizando una rueda de barril para reducir las losas en fragmentos más manejables. Posteriormente, se llevó a cabo la pulverización secundaria utilizando martillos se hizo este proceso hasta que la muestra adquiriera un tamaño menor de 4.75 mm, para su aplicabilidad como elemento estabilizador en ciertos casos se realizó el proceso de tamizado utilizando una serie estándar de tamices para obtener fracciones de tamaño de partícula homogéneas que simplificaran su incorporación a la mezcla con el suelo de la subbase. Para esta investigación, se utilizó esquisto que pasó por un tamiz de malla n.º 200.

Figura 6

Obtención de la lutita



Tras la adquisición del material en condiciones adecuadas, el esquisto pulverizado se introdujo en proporciones predeterminadas en porcentajes de 5.4; 6.4 y 7.4 % en peso con respecto al pes empelado de la subrasante, de acuerdo con el protocolo experimental establecido. Las proporciones mencionadas se combinaron meticulosamente las muestras bases previamente homogeneizadas, lo que garantizó una repartición igual del agente

estabilizador. La composición resultante se empleó en diversos análisis de laboratorio para determinar la influencia de esta sobre la vía.

3.8.1.4. Obtención de la ceniza de eucalipto

En lo que se refiera al otro elemento (CE) empleada en la presente fue el resultado de la incineración controlada de troncos y ramas secas de eucalipto. Estos materiales se recolectaron en las inmediaciones de Juliaca, una zona donde este recurso forestal es abundante y se utiliza en la construcción, como combustible y para la fabricación de carbón vegetal. El proceso de recolección consistió en la selección de restos secos de eucalipto, sin contaminantes como polímeros, pigmentos o residuos orgánicos, esto con la finalidad de emplear un material que esté libre de elementos.

Tras la recolección del material, este se incineró en hornos expuestos abiertamente, lo que garantizó un rango de temperatura adecuado de entre 250 °C y 400 °C con la finalidad de disminuir en su totalidad las biomásas. este proceso se desarrolló de forma incremental, suministrando al horno madera, pero en mínimas cantidades con la finalidad del que el proceso de quemado sea estable. Se obtuvo así las cenizas de eucalipto, este material resultante se recogió meticulosamente tras la refrigeración natural evitando en lo más mínimo la pérdida de este elemento.

Tras su recogida, las cenizas se sometieron a un proceso de pulverización con la finalidad de tener un, material más fino, lo que aumentó su aplicabilidad de forma de estabilizador sobre la vía. Inicialmente, el material se tamizó mediante tamices de malla fina, concretamente el tamiz n.º 4. Posteriormente, se utilizó la parte que pasó por el tamiz mencionado con la finalidad de evitar las partículas de tamaño mayor, el carbono no quemado y los elementos extraños. Posteriormente, se eliminaron el material retenido grueso y conservando solo el material más fino, caracterizado por sus peculios puzolánicos lo más homogéneo posible en ciertas ocasiones, se realizó una pulverización suplementaria con la finalidad de poder tener uniformidad de las mismas.

Este material se incorporó en concentraciones expresada en porcentajes del 6.00, 9.00 y 12.00 en peso con en función del peso de la muestra base, tal y como se estipulaba en el diseño experimental. Estas proporciones se integraron a la muestra base previamente homogeneizadas, empleando técnicas de mezcla tanto manuales.

Figura 7

Obtención de las cenizas de eucalipto



3.8.1.5. Fase III: Ensayos de laboratorio.

a. Posteriormente, se realizaron análisis experimentales primeramente de las muestras bases la cuales fueron obtenidas de las exploraciones a cielo abiertos y seguidamente las muestras a las cuales se le añadieron Los materiales L y CE, con la finalidad de poder evaluar las características iniciales y las finales luego de la adición de los elementos mencionados

b. cantidad de lutita y ceniza de eucalipto necesarios para la investigación

Según el Manual de Ensayo de Materiales (RD N° 18_2014_MTC_14), para el ensayo de granulometría se requiere 10 kg de material, y para el ensayo de Proctor modificado se consideró 25 kg de material de subrasante, lo que para todos los ensayos

del estudio se requiere 35 kg, considerando pruebas de contenido de humedad y límites de consistencia, la muestra aproximada fue de 37 kg.

Tabla 6*Cantidad de lutita y ceniza de eucalipto*

Cantidad de materiales empleados			
Adición	Cantidad de material empleado de subrasante para los ensayos (kg)	Cantidad de lutita (kg)	Cantidad ceniza de eucalipto (kg)
5.4% Lutita	37 x 3(*)	5.994	-
6.4% Lutita	37 x 3(*)	7.104	-
7.4% Lutita	37 x 3(*)	8.214	-
6% Ceniza de Eucalipto	37 x 3(*)	-	6.660
9% Ceniza de Eucalipto	37 x 3(*)	-	9.990
12% Ceniza de Eucalipto	37 x 3(*)	-	13.320
Cantidad del material (kg)		21.31 kg	29.97 kg

(*) Cantidad de pruebas realizadas por cada combinación, a fin de contar con un promedio.

Para el estudio la cantidad de lutita empleada se promedia a 23.0 kg mientras que la ceniza de eucalipto usada fue de 32.0 kg.

a. Ensayo de análisis granulométrico:

El objetivo del ensayo de análisis granulométrico es conocer como está distribuido las partículas que conforman el suelo de la subrasante de la vía. En base a los valores en este caso de pesos retenidos se empleó las metodologías de clasificación subbase SUCS y AASHTO. Debido a que la granulometría del suelo tiene un impacto directo en sus propiedades de compactación, permeabilidad y resistencia, todas ellas elementos decisivos en el rendimiento de la subbase, esta prueba es muy necesaria.

Procedimiento:

- Secado de la muestra: Colocamos la muestra de suelo en un horno a una temperatura de 110 ± 5 grados Celsius durante veinticuatro horas, con la intención de eliminar cualquier humedad natural que pudiera estar presente.
- Cuarteo de la muestra: Para obtener una muestra representativa de aproximadamente 500 gramos, necesaria para la prueba, el material seco se trituró hasta reducirlo a un tamaño más pequeño.
- Preparación de los tamices: Se organizó este elemento de forma de superposiciones de los mismo colocando uno encima de otro respetando la abertura que presentan los mismos. Los tamices se colocaron en orden decreciente de apertura, comenzando por 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ ") y terminando por el n.º 200 (0,075 mm).
- Colocación de la muestra: la muestra a evaluar en este aspecto se dispersa desde la parte superior sobre el primer tamiz, toda la cantidad de la muestra inicialmente determinada.
- Agitación mecánica: Con la intención de lograr un nivel suficiente de separación de partículas, la columna de tamiz se colocó dentro del juego de tamices y se expuso a una vibración continua durante un período de diez a quince minutos. Con una especie de movimiento rotatorio haciendo fuerza desde la parte superior en forma circular.
- Pesado del material retenido: Se utilizó una balanza de precisión con una exactitud de 0,01 gramos para recoger y pesar cuidadosamente el material que se conservaba en cada tamiz después de extraerlo por separado de los tamices.
- Registro de resultados: para la determinación de la curva granulométrica la cual está conformado por los pesos que son retenidos en los diferentes tamices. Se empleó una hoja Excel donde se consignó los datos de pesos.
- Elaboración de la curva granulométrica: Los pesos resultantes del tamizado fueron expresados en porcentaje con respecto a la muestra base. Se utilizaron para construir la curva de distribución granulométrica se empleó un papel especial con partituras lineales verticales y horizontales logarítmicas. El eje x de la curva representaba el

tamaño de los tamices, mientras que el eje y representaba el porcentaje de partículas que pasaban a través de ella.

- Clasificación del suelo: Como paso final, se estableció la categorización del suelo de acuerdo con las normas establecidas por SUCS y AASHTO. Esto permitió identificar las características granulométricas del suelo, así como su rendimiento potencial del suelo

b. Contenido de humedad:

En lo que respecta al este aspecto, el ensayo del contenido de humedad es un procedimiento fundamental, ya que nos permite conocer cuanto puede absorber el suelo el agua el resultado es expresando en porcentajes Dado que la humedad tiene un impacto directo en la compactación y la plasticidad del suelo, características que determinan la estabilidad y la longevidad de las construcciones viarias, este parámetro es vital en el proceso de análisis de la subbase. Para poder desarrollar un buen ensayo de CH se debe de seguir lo citado en la normativa peruana

Procedimiento:

- Selección de muestra base: Se seleccionará una cantidad representativa de la muestra subrasante patrón y se examinó minuciosamente para asegurarse de que no contenía materia orgánica visible ni partículas de gran tamaño.
- Pesado inicial: A continuación, se registró el peso de la muestra con la característica que esta esta húmeda mediante unas latitas las cuales previamente se determinó su peso se vertieron ciertas cantidades de la muestra que se había limpiado y secado previamente, y se registró el peso combinado de la muestra húmeda mas su recipiente
- Secado: luego del pesado se introduce las latitas que contiene la muestra humedad dentro de un elemento que emita calor constante a una temperatura regulable en este caso se empleó aun horno eléctrico la muestra permaneció en un lapso de tiempo de 24 horas

- Pesado final: finalizado el secado dentro del unidad de calor, se saca del horno el contenedor de la muestra (latitas). Se dejo al aire por unos minutos y seguidamente se pesa el elemento
- Cálculo del porcentaje de humedad: Para la determinación del contenido de humedad se recurre a la siguiente expresión matemática

$$W(\%) = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

c. Ensayo de Límites de Consistencia:

El ensayo de Límites de Atterberg es de gran importancia, ya que permite determinar el comportamiento en el aspecto de plasticidad los cuales en función de 3 parámetros de determina el índice de plasticidad.

Los factores CH, LL, LP son factores que inciden. sobre la capacidad portante, la expansividad y la estabilidad del suelo de la subrasante, razón por la cual son tan importantes en la construcción de carreteras. Esta prueba se realizó de acuerdo con las normas nacionales.

Procedimiento para la determinación del Límite Líquido (LL):

- Se toma la muestra con el peso que pasa por el tamiz número 40.
- Tras colocar un poco del material en el del dispositivo Casagrande, se utilizó una espátula para nivelar la muestra de suelo.
- Compactado y enrasado la muestra sobre el dispositivo mediante en empleo de la espátula se traza una línea al centro de la muestra.
- A lo largo de una distancia de trece milímetros, se empieza a girar la manivela del dispositivo a un ritmo constante contabilizando la cantidad de golpes hasta que el trazo de la ranura se cierre por completo.
- Secuencialmente para el desarrollo de la cuantificación de golpes se extrajo una pequeña muestra para la determinación de la ch.

- Tras realizar la operación varias veces, se perturbó el contenido de agua presente en la muestra, lo que resultó en la adquisición de diversos puntos de contenido de humedad.
- Con la data resultante se construyó una función, que es un gráfico del contenido de humedad versus la cantidad de golpes, y con el dato de la ch se determinar el LL

Determinación del Límite Plástico (LP):

- Similar al LL se toma una porción de la muestra la que paso por el tamiz 40.
- Para crear una masa uniforme, la muestra que previamente paso por el tamiz se la coloca sobre una pequeña placa de vidrio y se procede a amasarla con la finalidad de que la muestra sea compacta.
- Con la palma de la mano, se moldeó la muestra en cilindros (rollos) de aproximadamente tres milímetros de diámetro.
- Cuando las pequeñas tiritas presenten fisuraciones menores a los 3 milímetros, se retiró una parte para determinar la cantidad de humedad que contenían.
- Se determinó que el límite plástico (LP) representaba con precisión el contenido de humedad promedio alcanzado.

Determinación del Índice de Plasticidad (IP):

- Para la determinación del índice de plasticidad se sigue un proceso aritmético que es la diferencia entre el LL- LP, se expresa bajo la siguiente

$$IP = LL - LP$$

Tabla 7

Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos

$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico NP	Suelos exentos de arcilla

Nota. tomado del Manual de suelos y pavimentos (MTC, 2014)

d. Ensayo de Proctor modificado:

Para determinar la relación entre la MDS Y el CHO Esta prueba genera la curva de compactación, que determina el contenido de humedad óptimo y la densidad seca máxima de la subrasante. Estas características son clave para evaluar la característica de soporte de la subrasante. Dado que permite examinar el impacto de la ceniza de esquiso y eucalipto en la compactación del suelo de la carretera Juliaca-Mañazo, esta prueba es de gran importancia para la presente investigación. Para poder tener resultados idóneos esta prueba se desarrollo bajo las consideraciones citadas en la normativa vigente

Procedimiento

- El suelo de la subrasante se secó al aire, se desmenuzó y se tamizó con un tamiz del en. 4 (4,75 mm) para eliminar las partículas de mayor tamaño la cuales pueden interferir en el las actividades de compactación. Esto se realizó para preparar la muestra
- Para lo cual mediante empleo de una porción de la muestra se realiza el ensayo para la determinación del contenido de humedad presente Esto se realizó para determinar el contenido de humedad original
 - Adición de agua: Se mezcló agua con la muestra en diferentes porcentajes de humedad y la mezcla se mezcló bien hasta obtener una masa consistente.
- La muestra húmeda fue colocada sobre el molde el cuan presenta un volumen aproximando de 944 cm³ esto en un proceso de 5 fases o capas respectivamente. Esto

se hizo para obtener los mejores resultados posibles del molde. Cada capa se comprimió mediante 25 golpes con un martillo de 4,54 kilogramos y una caída desde una altura de 457 milímetros. Esto garantizó que el nivel de energía requerido para el proceso fuera similar al definido por la normativa vigente

- Densidad húmeda procedimiento: Una vez finalizado el proceso de compactación, se retiró el material sobrante de que se tienen en la parte superior seguidamente se nivela se procede a pesar la muestra y el molde en conjunto.
- Densidad seca procedimiento: para la determinación de este factor se hace uso de la siguiente expresión matemática

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + W}$$

3.8.2. Procesamiento y análisis de datos

Para poder expresar los datos experimentales obtenidos, se recurrirá a tablas lo que permitirá una organización transparente y metódica de la data recopilada. Posteriormente se procesarán mediante herramientas matemáticas y representaciones gráficas para optimizar su interpretación y permitir el descubrimiento de patrones, tendencias y variaciones relevantes. Para garantizar que los resultados sean consistentes y técnicamente válidos, respaldados por técnicas analíticas fiables, y que ayuden a una buena comprensión el objetivo de este enfoque es asegurar que las conclusiones del estudio sean lo más sólidas posible.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados obtenidos

El presente apartado es uno de los más importantes dentro de la presente dentro de la cual se presenta a través de las herramientas mencionadas en el capítulo III en forma sintetizadas bajo la aplicabilidad de los materiales empleados L + CE. Sobre la subrasante de la vía Los resultados obtenidos luego de desarrollar los diversos trabajos para estabilizar la subrasante. Se compararán el comportamiento del suelo en condiciones normales y las mejoras obtenidas con cada dosis. Se citarán los valores correspondientes al comportamiento plástico de la muestra base y la adicionada con lo materiales descritos. Estos parámetros incluyen los límites de consistencia, la distribución granulométrica, la densidad seca máxima y el contenido óptimo de humedad. Con este método, no solo se demostrará la influencia de los aditivos estabilizadores sobre el suelo evaluado, sino que también se identificará la mezcla más adecuada de aditivos que influyeron de manera más práctica.

4.1.1. Propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante

A. Contenido de humedad:

Tabla 8

Humedad de las muestras

Contenido de Humedad	
Calicata	Humedad (%)
C-01	16.21
C-02	15.08
C-03	17.64

La tabla antecesora presenta los datos referente a la humedad que contiene la muestra (subrasante) de las muestras bases obtenidas de las excavaciones a cielo abierto (calicatas) desarrolladas, se aprecia que el contenido presenta variación entre el muestreo de los 3 un porcentaje bajísimo

B. Evaluación granulométrica:

Tabla 9

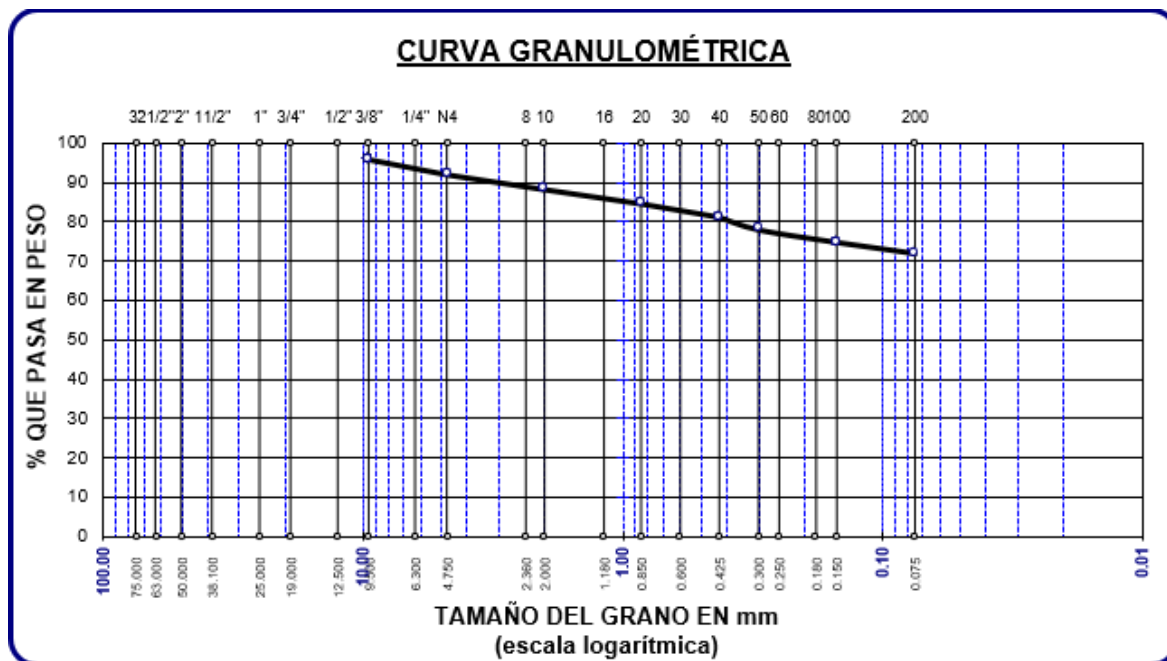
Análisis granulométrico de los 3 puntos de muestro de material

Granulometría – Suelo de Subrasante			
Tamices	% Pasante		
	C-01	C-02	C-03
1/2"	-	-	-
3/8"	96.00	96.00	96.00
N° 4	92.07	92.09	92.12
N° 10	88.24	88.30	88.39
N° 20	84.49	84.58	84.70
N° 40	81.00	81.10	81.23
N° 50	77.65	77.73	77.91
N° 100	74.54	74.65	74.82
N° 200	71.53	71.67	71.84

Se muestra la gradación de los materiales de suelo de subrasante de las 3 calicatas consideradas sobre la vía en estudio.

Figura 8

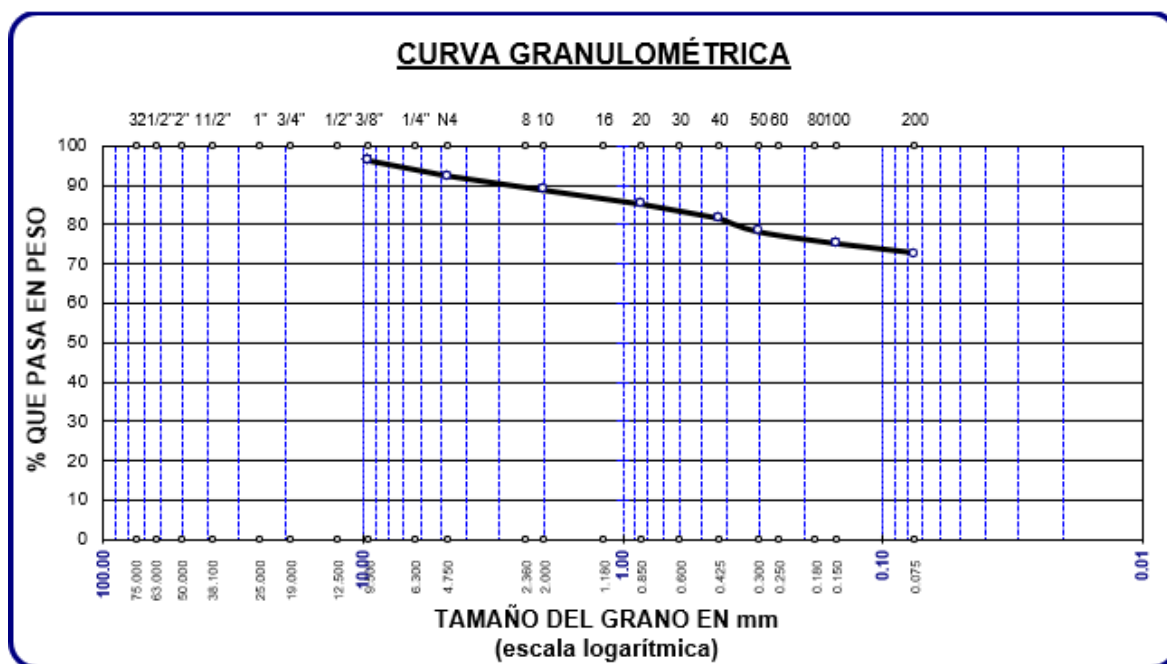
Análisis granulométrico - C1



La imagen antecesora expresa el comportamiento de la composición de la subrasante de cuya muestra corresponde a la primera calicata la curva granulométrica indica que es la que corresponde a un suelo fino

Figura 9

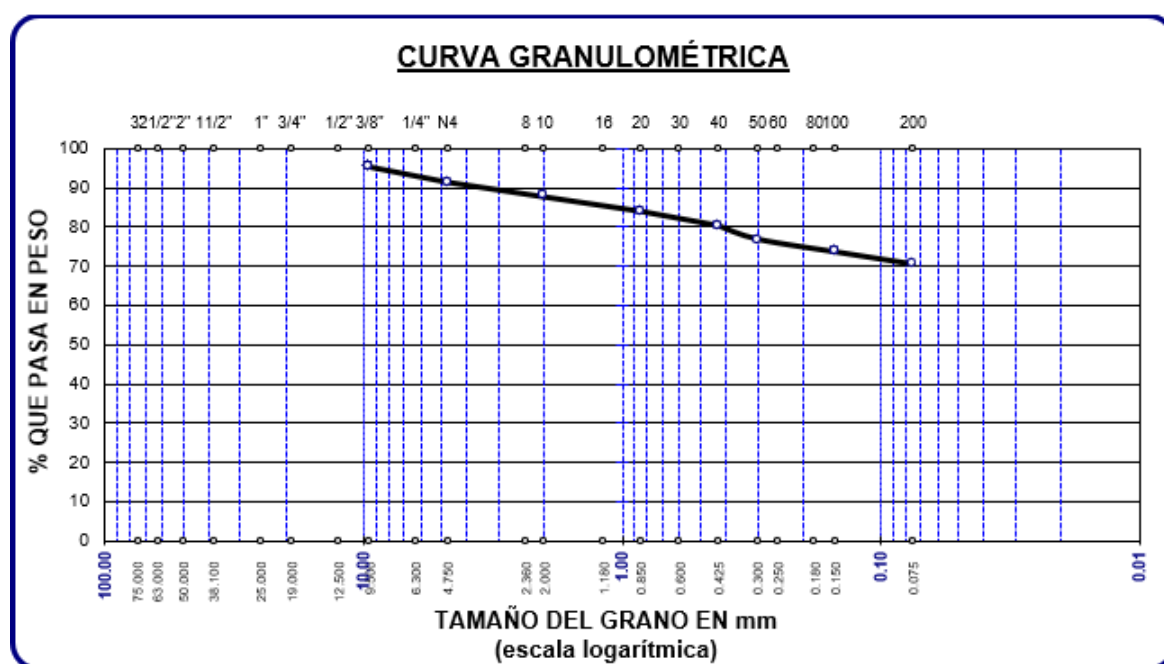
Análisis granulométrico – C2



La imagen antecesora expresa el comportamiento de la composición de la subrasante de cuya muestra corresponde a la segunda calicata la curva granulométrica indica que es la que corresponde a un suelo fino

Figura 10

Análisis granulométrico – C3



La imagen antecesora expresa el comportamiento de la composición de la subrasante de cuya muestra corresponde a la tercera calicata la curva granulométrica indica que es la que corresponde a un suelo fino

C. Índice de plasticidad:

Tabla 10

Índice de plasticidad del suelo natural

Límites de consistencia – Suelo de subrasante			
Punto de Exploración	LL (%)	LP (%)	IP (%)
C-01	31.35	18.35	12.99
C-02	30.79	18.42	12.37
C-03	30.15	18.02	12.13

La tabla antecesora muestra los resultados del comportamiento plástico que presentan la muestra base en este caso representada por la muestra extraída de las 3 calicatas se denota que en los tres casos el rango del límite líquido presenta un promedio de 30.76, en lo que al LP de 18.26 y finalmente un IP promedio de 12.49 resultados que manifiesta que la propiedad plástica es considerable

D. Grado de compactación:

Tabla 11

Grado de compactación de las muestras

Grado de compactación – Suelo de Subrasante		
Punto de Exploración	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
C-1	1.834	16.75
C-2	1.811	15.88
C-3	1.840	15.35
Promedio	1.828	15.99

La tabla antecesora muestra los resultados del comportamiento de los factores de mds y och que presentan la muestra base en este caso representada por la muestra extraída de las 3 calicatas se denota que en los tres casos el promedio de la mds es de 30 1.828 gr/cm², y de la humedad óptimo de 15.99 % valores que indican que el material presenta características de un suelo fino y que tanto los valores 1 y 2 están dentro de los rangos de esta tipología de suelo

4.1.2. Efecto de la adición de lutita y ceniza de eucalipto sobre el índice plástico del suelo de subrasante

4.1.2.1. Resultados del ÍP del suelo natural con la adición de porcentajes**controlados de lutita****a) Índice de plasticidad de SN + 5.4% LT****Tabla 12***Índice de plasticidad SN + 5.4% LT*

Índice de plasticidad de SN + 5.4% Lutita		
Adición	IP (%)	Promedio (%)
SN	12.50	-
SN + 5.4% LT	10.73	
SN + 5.4% LT	10.38	10.32
SN + 5.4% LT	09.84	

La tabla antecesora muestra los resultados del comportamiento plástico que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 5.4 de lutita con un índice de plasticidad promedio de 10.32 que al ser comparado con la muestra patrón presenta una disminución 2.18 % lo cual es favorable ya que se reduce en varios grados el desarrollo de expansión volumétrica de las misma

b) Índice de plasticidad de SN + 6.4% LT**Tabla 13***Índice de plasticidad SN + 6.4% LT*

Índice de plasticidad – SN + 6.4% Lutita		
Adición	IP (%)	Promedio (%)
SN	12.50	-
SN + 6.4% LT	10.94	
SN + 6.4% LT	10.65	10.89
SN + 6.4% LT	11.09	

La tabla antecesora muestra los resultados del comportamiento plástico que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 6.4 de lutita con un índice de plasticidad promedio de 10.89 que al ser comparado con la muestra base presenta una reducción de 1.61 % lo cual es favorable ya que se reduce en varios grados el desarrollo de expansión volumétrica de las misma

c) Índice de plasticidad de SN + 7.4% LT

Tabla 14

Índice de plasticidad SN + 7.4% LT

Índice de plasticidad – SN + 7.4% Lutita		
Adición	IP (%)	Promedio (%)
SN	12.50	-
SN + 7.4% LT	10.96	
SN + 7.4% LT	11.25	11.23
SN + 7.4% LT	11.47	

Se muestra el comportamiento plástico que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 7.4 de lutita con un índice de plasticidad promedio de 10.89 que al ser comparado con la muestra base presenta una reducción de 1.27 % lo cual es favorable ya que se reduce en varios grados el desarrollo de expansión volumétrica de las misma.

d) Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % LT

Tabla 15

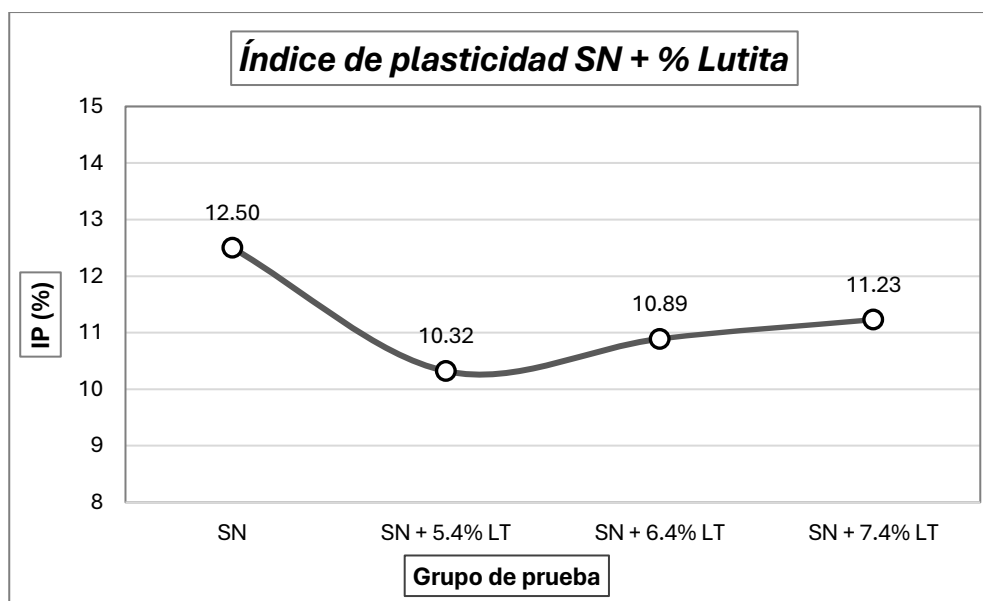
Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % LT

Comparativo del IP – SN + % Lutita	
Muestra	IP (%)
SN	12.50
SN + 5.4% LT	10.32
SN + 6.4% LT	10.89
SN + 7.4% LT	11.23

Se muestra el comportamiento plástico expresado por el IP que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje de 5.4; 6.4 y 7.4 de lt presentando variaciones con respecto a la muestra patrón, se puede observar que los valores de plasticidad son inferiores lo cual es un indicativo positivo al poder disminuir el valor de plasticidad se tiende a bajar los niveles de expansión volumétrica que presentaría el suelo de subrasante.

Figura 11

Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % LT



La comparativa evidencia cómo varía el índice de plasticidad del suelo cuando se añade lutita, observando los cambios generados en las propiedades plásticas del material.

4.1.2.2. Índice de plasticidad del suelo natural con la adición de ceniza de eucalipto

a) Índice de plasticidad de SN + 6% C

Tabla 16

Índice de plasticidad SN + 6% CE

Índice de plasticidad – SN + 6% Ceniza de eucalipto		
Adición	IP (%)	Promedio (%)
SN	12.50	-
M1 + 6% CE	12.28	11.68
M2 + 6% CE	11.65	
M3 + 6% CE	11.10	

Se muestra el comportamiento plástico que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 6.00 de C.E. presentando un IP promedio de 11.68% que al ser comparado con base patrón presenta una reducción de 0.82 % lo cual es favorable ya que se reduce en varios grados el desarrollo de expansión volumétrica de las misma.

b) Índice de plasticidad de SN + 9% CE**Tabla 17***Índice de plasticidad SN + 9% CE*

Índice de plasticidad – SN + 9% Ceniza de eucalipto		
Adición	IP (%)	Promedio (%)
SN	12.50	-
M1 + 9% CE	10.08	10.84
M2 + 9% CE	11.23	
M3 + 9% CE	11.20	

Se muestra el comportamiento plástico que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 9.00 de CE presentando un íp. promedio de 10.84% que al ser comparado con la muestra patrón presenta una disminución de 1.66 % lo cual es favorable ya que se reduce en varios grados el desarrollo de expansión volumétrica de las misma

c) Índice de plasticidad de SN + 12% CE**Tabla 18***Índice de plasticidad SN + 12% CE*

Índice de plasticidad – SN + 12% Ceniza de eucalipto		
Adición	IP (%)	Promedio (%)
SN	12.50	-
M1 + 12% CE	11.22	11.35
M2 + 12% CE	12.09	
M3 + 12% CE	10.73	

Se muestra el comportamiento plástico que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 9.00 de CE presentando un IP promedio de 11.35% que al ser comparado con la muestra base presenta una reducción de 1.15 % lo cual es favorable ya que se reduce en varios grados el desarrollo de expansión volumétrica de las misma

d) Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % CE

Tabla 19

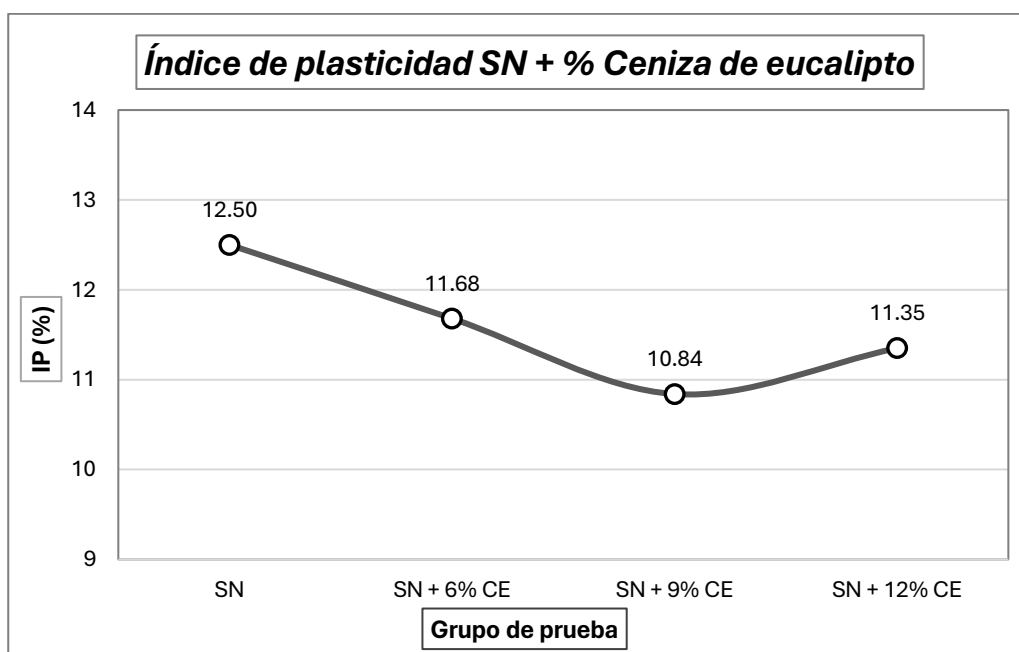
Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % CE

Comparativo del IP – SN + % CE	
Muestra	IP (%)
SN	12.50
SN + 6% CE	11.68
SN + 9% CE	10.84
SN + 12% CE	11.35

Se muestra el comportamiento plástico expresado por el índice de plasticidad que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje de 6, 9 y 12 de CE presentando variaciones con respecto a la muestra patrón, se puede observar que los valores de plasticidad son inferiores lo cual es un indicativo positivo al poder disminuir el valor de plasticidad se tiende a bajar los niveles de expansión volumétrica que presentaría el suelo de subrasante.

Figura 12

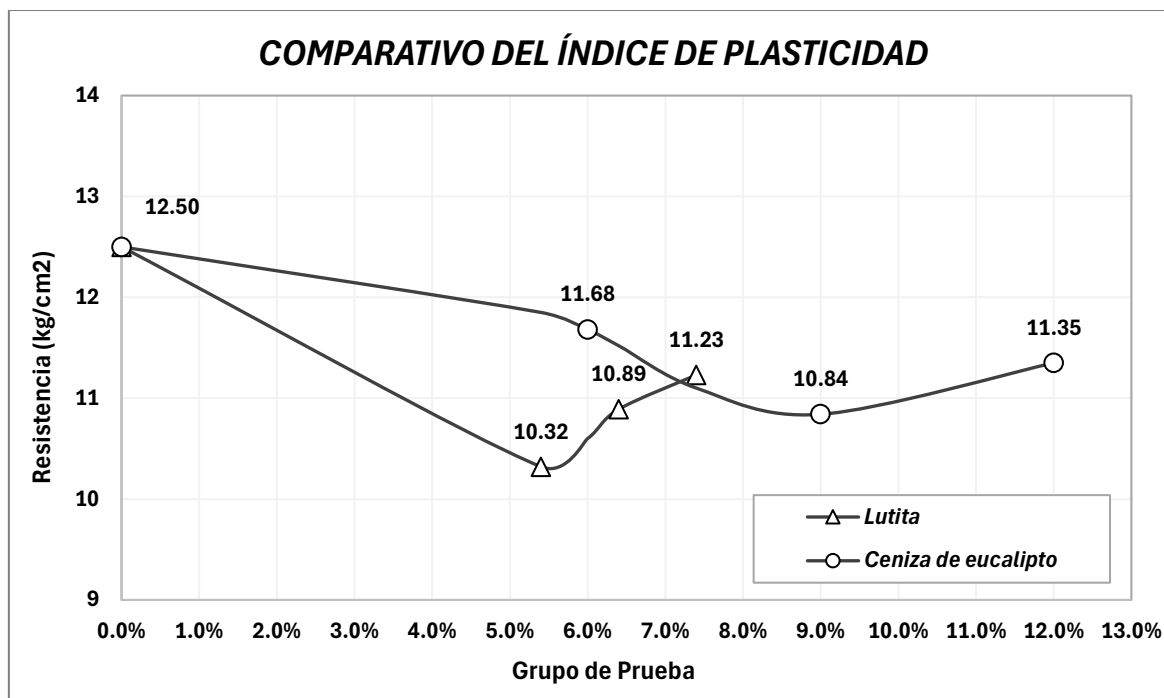
Comparativo de resultados obtenidos del IP - SN + % CE



La comparativa evidencia cómo varía el índice de plasticidad del suelo cuando se añade la ceniza de eucalipto, observando los cambios generados en las propiedades plásticas del material.

Figura 13

Comparativo del IP de ambas adiciones



El comparativo evidencia la variación del índice de plasticidad del suelo al incorporar lutita y ceniza de eucalipto, observándose una disminución progresiva de este parámetro conforme aumenta el porcentaje de adición de los materiales. Esta reducción se atribuye a la mejora en la estructura del suelo, ya que ambos aditivos actúan en cierto grado la plasticidad, lo que genera un material más estable y con menor deformabilidad.

4.1.3. Efecto de la incorporación de lutita y ceniza de eucalipto sobre la máxima densidad seca del suelo de subrasante

a) MDS de SN + 5.4% LT

Tabla 20

Máxima densidad seca de SN + 5.4% LT

Máxima densidad seca – SN + 5.4% Lutita		
Adición	MDS (gr/cm ³)	Promedio (gr/cm ³)
SN	1.828	-
SN + 5.4% LT	2.086	
SN + 5.4% LT	2.128	2.135
SN + 5.4% LT	2.191	

La tabla antecesora muestra los resultados del factor MDS que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 5.4 de LT presentando un promedio de 2.135 gr/cm³ que al ser comparado con la muestra base presenta un incremento de 0.307 gr/cm³ lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente

b) MDS de SN + 6.4% LT

Tabla 21

Máxima densidad seca SN + 6.4% LT

Máxima densidad seca – SN + 6.4% Lutita		
Adición	MDS (gr/cm ³)	Promedio (gr/cm ³)
SN	1.828	-
SN + 6.4% LT	2.055	
SN + 6.4% LT	2.074	2.054
SN + 6.4% LT	2.033	

La tabla antecesora muestra los resultados del factor MDS que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 6.4 de LT presentando un promedio de 2.054 gr/cm³ que al ser comparado con la muestra base presenta un incremento de 0.226 gr/cm³ lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente.

c) MDS de SN + 7.4% LT

Tabla 22

Máxima densidad seca de SN + 7.4% LT

Máxima densidad seca – SN + 7.4% Lutita		
Adición	MDS (gr/cm ³)	Promedio (gr/cm ³)
SN	1.828	-
SN + 7.4% LT	2.017	
SN + 7.4% LT	1.991	1.995
SN + 7.4% LT	1.978	

La tabla antecesora muestra los resultados del factor MDS que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 7.4 de LT presentando un promedio de 2.054 gr/cm³ que al ser comparado con la muestra base presenta un incremento de 0.167 gr/cm³ lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente

d) Comparativo de resultados obtenidos de la MDS - SN + % LT

Tabla 23

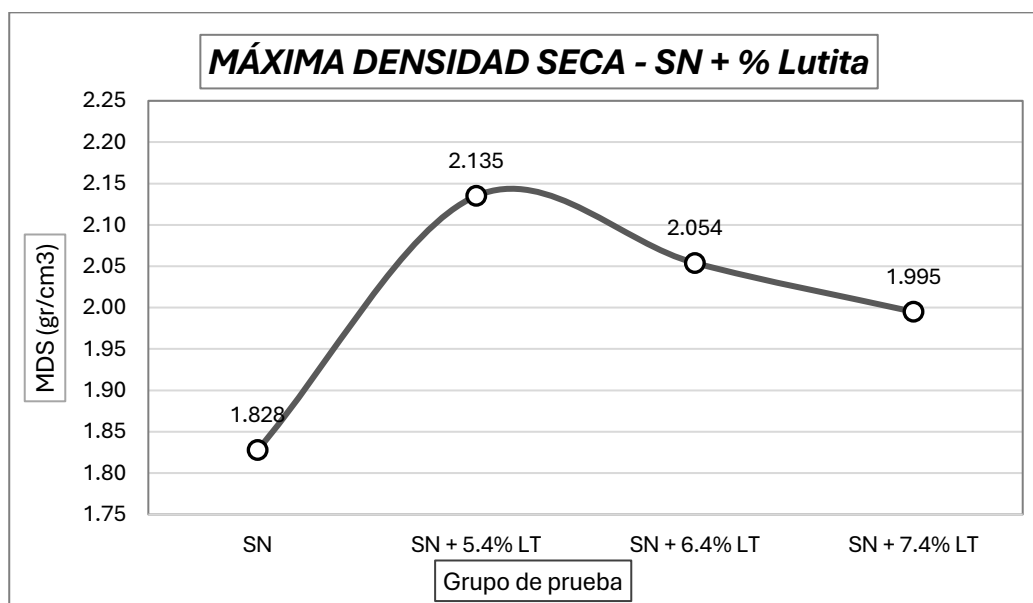
Comparativo de resultados obtenidos de la MDS - SN + % LT

Comparativo de la MDS – SN + % Lutita	
Muestra	MDS (gr/cm3)
SN	1.828
SN + 5.4% LT	2.135
SN + 6.4% LT	2.054
SN + 7.4% LT	1.995

Se puede observar que los valores son superiores lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido un mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente. Así mismos se puede observar que el facto evaluado (MDS) empieza a descender mientras se incrementa la dosificación de LT, lo que permite manifestar que la MDS es inversamente proporcional a la adición de LT. Pero los valores aun son superiores a los presentados por la muestra base.

Figura 14

Comparativo de la Máxima densidad seca del SN + % LT



La figura antecesora muestra el comportamiento de la MDS que presentan la muestra base más la adición de los porcentajes de 5.4, 6.4 y 7.4 de Lutita en los tres casos presentan variaciones con respecto a la muestra patrón, se puede observar que los valores son superiores lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente. Así mismos se puede observar que el factor evaluado (MDS) empieza a descender mientras se incrementa la dosificación de LT, lo que permite manifestar que la MDS es inversamente proporcional a la adición de LT pero los valores aun son superiores a los presentados por la muestra base.

4.1.3.2. Máxima densidad seca del suelo natural con la adición de ceniza de eucalipto

a) MDS de SN + 6% CE

Tabla 24

Máxima densidad seca de SN + 6% CE

Máxima densidad seca – SN + 6% Ceniza de eucalipto		
Adición	MDS (gr/cm3)	Promedio (gr/cm3)
SN	1.828	-
SN + 6% CE	1.863	
SN + 6% CE	1.886	1.888
SN + 6% CE	1.914	

La tabla antecesora muestra los resultados del factor MDS que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 6.00 de CE presentando un promedio de 1.888 gr/cm3 que al ser comparado con la muestra base presenta un incremento de 0.06 gr/cm3 lo cual es favorable aunque el aumento se relativamente bajo ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente.

b) MDS de SN + 9% CE**Tabla 25***Máxima densidad seca de SN + 9% CE*

Máxima densidad seca – SN + 9% Ceniza de eucalipto		
Adición	MDS (gr/cm ³)	Promedio (gr/cm ³)
SN	1.828	-
SN + 9% CE	2.198	
SN + 9% CE	2.094	2.123
SN + 9% CE	2.077	

La tabla antecesora muestra los resultados del factor MDS que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 9.00 de CE presentando un promedio de 2.123 gr/cm³ que al ser comparado con la muestra base presenta un incremento de 0.102 gr/cm³ lo cual es favorable aunque el aumento se relativamente bajo ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente.

c) MDS de SN + 12% CE**Tabla 26***Máxima densidad seca de SN + 12% CE*

Máxima densidad seca – SN + 12% Ceniza de eucalipto		
Adición	MDS (gr/cm ³)	Promedio (gr/cm ³)
SN	1.828	-
SN + 12% CE	1.933	
SN + 12% CE	1.891	1.930
SN + 12% CE	1.965	

La tabla antecesora muestra los resultados del factor MDS que presentan la muestra base más la adición en un porcentaje 12.00 de CE presentando un promedio de 1.930 gr/cm³

que al ser comparado con la muestra base presenta un incremento de 0.295 gr/cm³ lo cual es favorable aunque el aumento se relativamente bajo ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente.

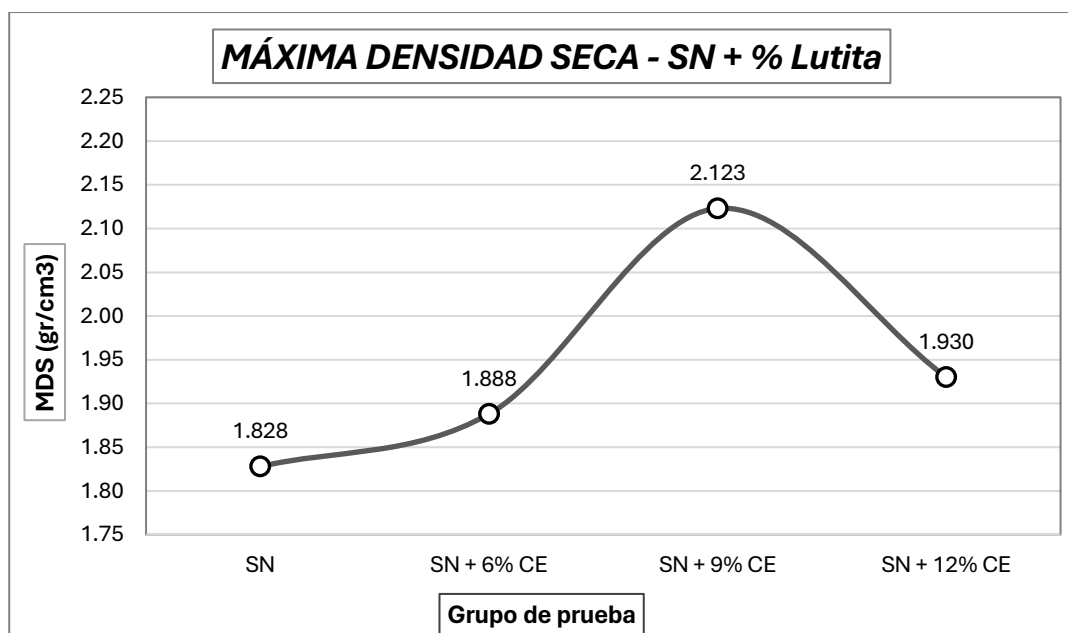
d) Comparativo de resultados obtenidos de la MDS - SN + % CE

Tabla 27

Comparativo de resultados obtenidos de la MDS - SN + % CE

Comparativo de la MDS – SN + % CE	
Muestra	MDS (gr/cm ³)
SN	1.828
SN + 6% CE	1.888
SN + 9% CE	2.123
SN + 12% CE	1.930

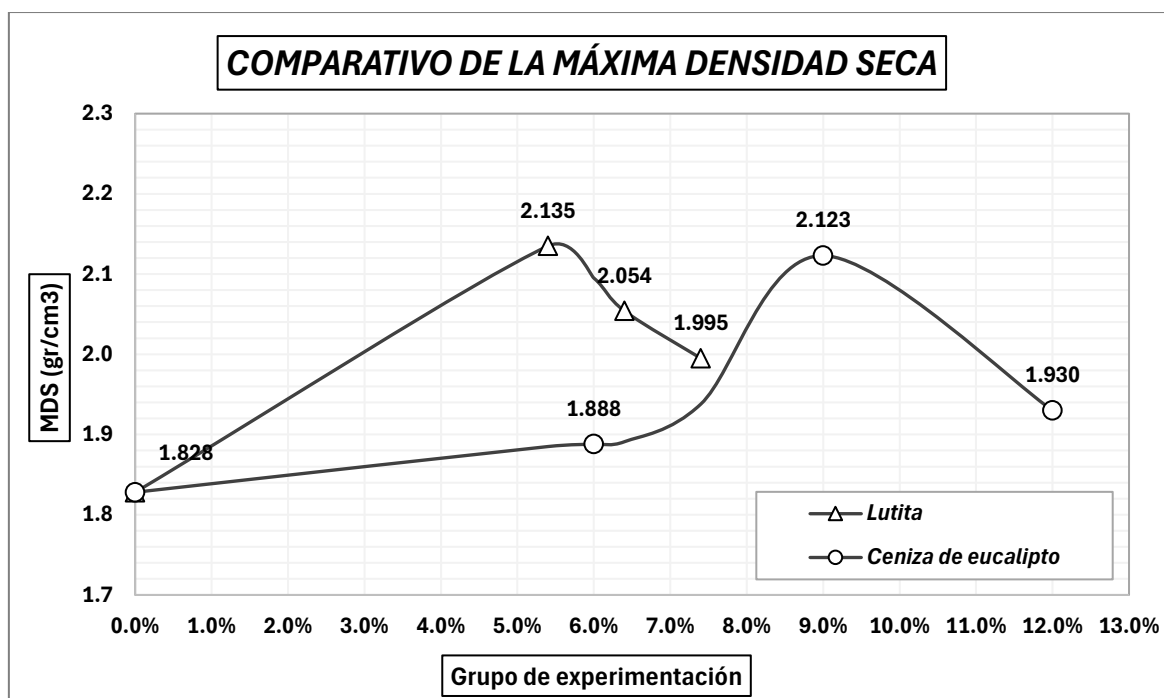
La tabla antecesora muestra los resultados del factor de MDS que presentan la muestra base más la adición de los porcentajes de 6, 9 y 12 de CE en los tres casos presentan variaciones con respecto a la muestra patrón, se puede observar que los valores son superiores lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente. Así mismos se puede observar que el factor evaluado (MDS) empieza a descender desde la proporción de 9.0%, lo que permite manifestar que la mds es inversamente proporcional a la adición de CE. Pero los valores aun son superiores a los presentados por la muestra base.

Figura 15*Comparativo de la máxima densidad seca del SN + % CE*

La figura antecesora muestra los resultados del factor de MDS que presentan la muestra base más la adición de los porcentajes de 6, 9 y 12 de CE en los tres casos presentan variaciones con respecto a la muestra patrón, se puede observar que los valores son superiores lo cual es favorable ya que es un indicativo que las partículas que conforman el suelo han adquirido una mayor grado de compactación entre si lo cual incidirá en presentar un mejor comportamiento frente a acciones de compresión y corte respectivamente. Así mismos se puede observar que el factor evaluado (MDS) empieza a descender desde la proporción de 9.0%, lo que permite manifestar que la mds es inversamente proporcional a la adición de CE. Pero los valores aun son superiores a los presentados por la muestra base.

Figura 16

Comparativo de la MDS de ambas adiciones



El comparativo evidencia la variación de la máxima densidad seca (MDS) del suelo al incorporar lutita y ceniza de eucalipto, observándose un incremento en la densidad en las primeras proporciones de adición de ambos materiales. Este comportamiento se debe aun incremento en la propiedad de cohesión del suelo, producto de una distribución más eficiente de las partículas y una reducción en el contenido de vacíos, lo que favorece la obtención de suelo mejor estructura y con la particularidad de ser más estable.

4.2. Discusión de resultados

En los diferentes contextos de investigación se encuentran ciertos estudios que ah tomando como línea principal el empleo de ceniza de eucalipto y lutita. En forma directa los resultados obtenidos en el presente estudio expresan que el empleo de los materiales citados en las proporciones adoptadas mejoró en forma positiva las propiedades evaluadas del suelo de subrasante de la vía que conecta Juliaca con la localidad de Mañazo, al comparar los mencionados resultados con (Cristobal & Quinte, 2022), quienes bajo el empleo de cenizas de eucalipto en Junin manifestaron que el empleo de ceniza disminuyo



los aspecto plásticos e incremento por ende la resistencia de suelo de tipología arcillosa, otra investigación que esta dentro de nuestro contexto es el desarrollado por (Soto, 2023), quien bajo el empleo de cenizas de eucalipto como elemento estabilizador encontró que este elemento mejorar considerablemente la capacidad de soporte por ende un mejora en las características de plasticidad del suelo evaluado.

Así mismo (Arbieto, 2023), dentro del contexto nacional en la provincia de Apurímac desarrollo la investigación que tuvo como elemento de estudio el Lutita y residuos de origen vegetal sobre los suelos finos del topo arcilloso de la zona los resultados que obtuvo fueron óptimos incidiendo el CHO reduciéndolo, e incrementando la MDS, también (Flores, 2022) quien desarrollo su estudio tomando en cuenta las vías en Pasco quien empleo la ceniza de eucalipto sobre suelos bajo la cual los resultados mostraron un incremento en la capacidad de soporte. Lo estudios presentados respaldan y corroboran en cierto grado el empleo de materiales empleados en la presente investigación. Lo valores en cuanto al CBR bajo la aplicabilidad de lutita en porcentajes de 5.4 de lutita y de 9 de cenia de eucalipto presentaron una incidencia favorable sobre esta propiedad, la cual incide en la propiedad de soporte de la vía evaluada (Juliaca- Mañazo), lo cual al ser comparado con lo citado por (Arbieto, 2023), indica claramente que el empleo de este material es positivo

CONCLUSIONES

General, la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en el suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo mejora significativamente sus propiedades geotécnicas, reduciendo el índice de plasticidad y optimizando la densidad seca máxima, siendo las proporciones de 5.4% de lutita y 9% de ceniza de eucalipto las más efectivas para estabilizar el suelo en comparación con la muestra natural.

Primero, el suelo presenta un índice de plasticidad del 12.50%, lo que indica que está clasificado como suelo con plasticidad baja. Asimismo, el suelo tiene una densidad seca máxima (DMS) media de 1,828 gr/cm³, y un contenido de humedad óptimo del 16,00%. Estos valores indican que la compactación del suelo es relativamente baja, lo que indica que el suelo tiene una resistencia inestable.

Segundo, la lutita en cantidades del 5.4%, 6.4% y 7.4%, tiene un impacto negativo en el índice de plasticidad, mostrando una disminución en comparación con el suelo natural de referencia. Del mismo modo, cuando se utiliza ceniza de eucalipto en proporciones de 6%, 9% y 12%, se produce una notable reducción del índice de plasticidad en comparación con la muestra de suelo natural.

Tercero, la lutita en cantidades del 5.4%, 6.4% y 7.4%, se produce un incremento en la densidad seca máxima, lo que demuestra un nivel reducido de compactación. Del mismo modo, la adición de ceniza de eucalipto en proporciones de 6%, 9% y 12% conduce a una mejora en la densidad seca máxima en comparación con la muestra de suelo natural.

RECOMENDACIONES

Primero, Se recomienda que en futuros desarrollos investigativos que contenga como elemento evaluar la ceniza de eucalipto y la lutita sobre las propiedades de las vías de características plásticas y de bajo capacidad de soporte puedan considerar valores menores al 5% de dosificación y por lo menos 5 proporciones esto con la finalidad de poder encontrar con mayor exactitud la dosificación que con lleve a una mejora considerable y significativa de estos elementos suelos subrasante.

Segundo, Se recomienda a los profesionales que pretendan desarrollar una investigación dentro de este contexto vale la redundancia suelos de subrasante puedan desarrollar una amplia gama de ensayos para poder conocer las propiedades inherentes de esta en especial de la vías que conllevan suelos del tipo arcilloso o limoso

Tercero, Se recomienda que para futuras investigaciones se desarrolle la evaluación de los elementos como son lutita y ceniza de eucalipto en proporciones menores del 5% y con rangos que varían entre 0.20 esto con la finalidad de poder conocer con mayor exactitud la incidencia de estos sobre los aspectos de plasticidad y cbr

Cuarto, Se recomienda que en futuras investigaciones se desarrolle un mayor grado de evaluación sobre el aspecto de máxima densidad seca que presentan los suelos finos dando mayor énfasis en los métodos de compactación adicionando materiales no tradicionales

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguiar, A. (2023). *Composición química de cenizas de especies vegetales*. Universidad de la Laguna. Obtenido de <https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/34007/Composicion%20quimica%20de%20cenizas%20de%20especies%20vegetales%20de%20Tenerife.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Amakye, S., & Abbey, S. (2021). Comprensión del comportamiento de materiales de subrasante expansivos tratados con estabilizadores no tradicionales. *Ingeniería y tecnología más limpias* - ELSEVIER, 4. doi:<https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100159>
- Arbieto, R. G. (2023). *Estabilización de subrasantes blandas con adición de lutita y cal, carretera Tamburco - Karkatera, Apurímac 2022*. Abancay - Perú: Universidad Continental. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/IV_FIN_105_TE_Arbieto_Valle_2023.pdf
- Cárdenas, E. (2020). *Clasificación de los suelos para la subrasante*. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/ilide.info-clasificacion-de-los-suelos-para-la-subrasante-pr_be1da5b766966572ea0e5703302f8070.pdf
- Cieza, Y. (2023). *Suelo de subrasante en carreteras*. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/ilide.info-suelos-de-la-subrasante-en-carreteras-pr_232ada9aaa590bad857d6c456e9a2b8e.pdf
- Collantes, H. (2023). *Subrasante*. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/ilide.info-sub-rasante-pr_ff156254ee82a83f33d05b6a7686f92e.pdf
- Creswell, J., & Creswell, D. (2017). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches*. Sage Publications. Obtenido de https://spada.uns.ac.id/pluginfile.php/510378/mod_resource/content/1/creswell.pdf
- Cristobal, F., & Quinte, M. (2022). *Estabilización de subrasante con cenizas de eucalipto, paraje turístico Piedra Parada, Concepción, Junín 2021*. Huancayo - Perú: Universidad Continental. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/IV_FIN_105_TE_Cristobal_Quinte_2022.pdf
- Cristobal, F., & Quinte, M. (2022). *Estabilización de subrasante con cenizas de eucalipto, paraje turístico Piedra Parada, Concepción, Junín 2021*. Huancayo: Universidad



- Continental. Obtenido de
file:///C:/Users/INTEL/Downloads/IV_FIN_105_TE_Cristobal_Quinte_2022%20(2).pdf
- Estrada, S. (2021). *Lutita y pizarra*. Obtenido de
file:///C:/Users/INTEL/Downloads/ilide.info-caracteristicas-y-usos-de-la-lutita-y-la-pizarra-pr_d9c8026e9f13255664cc76087aa1c763.pdf
- Flores, M. (2022). *Estabilización de subrasantes con cenizas de eucalipto y cal en caminos vecinales, carretera mallan bajo, Pasco 2022*. Huancayo - Perú: Universidad Peruana los Andes. Obtenido de
file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T037_71777993_T.pdf
- García, J. (2022). *Evaluación de Subrasante en Pavimentos*. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Gonzales, C. (2020). *Propiedades físicas del suelo*. Obtenido de
https://servicios.educarm.es/templates/portal/ficheros/websDinamicas/20/suelos_tema_2..pdf
- Hernandez & Baptista. (2014). *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill. Mexico. Obtenido de
<https://www.icmujeres.gob.mx/wp-content/uploads/2020/05/Sampieri.Met.Inv.pdf>
- Hernández et al. (2018). *Metodología de la Investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*. Ciudad de México: McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES S.A.
- Higuera, C. (2020). Caracterización de la resistencia de la subrasante con la información del deflectómetro de impacto. *Revista Facultad de Ingeniería*, 19(28), 79-92. doi:ISSN 0121-1129
- Ibáñez, J. (2019). *Clasificación de la sparticulas minerales del suelo por tamaño*. Obtenido de <https://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/11/01/105541>
- Jiménez, L. M. (2020). *Lutita, argillitas y limolitas*. Obtenido de
file:///C:/Users/INTEL/Downloads/ilide.info-lutitas-argillitas-y-limolitas-pr_fedf375567967e518868958ffa9d11a2.pdf
- Linares, R. (2019). *Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno*. Perú: Universidad toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Obtenido de



<https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1800/Linares%20Chavez%20Roiser%20Rene.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Macías, D., & Ortiz, E. (2022). *Estudio de las hojas de eucalipto como agente estabilizador de subrasante*. Ecuador. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/Dialnet-EstudioDelCarbonatoDeCalcioComoAgenteEstabilizador-9042973%20(3).pdf

Maldonado, G. (2023). *Cenizas de eucalipto con tratamiento termico, modificado en medio alcalino para la remoción de Niquel Cadmio en soluciones ideales*. Perú: Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Obtenido de <https://repositorio.unsch.edu.pe/server/api/core/bitstreams/b9cf5b79-0e5b-4595-9710-a30458649064/content>

Miranda, R. (2021). *Estabilización de suelos*. Obtenido de <https://www.geopolymertech.com/es/estabilizacion-de-suelos/>

Occhi, F. (2022). *Clasificación e identificación de los suelos*. Obtenido de <https://es.scribd.com/presentation/417252128/clasificacion-de-suelos>

Olaya, A. P. (2019). *Aplicación de agentes naturales como estabilizadores de suelos arcillosos para la construcción de vías*. Bucaramanga - Colombia: Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Obtenido de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/20215/1098695948.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ordóñez, J. (2022). *Estabilidad de taludes en arcillas "Lutitas" de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez*. Obtenido de https://www.ingenieria.unach.mx/images/Articulos_revista/revistapakbal_48_pag21--26.pdf

Paucara, P. (2022). *Suelos de subrasante en caminos, aeropuertos y ferrocarriles*. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/155387691/Drenaje-suelos-de-La-Subrasante-en-Caminos-Aeropuertos-y-Ferrocarriles>

Peralta, S. (2023). *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de eucalipto*. Pontificia Universidad Católica del Perú. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/91b1d101-ae0e-4bed-bbd0-5f66158677b8/content>

Quintana, A. (2023). *Propiedades de la lutita*. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/ilide.info-lutita-pr_410b78f53e493d7cfc4722941a6f55fd.pdf



- Rosas, C. (2021). *Mecánica de suelos*. Obtenido de <https://www.integracimentaciones.com/blog/que-es-la-mecanica-de-suelos>
- Silvestre, I., & Huamán, C. (2019). *Pasos para elaborar la investigación y la redacción de la tesis universitaria*. Lima: San Marcos E.I.R.L.
- Soto, K. M. (2023). *Estabilización de suelos a nivel de subrasante con ceniza de eucalipto de la carretera Batanchaca - Yarusyacan, Pasco, 2022*. Cerro de Pasco - Perú: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Obtenido de file:///C:/Users/INTEL/Downloads/T026_70969133_T.pdf
- Vilca, D. (2022). *Factores que afectan al pavimento*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/clase-5-678-factoresafectancomport-pavimentos/41071800>



ANEXOS



Anexo A. Matriz de Consistencia

Título de la tesis: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA – MAÑAZO 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
Problema General: ¿Cuál es la variación las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas en la carretera Juliaca – Mañazo?	Objetivo General: Evaluar las propiedades del suelo de subrasante con la aplicación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas en la carretera Juliaca – Mañazo 2024.	Hipótesis General: Bajo la aplicabilidad de lutita y ceniza en dosificaciones controladas menores al 10% sobre la subrasante de la carretera que une Juliaca con la localidad de Mañazo, se presentara una mejoraría de las características de esta	Variable Independiente LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO Dimensiones: <i>Proporción de LT en; 5.4%, 6.4% y 7.4%</i> <i>Proporción de CE en; 6%, 9% y 12%</i>	Fichas y formatos de control de calidad de laboratorio
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante que se extienden a lo largo de la carretera Juliaca – Mañazo?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de subrasante que se extienden a lo largo de la carretera Juliaca – Mañazo.	Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la via que une Juliaca y la localidad de Mañazo, serán las que presenta un suelo de características arcillosas, con plasticidad alta y capacidad de soporte baja	Variable Dependiente PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE Dimensiones: <i>Índice plástico</i> <i>Máxima densidad seca</i>	Equipos y herramientas de laboratorio.
¿Cuál es el efecto de la adición de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre el índice plástico de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo?	Explicar el efecto de la adición de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre el índice plástico de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo.	La adición en dosificaciones contraladas de Lutita y ceniza de eucalipto menores al 10% incidirá positivamente sobre el índice plástico de la via que une Juliaca con la localidad de Mañazo reduciendo los valores muestrales bases.		
¿Cuál es el efecto de la incorporación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre la máxima densidad seca de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo?	Explicar el efecto de la incorporación de lutita y ceniza de eucalipto en proporciones controladas sobre la máxima densidad seca de muestras de suelo de subrasante de la carretera Juliaca – Mañazo.	La incorporación de lutita y ceniza de eucalipto en cantidades establecidas menores al 10 % sobre el suelo de la subrasante de la via que une Juliaca con la localidad de Mañazo producirá un incremento de la máxima densidad seca		

Anexo B. Panel fotográfico



Fotografía 1. *Presentación de recolección de lutita.*



Fotografía 2. *Trituración de la lutita.*



Fotografía 3. *Obtención de lutita en fino.*



Fotografía 4. *Presentación de recolección de carbón de eucalipto.*



Fotografía 5. *Trituración del carbón de eucalipto.*



Fotografía 6. *Obtención de ceniza de eucalipto.*



Anexo C. Certificados de Calibración de Equipos de Laboratorio



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR 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 ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024.

SOLICITANTE: Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR: CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA: KM 7+500

MUESTRA: GALICATA 1 - MUESTRA 1

FECHA: 08 DE ABRIL DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 711.74
2"	50.000						P.P.= 1788.26
1 1/2"	38.100						%W= 16.21
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL.= 31.35
1/2"	12.500						LP.= 18.35
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		IP.= 12.99
NO.4	4.750	98.35	3.93	7.93	92.07		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
NO.8	2.360						D10= — Cu= —
NO.10	2.000	95.72	3.83	11.76	88.24		D30= — Cc= —
NO.16	1.180						D60= —
NO.20	0.850	93.57	3.74	15.51	84.49		CLASIFICACIÓN:
NO.30	0.600						I.G. = :
NO.40	0.425	87.38	3.50	19.00	81.00		SUCS : CH
NO.50	0.300	83.74	3.35	22.35	77.65		ASSTHO : A-7
NO.60	0.250						OBSERVACIONES:
NO.80	0.180						
NO.100	0.150	77.83	3.11	25.46	74.54		
NO.200	0.075	75.15	3.01	28.47	71.53		
BASE		1788.26	71.53	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
%PERDIDA			71.53				

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP/ 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR 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 : EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

SOLICITANTE : Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR : CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA : KM 16+900

MUESTRA : CALICATA 2 - MUESTRA 2

FECHA : 09 DE ABRIL DEL 2025

TAMICES	ABERTURA	PESO	%RETENIDO	%RETENIDO	% QUE	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
ASTM	mm	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 708.26
2"	50.000						P.P.= 1791.74
1 1/2"	38.100						% w = 16.21
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 31.35
1/2"	12.500						L.P.= 18.35
3/8"	9.500	100.00	4.00	4.00	96.00		I.P.= 12.99
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	97.84	3.91	7.91	92.09		D10= — Cu= —
No8	2.360						D30= — Cc= —
No10	2.000	94.65	3.79	11.70	88.30		
No16	1.180						CLASIFICACIÓN:
No20	0.850	92.94	3.72	15.42	84.58		I.G. = ;
No30	0.600						SUCS : CH
No40	0.425	87.04	3.48	18.90	81.10		ASSTHO : A-7
No50	0.300	84.39	3.38	22.27	77.73		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	76.85	3.07	25.35	74.65		
No200	0.075	74.55	2.98	28.33	71.67		
BASE		1791.74	71.67	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA							

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



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

BIE: 8006-00308645



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR 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: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

SOLICITANTE: Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR: CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

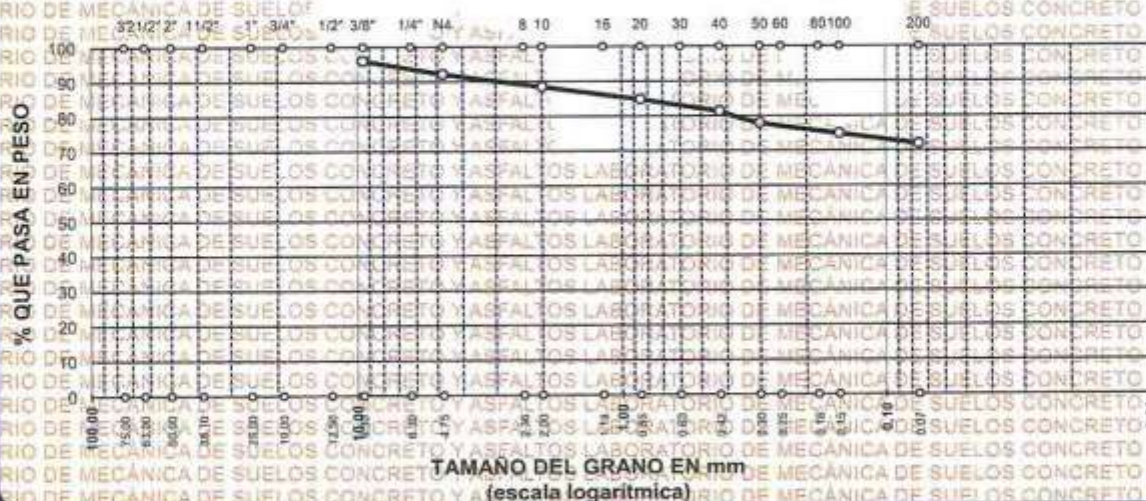
PROGRESIVA: KM 30+000

MUESTRA: CALICATA 3 - MUESTRA 3

FECHA: 09 DE ABRIL DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 2500.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 703.91
2"	50.000						P.P.= 1796.09
1 1/2"	38.100						%W= 16.21
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 31.35
1/2"	12.500						L.P.= 18.35
3/8"	9.500	99.92	4.00	4.00	96.00		I.P.= 12.99
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	97.03	3.88	7.88	92.12		D10= — Cu= —
No8	2.360						D30= — Cc= —
No10	2.000	93.41	3.74	11.61	88.39		
No16	1.180						
No20	0.850	92.12	3.68	15.30	84.70		
No30	0.600						
No40	0.425	86.78	3.47	18.77	81.23		
No50	0.300	83.05	3.32	22.09	77.91		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	77.07	3.08	25.18	74.82		
No200	0.075	74.53	2.98	28.16	71.84		
BASE		1796.09	71.84	100.00	0.00		OBSERVACIONES:
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		71.84					

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres

81E-B006-00308645



PROYECTO

SOLICITANTE
LUGAR
PROGRESIVA
MUESTRA
FECHA

UNIVERSIDAD ANDINA "MESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBYACENTE CON LA APLICACIÓN DEL LÍMITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
Bach. MANS AMADO SUCAPUCHA URRUTIA
CARRETERA JULIACA - MANAZO
KM 7+500
CALICATA 1 - MUESTRA 1
09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.61
SUELO SECO + TARRO	gr	84.31
PESO DEL TARRO	gr	26.95
PESO DEL AGUA	gr	9.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.36
HUMEDAD %	%	16.21

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	32.46	31.08	33.17
SUELO SECO + TARRO	gr	30.10	29.01	30.52
PESO DEL TARRO	gr	22.61	22.51	22.29
PESO DEL AGUA	gr	2.36	2.07	2.55
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.49	6.50	8.23
HUMEDAD %	%	31.51	31.85	32.20
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
19.61	21.57
18.94	20.56
15.19	15.20
0.67	1.01
3.75	5.36
17.87	18.84

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.35

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.35

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.99

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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



PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALITO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024

Bach. HANS AMADO SUCAPIÇA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MANAZO

KM. 16+500

CALICATA 2 - MUESTRA 2

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.03
SUELO SECO + TARRO	gr	85.15
PESO DEL TARRO	gr	26.28
PESO DEL AGUA	gr	8.88
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.87
HUMEDAD %	%	15.08

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	30.96	31.51	30.08
SUELO SECO + TARRO	gr	29.28	29.64	28.92
PESO DEL TARRO	gr	23.71	23.61	25.38
PESO DEL AGUA	gr	1.68	1.87	1.16
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.57	6.03	3.54
HUMEDAD %	%	30.16	31.01	32.77
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.79

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.01	19.80
19.59	18.72
12.46	12.34
1.42	1.08
7.13	6.38
19.92	16.93

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.42

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.37

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

MSCA - MESTRE EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y GENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024

Barb. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MANAZO

KM 30+000

CALICATA 3 - MUESTRA 3

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.81
SUELO SECO + TARRO	gr	85.44
PESO DEL TARRO	gr	26.65
PESO DEL AGUA	gr	10.37
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.79
HUMEDAD %	%	17.64

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	29.83	32.01	33.21
SUELO SECO + TARRO	gr	28.72	30.39	31.26
PESO DEL TARRO	gr	25.07	24.96	25.11
PESO DEL AGUA	gr	1.11	1.62	1.95
PESO DEL SUELO SECO	gr	3.65	5.43	6.15
HUMEDAD %	%	30.41	29.83	31.71
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.49	21.79
20.61	20.54
11.82	12.01
1.88	1.25
8.79	8.53
21.39	14.65

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.15

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.02

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.13

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MANAZO

KM 7+500

CALICATA 1% MUESTRA 1 + LUTITA 5.4%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.62
SUELO SECO + TARRO	gr	84.31
PESO DEL TARRO	gr	29.61
PESO DEL AGUA	gr	9.31
PESO DEL SUELO SECO	gr	54.70
HUMEDAD %	%	17.02

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	33.92	33.13	32.46
SUELO SECO + TARRO	gr	32.96	32.01	31.61
PESO DEL TARRO	gr	28.84	28.47	28.82
PESO DEL AGUA	gr	0.96	1.12	0.85
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.12	3.54	2.79
HUMEDAD %	%	23.30	31.64	30.47
N° DE GOLPES		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.25	21.40
20.83	20.27
13.14	13.18
1.42	1.13
7.69	7.09
18.47	15.94

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.93

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.20

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 10.73

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

Dónde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBSTRANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA

KM 16+500

MUESTRA

CALICATA 2 = MUESTRA 2 + LUTITA 5.4%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.94
SUELO SECO + TARRO	gr	85.25
PESO DEL TARRO	gr	28.72
PESO DEL AGUA	gr	9.69
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.53
HUMEDAD %	%	17.14

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	32.27	32.30	33.97
SUELO SECO + TARRO	gr	31.25	31.04	32.18
PESO DEL TARRO	gr	26.64	27.53	26.23
PESO DEL AGUA	gr	1.02	1.26	1.79
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.61	3.51	5.95
HUMEDAD %	%	22.13	35.90	30.08
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
25.43	24.70
24.63	23.79
19.28	19.64
0.80	0.91
5.35	4.15
14.95	21.93

LÍMITE LÍQUIDO % : 28.83

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.44

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.38

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

KM.30+000

CALICATA 3 - MUESTRA 3 - LUTITA 5.4%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.86
SUELO SECO + TARRO	gr	83.44
PESO DEL TARRO	gr	27.65
PESO DEL AGUA	gr	9.42
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.79
HUMEDAD %	%	16.88

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	33.17	32.48	32.96
SUELO SECO + TARRO	gr	31.60	30.94	31.23
PESO DEL TARRO	gr	25.57	25.68	25.28
PESO DEL AGUA	gr	1.57	1.54	1.73
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.03	5.26	5.95
HUMEDAD %	%	26.04	29.28	29.08
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.74	21.92
21.15	20.64
12.67	13.06
1.59	1.28
8.48	7.58
18.75	16.89

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.65

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.82

ÍNDICE PLÁSTICO % : 09.84

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

KM 7+500

CALICATA 1 - MUESTRA 1 - LUTITA 5.4%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.73
SUELO SECO + TARRO	gr	83.02
PESO DEL TARRO	gr	22.94
PESO DEL AGUA	gr	9.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	60.08
HUMEDAD %	%	16.16

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	35.47	36.02	35.5
SUELO SECO + TARRO	gr	34.26	34.54	34.07
PESO DEL TARRO	gr	29.27	29.21	29.4
PESO DEL AGUA	gr	1.21	1.48	1.43
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.99	5.33	4.67
HUMEDAD %	%	24.25	27.77	30.62
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20.58	21.63
19.49	20.51
13.08	13.12
1.09	1.12
6.41	7.39
17.00	15.16

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.02

LÍMITE PLÁSTICO % : 16.08

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 10.94

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

KM 18+500

CALICATA 2 - MUESTRA 2+ LUTITA 6.4%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.62
SUELO SECO + TARRO	gr	85.01
PESO DEL TARRO	gr	27.63
PESO DEL AGUA	gr	9.61
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.38
HUMEDAD %	%	16.75

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	32.36	32.18	31.62
SUELO SECO + TARRO	gr	30.36	29.92	29.78
PESO DEL TARRO	gr	22.77	22.09	22.37
PESO DEL AGUA	gr	2.00	2.26	1.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.59	7.83	7.41
HUMEDAD %	%	26.35	28.86	24.83
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.56	21.75
21.35	20.52
13.19	13.06
1.21	1.23
8.16	7.46
14.83	16.49

LÍMITE LIQUIDO % : 26.31

LÍMITE PLÁSTICO % : 15.66

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.65

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MANAZO

PROGRESIVA

KM 30+000

MUESTRA

CALICATA 3: MUESTRA 3+1 LUTITA 6.4%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96.57
SUELO SECO + TARRO	gr	88.06
PESO DEL TARRO	gr	34.94
PESO DEL AGUA	gr	8.51
PESO DEL SUELO SECO	gr	53.12
HUMEDAD %	%	16.02

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	33.44	32.76	33.26
SUELO SECO + TARRO	gr	31.97	31.61	31.46
PESO DEL TARRO	gr	26.22	26.92	25.95
PESO DEL AGUA	gr	1.47	1.15	1.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.75	4.69	5.51
HUMEDAD %	%	25.57	24.52	32.67
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.41	21.62
21.22	20.43
13.48	13.22
1.19	1.19
7.74	7.21
15.37	16.50

LÍMITE LÍQUIDO % : 27.03

LÍMITE PLÁSTICO % : 15.94

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 11.09

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

Bach. HANS AMADO SUCAPOCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

KM 7+500

CALICATA 1 - MUESTRA 1 + LUTITA 7.4%

09 DE ABRIL DEL 2023

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	94.44
SUELO SECO + TARRO	gr	86.02
PESO DEL TARRO	gr	30.91
PESO DEL AGUA	gr	8.42
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.11
HUMEDAD %	%	15.28

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	31.46	32.10	31.38
SUELO SECO + TARRO	gr	29.77	30.23	29.88
PESO DEL TARRO	gr	23.62	24.53	23.95
PESO DEL AGUA	gr	1.69	1.87	1.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.15	5.70	5.93
HUMEDAD %	%	27.48	32.81	25.30
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	20.52	21.03
	19.38	19.69
	12.27	12.38
	1.14	1.34
	7.11	7.31
	16.03	18.33

LÍMITE LÍQUIDO % : 28.14

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.18

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.96

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP-103257



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



PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MANAZO

KM 16+500

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + LUTITA 7.4%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.23
SUELO SECO + TARRO	gr	86.73
PESO DEL TARRO	gr	29.75
PESO DEL AGUA	gr	8.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.98
HUMEDAD %	%	14.92

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	30.37	31.64	30.91
SUELO SECO + TARRO	gr	28.54	29.35	29.14
PESO DEL TARRO	gr	22.65	21.73	22.59
PESO DEL AGUA	gr	1.83	2.29	1.77
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.89	7.62	6.55
HUMEDAD %	%	31.07	30.05	27.02
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.56	22.01
20.27	20.84
12.81	13.11
1.29	1.37
7.46	7.53
17.29	18.19

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.00

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.74

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 11.25

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

Donde

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP/103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPOCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA

KM 30+000

MUESTRA

GALICATA 3 - MUESTRA 3 + LUTITA 7.4%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	95.18
SUELO SECO + TARRO	gr	86.55
PESO DEL TARRO	gr	30.73
PESO DEL AGUA	gr	8.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.82
HUMEDAD %	%	15.46

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	35.57	36.37	34.89
SUELO SECO + TARRO	gr	33.88	34.33	33.58
PESO DEL TARRO	gr	28.61	27.91	28.42
PESO DEL AGUA	gr	1.69	2.04	1.31
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.27	6.42	5.16
HUMEDAD %	%	32.07	31.78	25.39
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.42	21.74
20.93	20.41
12.51	13.09
1.49	1.33
8.42	7.32
17.70	18.17

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.40

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.93

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.47

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA

KM 7+500

MUESTRA

CALICATA Y - MUESTRA 1 - CENIZA DE EUCALIPTO 6%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.84
SUELO SECO + TARRO	gr	84.25
PESO DEL TARRO	gr	25.78
PESO DEL AGUA	gr	7.59
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.47
HUMEDAD %	%	12.98

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	31.54	32.62	30.08
SUELO SECO + TARRO	gr	29.57	30.41	28.75
PESO DEL TARRO	gr	23.45	23.54	24.68
PESO DEL AGUA	gr	1.97	2.21	1.33
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.12	6.87	4.07
HUMEDAD %	%	32.19	32.17	32.68
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.84

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.56

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.28

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
19.98	21.35
19.76	20.86
18.55	18.32
0.22	0.49
1.11	2.54
19.82	19.29



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA

KM 10+500

MUESTRA

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + CENIZA DE EUCALIPTO 6%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.08
SUELO SECO + TARRO	gr	83.95
PESO DEL TARRO	gr	27.54
PESO DEL AGUA	gr	7.23
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.31
HUMEDAD %	%	12.84

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	33.51	32.47	31.95
SUELO SECO + TARRO	gr	31.12	30.16	29.74
PESO DEL TARRO	gr	23.54	22.85	22.74
PESO DEL AGUA	gr	2.39	2.31	2.21
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.58	7.31	7.00
HUMEDAD %	%	31.53	31.60	31.57
N° DE GOLPES		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.17	19.98
19.74	18.88
12.35	13.24
1.43	1.10
7.39	5.64
19.35	19.50

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.08

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.43

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.65

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CAGARES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Gerardo Yana Torres
CIP 103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA

KM 30+000

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + CENIZA DE EUCALIPTO 4%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.35
SUELO SECO + TARRO	gr	83.92
PESO DEL TARRO	gr	28.62
PESO DEL AGUA	gr	6.43
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.30
HUMEDAD %	%	11.63

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	30.46	33.16	31.57
SUELO SECO + TARRO	gr	29.02	31.80	30.21
PESO DEL TARRO	gr	24.62	27.51	26.19
PESO DEL AGUA	gr	1.44	1.36	1.36
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.40	4.29	4.02
HUMEDAD %	%	32.73	31.70	33.83
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
23.75	22.54
21.95	20.91
13.25	13.35
1.80	1.63
8.70	7.56
20.69	21.56

LÍMITE LIQUIDO % : 32.22

LÍMITE PLÁSTICO % : 21.13

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.10

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS

Dr. Arnaldo Yano Torres

CIP. 103267



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

PROGRESIVA

KM 7+500

MUESTRA

CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE EUCALIPTO 6%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.67
SUELO SECO + TARRO	gr	84.25
PESO DEL TARRO	gr	27.63
PESO DEL AGUA	gr	6.42
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.62
HUMEDAD %	%	11.34

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	35.62	34.52	31.95
SUELO SECO + TARRO	gr	33.62	33.05	30.88
PESO DEL TARRO	gr	27.62	28.54	27.58
PESO DEL AGUA	gr	2.00	1.47	1.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.00	4.51	3.30
HUMEDAD %	%	33.33	32.59	32.42
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
22.68	20.68
20.80	19.20
12.36	12.52
1.88	1.48
8.44	6.68
22.27	22.16

LÍMITE LÍQUIDO % : 32.29

LÍMITE PLÁSTICO % : 22.22

ÍNDICE PLÁSTICO % : 10.08

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDRÉS BÉSTERO CACERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO
EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MANAZO

KM 16+500

CALICATA 2 = MUESTRA 2 + CENIZA DE EUCALIPTO 9%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.36
SUELO SECO + TARRO	gr	85.72
PESO DEL TARRO	gr	31.54
PESO DEL AGUA	gr	6.64
PESO DEL SUELO SECO	gr	54.18
HUMEDAD %	%	12.26

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	34.57	31.65	32.47
SUELO SECO + TARRO	gr	33.02	30.72	31.36
PESO DEL TARRO	gr	27.95	27.69	27.72
PESO DEL AGUA	gr	1.55	0.93	1.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	5.07	3.03	3.64
HUMEDAD %	%	30.57	30.69	30.49
N° DE GÓLPE		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
20.68	21.65
19.55	20.36
13.54	13.56
1.13	1.29
6.01	6.80
18.80	18.97

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.12

LÍMITE PLÁSTICO % : 18.89

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.23

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



UNIVERSIDAD ANDRÉS BÉSTERO CACERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

M.S.C. A. TORRES
JEFE DE LABORATORIO

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO

SOLICITANTE

Bach: HANS AMADO SUCAPUCA URROTI

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MANAZO

PROGRESIVA

KM 30+000

MUESTRA

CALICATA 3 : MUESTRA 3 : CENIZA DE EUCALIPTO 9%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.51
SUELO SECO + TARRO	gr	86.62
PESO DEL TARRO	gr	28.67
PESO DEL AGUA	gr	6.89
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.95
HUMEDAD %	%	11.89

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	32.78	33.87	31.62
SUELO SECO + TARRO	gr	30.28	31.02	29.48
PESO DEL TARRO	gr	22.54	21.98	22.63
PESO DEL AGUA	gr	2.50	2.85	2.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.74	9.04	6.85
HUMEDAD %	%	32.30	31.53	31.24
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

	T-14	T-15
	23.47	22.73
	21.85	21.35
	14.25	13.98
	1.62	1.38
	7.60	7.37
	21.32	18.72

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.22

LÍMITE PLÁSTICO % : 20.02

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 11.20

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = 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
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

Bach. HANS AMADO SUCAPOCA URRUTIA
CARRETERA JULIACA - MAÑAZO
KM 7+500
CALICATA 1 - MUESTRA 1+ CENIZA DE EUCALIPTO 12%
09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.58
SUELO SECO + TARRO	gr	84.95
PESO DEL TARRO	gr	29.54
PESO DEL AGUA	gr	6.63
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.41
HUMEDAD %	%	11.97

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	32.72	33.56	33.2
SUELO SECO + TARRO	gr	30.75	31.25	31.09
PESO DEL TARRO	gr	24.51	23.98	24.25
PESO DEL AGUA	gr	1.97	2.31	2.11
PESO DEL SUELO SECO	gr	6.24	7.27	6.84
HUMEDAD %	%	31.57	31.77	30.85
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
23.51	22.87
21.72	21.22
12.63	12.85
1.79	1.65
9.09	8.37
19.69	19.71

LÍMITE LÍQUIDO % : 30.93

LÍMITE PLÁSTICO % : 19.70

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.22

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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



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

SOLICITANTE

LUGAR

PROGRESIVA

MUESTRA

FECHA

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

CARRETERA JULIACA - MAÑAZO

KM.16+500

CALICATA 2 - MUESTRA 2 + CENIZA DE EUCALIPTO 12%

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.23
SUELO SECO + TARRO	gr	82.32
PESO DEL TARRO	gr	23.69
PESO DEL AGUA	gr	7.91
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.63
HUMEDAD %	%	13.49

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	31.24	30.57	32.57
SUELO SECO + TARRO	gr	28.97	28.37	30.19
PESO DEL TARRO	gr	21.58	21.32	21.85
PESO DEL AGUA	gr	2.27	2.20	2.38
PESO DEL SUELO SECO	gr	7.39	7.05	8.34
HUMEDAD %	%	30.72	31.21	28.54
N° DE GOLPES	-	31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
21.85	22.84
20.75	21.65
14.62	14.78
1.10	1.19
6.13	6.87
17.94	17.32

LÍMITE LÍQUIDO % : 29.73

LÍMITE PLÁSTICO % : 17.63

ÍNDICE PLÁSTICO % : 12.09

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024

SOLICITANTE

Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

LUGAR

CARRETERA JULIACA - MANAZO

PROGRESIVA

KM 30+000

MUESTRA

CALICATA 3 - MUESTRA 3 + CENIZA DE EUCALIPTO 12%

FECHA

09 DE ABRIL DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.25
SUELO SECO + TARRO	gr	84.21
PESO DEL TARRO	gr	28.95
PESO DEL AGUA	gr	7.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	55.26
HUMEDAD %	%	12.74

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	34.70	33.28	32.69
SUELO SECO + TARRO	gr	33.21	32.38	31.72
PESO DEL TARRO	gr	28.65	29.69	28.58
PESO DEL AGUA	gr	1.49	0.90	0.97
PESO DEL SUELO SECO	gr	4.56	2.69	3.14
HUMEDAD %	%	32.68	33.46	30.89
N° DE GOLPES		31	24	14

LÍMITE PLÁSTICO

T-14	T-15
19.85	22.47
18.57	20.85
12.57	13.12
1.28	1.62
6.00	7.73
21.33	20.96

LÍMITE LÍQUIDO % : 31.88

LÍMITE PLÁSTICO % : 21.15

ÍNDICE DE PLASTICIDAD % : 10.73

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

Donde:

LL = Límite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Número de Golpes



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

M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MAÑAZO
PROGRESIVA	KM.7+500
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

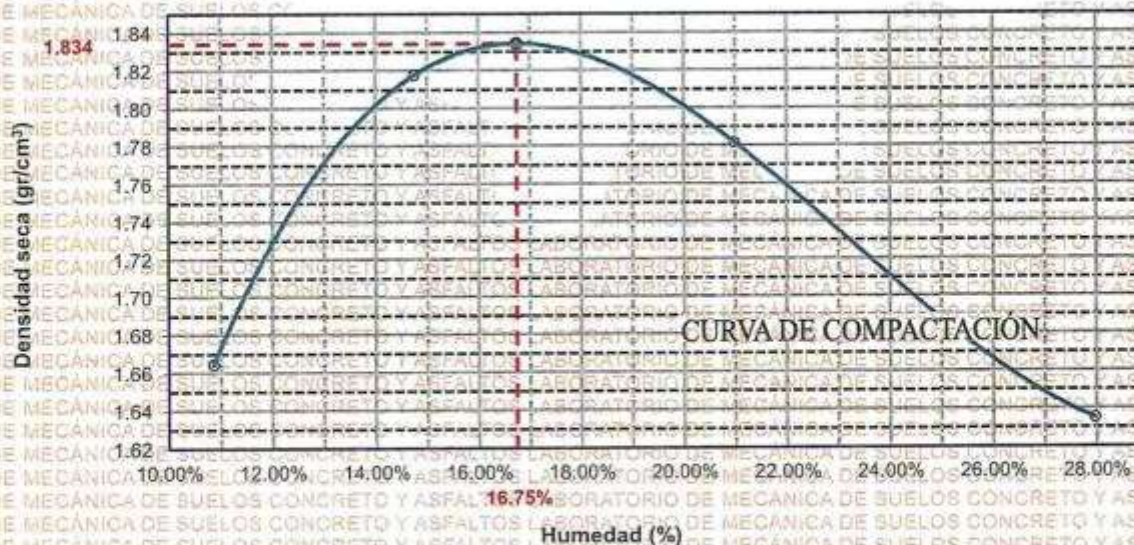
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6108	6167	6102	5877
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1957	2016	1951	1726
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.092	2.155	2.086	1.845

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.21	73.56	82.81	90.83	80.02	91.58	90.78	89.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	59.02	62.18	71.42	79.78	72.25	82.39	84.16	82.65
Peso del Agua	gr.	10.19	11.38	11.39	11.05	7.77	9.19	6.62	6.63
Peso de la Capsula	gr.	19.52	24.43	19.91	24.14	21.15	18.15	22.65	22.14
Peso del Suelo Seco	gr.	39.50	37.75	51.51	55.64	51.10	64.24	61.51	60.51
% de Humedad	%	25.80%	30.15%	22.11%	19.86%	15.21%	14.31%	10.76%	10.96%
Promedio de Humedad	%	27.97%		20.99%		14.76%		10.86%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.635		1.782		1.818		1.665	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.834 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	16.75%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

Dr. Arnaldo Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MAÑAZO
PROGRESIVA	KM 16+500
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

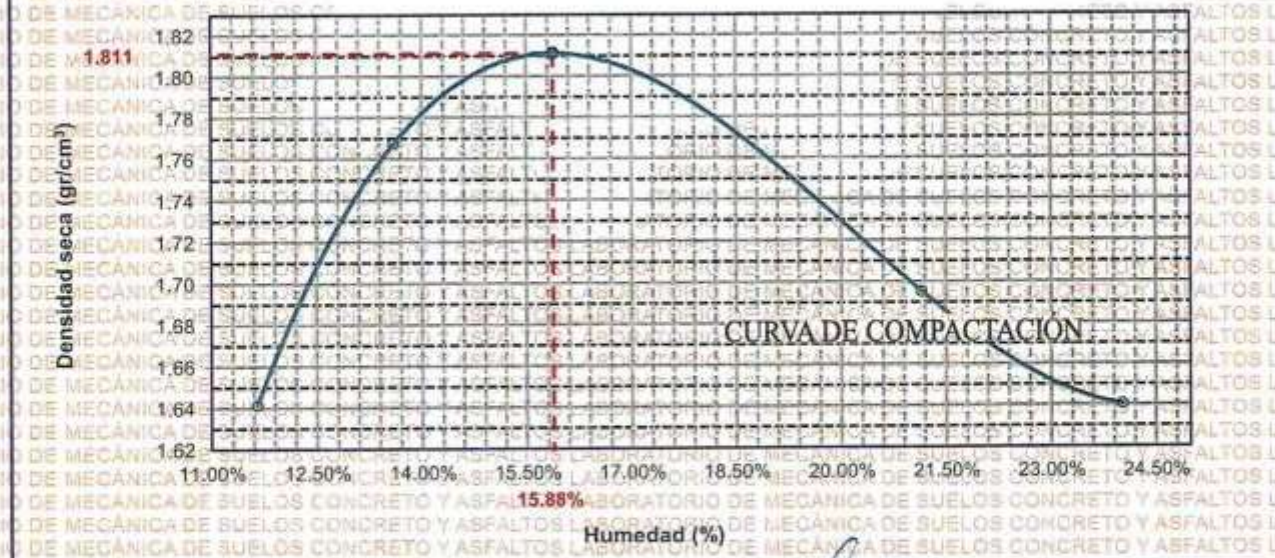
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6054	6072	6029	5865
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1903	1921	1878	1714
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.035	2.054	2.008	1.833

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	70.23	75.84	84.35	93.41	80.26	94.57	91.55	91.31
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	60.72	65.92	73.62	81.22	74.15	84.28	85.38	83.16
Peso del Agua	gr.	9.51	9.92	10.73	12.19	6.11	10.29	6.17	8.13
Peso de la Capsula	gr.	20.21	25.54	20.76	25.83	21.48	18.31	23.14	22.41
Peso del Suelo Seco	gr.	40.51	40.38	52.86	55.39	52.67	65.97	62.24	60.77
% de Humedad	%	23.48%	24.57%	20.30%	22.01%	11.60%	15.60%	9.91%	13.38%
Promedio de Humedad	%	24.02%		21.15%		13.60%		11.65%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.641		1.695		1.768		1.641	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.811 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.88%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024		
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA		
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO		
PROGRESIVA	KM 30+000		
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3		
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025		

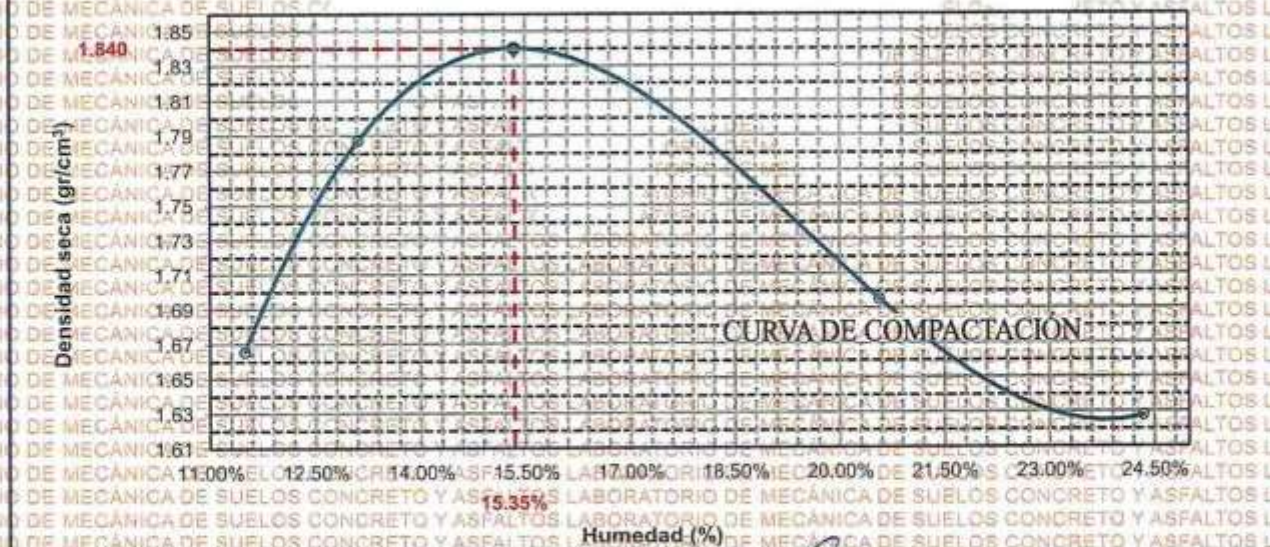
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6044	6063	6042	5888
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1893	1912	1891	1737
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.024	2.044	2.022	1.857

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	69.08	72.37	84.43	90.24	79.12	91.56	90.57	91.08
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	59.34	63.19	72.65	80.10	72.81	82.83	83.49	84.04
Peso del Agua	gr.	9.74	9.18	11.78	10.14	6.31	8.93	7.08	7.04
Peso de la Capsula	gr.	18.76	25.06	20.12	25.89	21.52	18.51	22.38	22.29
Peso del Suelo Seco	gr.	39.58	38.13	52.53	54.21	51.29	64.12	61.11	61.75
% de Humedad	%	24.61%	24.08%	22.43%	18.71%	12.30%	13.93%	11.59%	11.40%
Promedio de Humedad	%	24.34%		20.57%		13.11%		11.49%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.628		1.696		1.787		1.666	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.840 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.35%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE:	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN:	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA:	KM 7+500
MUESTRA:	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + LUTITA 5.4%
FECHA:	09 DE ABRIL DEL 2025

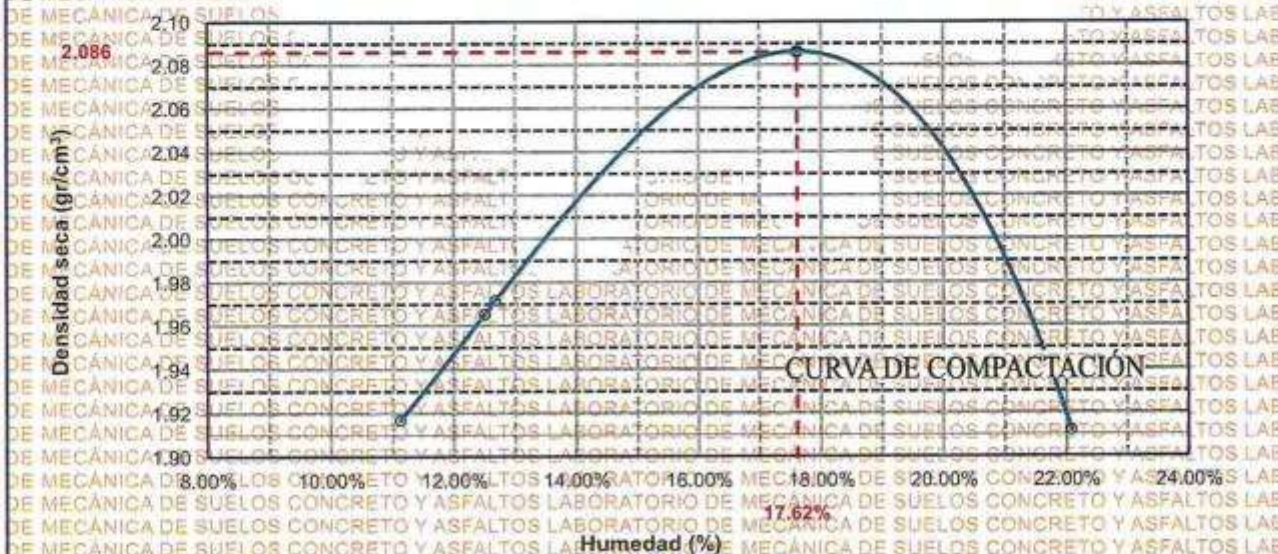
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6334	6229	6219	6143
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2183	2078	2068	1992
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.334	2.222	2.211	2.130

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	303.02	307.71	188.13	182.78	215.94	227.06	217.71	224.55
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	261.15	264.62	173.67	164.46	197.78	203.77	199.83	205.19
Peso del Agua	gr.	41.87	43.09	14.46	18.32	18.16	23.29	17.88	19.36
Peso de la Capsula	gr.	70.23	70.78	36.34	39.64	35.35	35.31	35.65	34.81
Peso del Suelo Seco	gr.	190.92	193.84	135.33	124.82	162.43	168.46	164.18	170.38
% de Humedad	%	21.93%	22.23%	10.88%	14.68%	11.18%	13.83%	10.89%	11.35%
Promedio de Humedad	%	22.08%		12.68%		12.50%		11.12%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.912		1.972		1.965		1.917	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.086 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	17.62%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

D. A. H. V. J. J. J.

CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024		
SOLICITANTE:	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA		
UBICACIÓN:	CARRETERA JULIACA - MANAZO		
PROGRESIVA:	KM 16+500		
MUESTRA:	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + LUTITA 5.4%		
FECHA:	09 DE ABRIL DEL 2025		

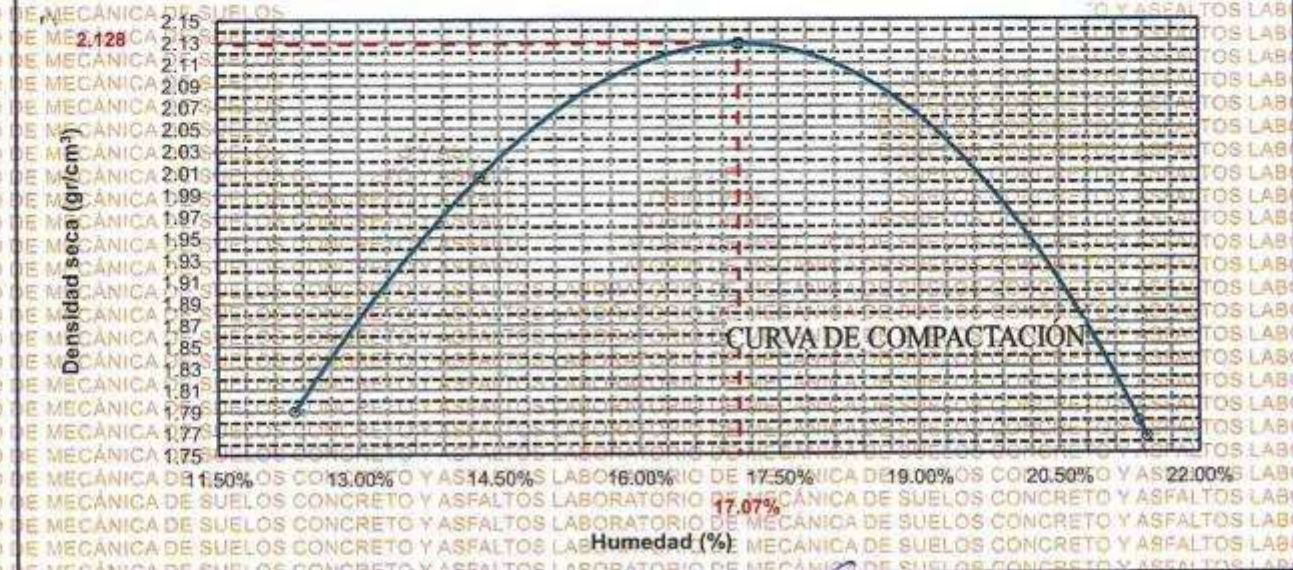
MOLDE No. DE SUELOS CONCR:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No. DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6156	6171	6295	6032
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2005	2020	2144	1881
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.144	2.160	2.292	2.011

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	300.01	307.95	194.85	185.82	221.12	224.75	220.12	224.29
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	280.74	264.76	167.25	160.24	197.63	201.25	199.26	204.21
Peso del Agua	gr.	39.27	43.19	27.60	25.58	23.49	23.50	20.87	20.08
Peso de la Capsula	gr.	70.05	70.84	38.46	39.97	35.08	35.02	35.88	34.84
Peso del Suelo Seco	gr.	190.69	193.92	128.79	120.27	162.55	166.23	163.37	169.37
% de Humedad	%	20.58%	22.27%	21.43%	21.27%	14.45%	14.14%	12.77%	11.88%
Promedio de Humedad	%	21.43%		21.35%		14.29%		12.32%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.765		1.780		2.006		1.791	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.128 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	17.07%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yano Torres
CIP: 70325



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024		
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA		
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO		
PROGRESIVA	KM 30+000		
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + LUTITA 5.4%		
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025		

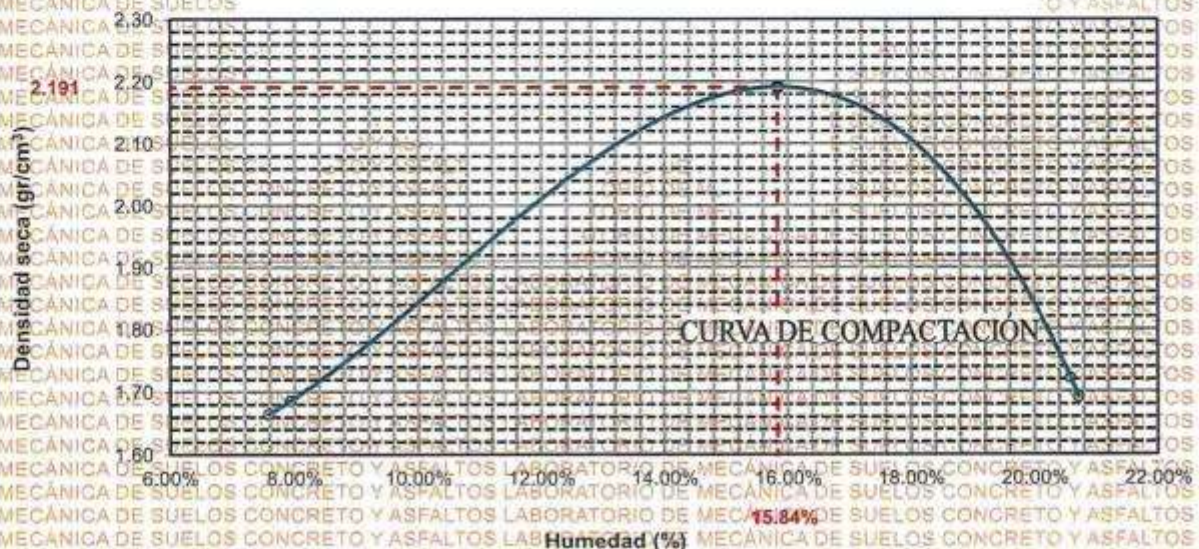
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6061	6092	5853	5826
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1910	1941	1702	1675
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.042	2.075	1.820	1.791

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	296.36	273.31	224.53	208.71	170.15	170.06	203.95	199.21
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	257.62	238.11	191.13	180.39	157.30	162.98	188.79	182.81
Peso del Agua	gr.	38.74	35.20	33.40	28.32	12.85	7.08	15.16	7.40
Peso de la Capsula	gr.	70.24	68.47	35.88	36.27	34.05	33.06	38.62	37.28
Peso del Suelo Seco	gr.	187.38	169.64	155.25	144.12	123.25	129.92	150.17	145.53
% de Humedad	%	20.67%	20.75%	21.51%	19.65%	10.43%	5.45%	10.10%	5.08%
Promedio de Humedad	%	20.71%		20.58%		7.94%		7.59%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.692		1.721		1.686		1.664	

METODO	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.191 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.84%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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



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	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACION DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACION	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 7+500
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + LUTITA 6.4%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

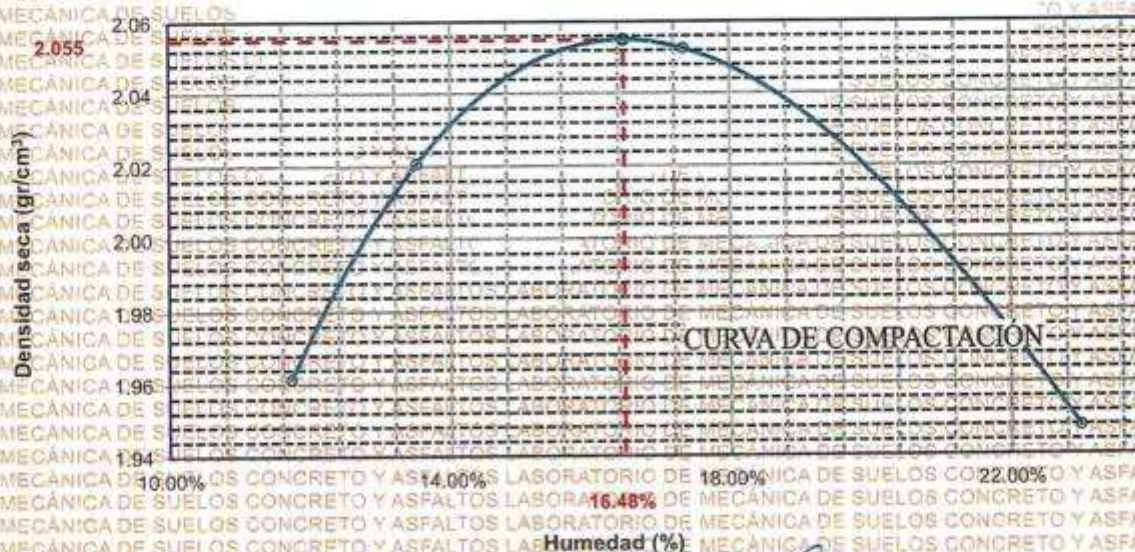
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6392	6404	6297	6201
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2241	2253	2146	2050
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.396	2.408	2.294	2.191

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	288.42	271.62	201.51	204.22	166.17	173.94	204.63	196.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	248.71	233.11	177.29	180.06	152.75	155.27	188.02	176.35
Peso del Agua	gr.	39.71	38.51	24.22	24.16	13.42	18.67	16.61	18.00
Peso de la Capsula	gr.	70.12	70.97	38.44	39.92	35.06	35.87	35.86	34.80
Peso del Suelo Seco	gr.	178.59	162.14	138.85	140.14	117.69	119.40	152.16	143.55
% de Humedad	%	22.24%	23.75%	17.44%	17.24%	11.40%	15.64%	10.92%	12.54%
Promedio de Humedad	%	22.99%		17.34%		13.52%		11.73%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.948		2.052		2.021		1.961	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.055 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	16.48%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE TOTORA Y CENIZA DE CAFÉ SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA AVENIDA TUPAC AMARU DE LA CIUDAD DE AYAVIRI		
SOLICITANTE	Bach. 000000		
UBICACIÓN	AVENIDA TUPAC AMARU AYAVIRI		
PROGRESIVA	KM 16+500		
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + LUTITA 6.4%		
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025		

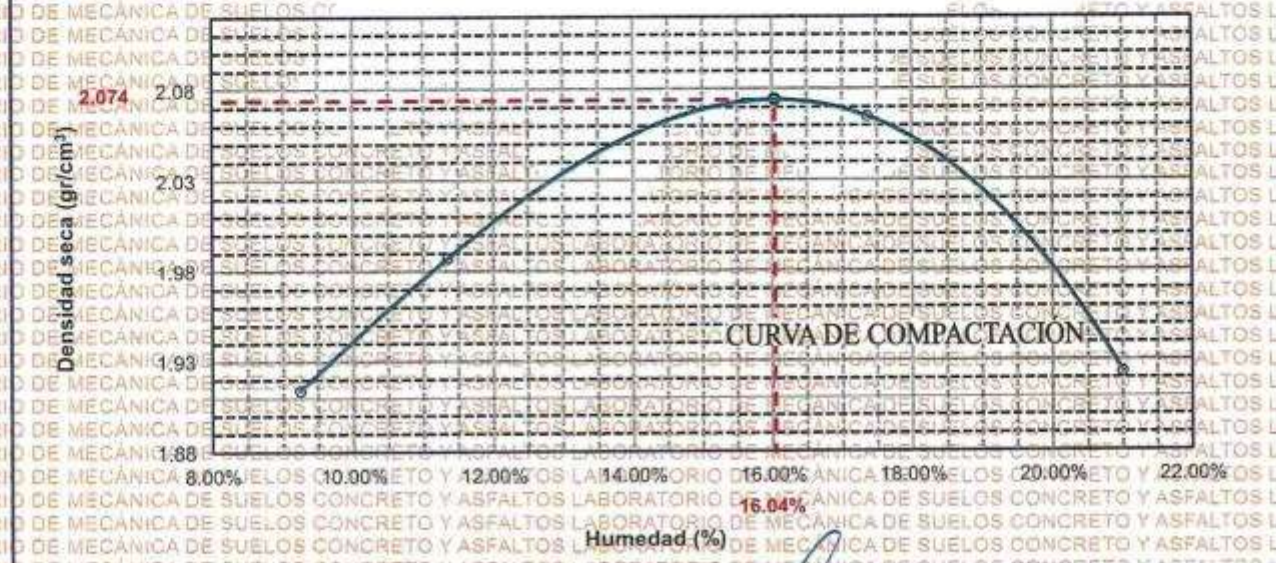
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6328	6418	6221	6107
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2177	2267	2070	1956
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.327	2.423	2.213	2.091

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	287.34	268.44	202.61	205.53	165.23	171.97	204.57	191.09
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	249.71	234.11	178.29	181.07	153.76	156.28	189.03	179.08
Peso del Agua	gr.	37.63	34.33	24.32	24.46	11.47	15.69	15.54	12.03
Peso de la Capsula	gr.	70.15	71.00	38.45	39.94	35.09	35.89	35.88	34.82
Peso del Suelo Seco	gr.	179.56	163.11	139.84	141.13	118.67	120.39	153.15	144.24
% de Humedad	%	20.98%	21.05%	17.39%	17.33%	9.67%	13.03%	10.16%	8.34%
Promedio de Humedad	%	21.00%		17.36%		11.35%		9.24%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.923		2.065		1.987		1.914	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.074 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	16.04%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach: HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 30+000
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + LUTITA 6.4%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

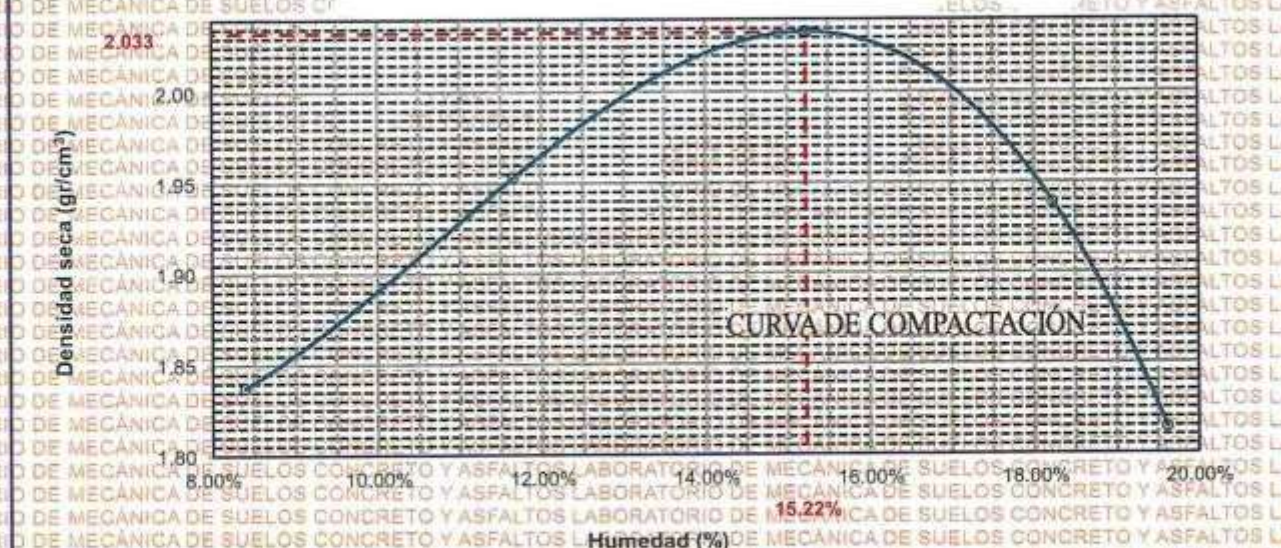
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6181	6295	6191	6014
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2030	2144	2040	1863
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.170	2.292	2.181	1.992

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	280.27	265.42	200.56	204.94	166.23	166.97	199.57	189.29
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	247.72	232.12	176.30	179.07	151.76	154.28	187.03	177.36
Peso del Agua	gr.	32.55	33.30	24.26	25.87	14.47	12.69	12.54	11.93
Peso de la Capsula	gr.	71.12	71.97	39.44	40.92	36.06	36.88	36.87	35.81
Peso del Suelo Seco	gr.	176.60	160.15	136.86	138.15	115.70	117.40	150.16	141.55
% de Humedad	%	18.43%	20.79%	17.73%	18.73%	12.51%	10.81%	8.35%	8.43%
Promedio de Humedad	%	19.61%		18.23%		11.66%		8.39%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.814		1.939		1.953		1.837	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.033 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.22%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVILLABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA

CIP 103257

BIE: 8006-00308645



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACION DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACION	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 7+500
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + LUTITA 7.4%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

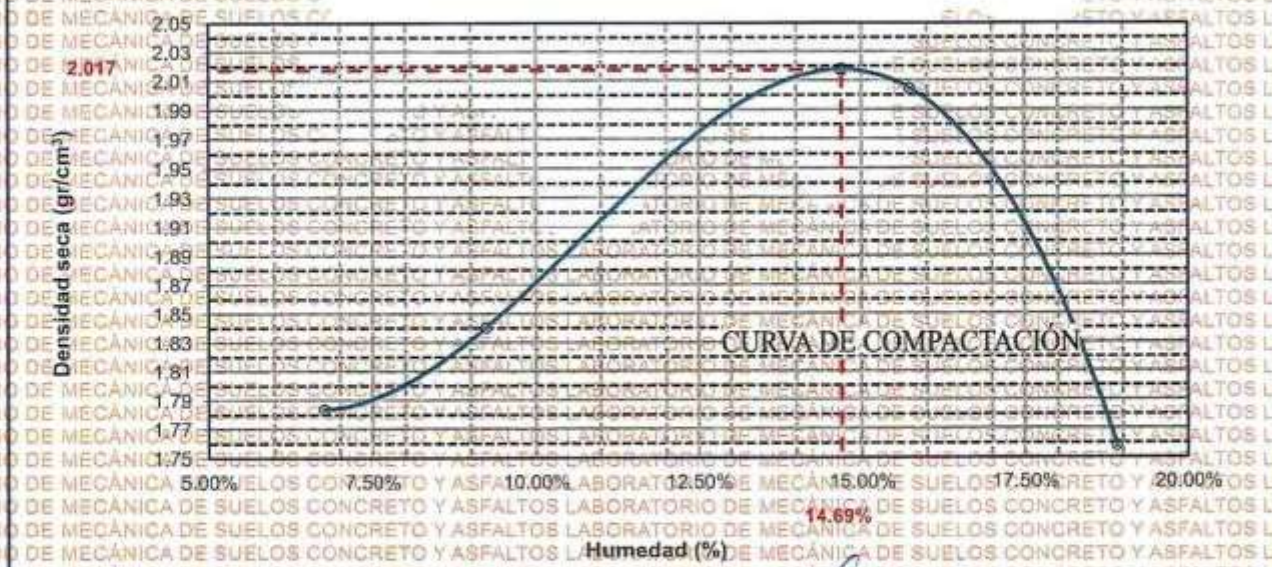
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6106	6321	6031	5932
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	1955	2170	1880	1781
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.090	2.320	2.010	1.904

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	288.25	270.47	221.55	205.29	172.41	174.84	200.28	189.19
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	251.93	240.11	196.09	182.36	163.26	160.77	189.77	179.84
Peso del Agua	gr.	36.33	30.36	25.46	22.93	9.15	14.07	10.51	9.35
Peso de la Capsula	gr.	70.42	69.54	35.08	35.89	35.69	36.05	38.49	37.62
Peso del Suelo Seco	gr.	181.51	170.57	161.01	146.47	127.57	124.72	151.28	142.22
% de Humedad	%	20.02%	17.80%	15.81%	15.66%	7.17%	11.28%	6.85%	6.57%
Promedio de Humedad	%	18.91%		15.73%		9.23%		6.76%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.758		2.005		1.840		1.784	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.017 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	14.69%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



INVESTIGACION NESTOR CACERES VELASQUEZ
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.R. 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 16+500
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + CLUTITA 7.4%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

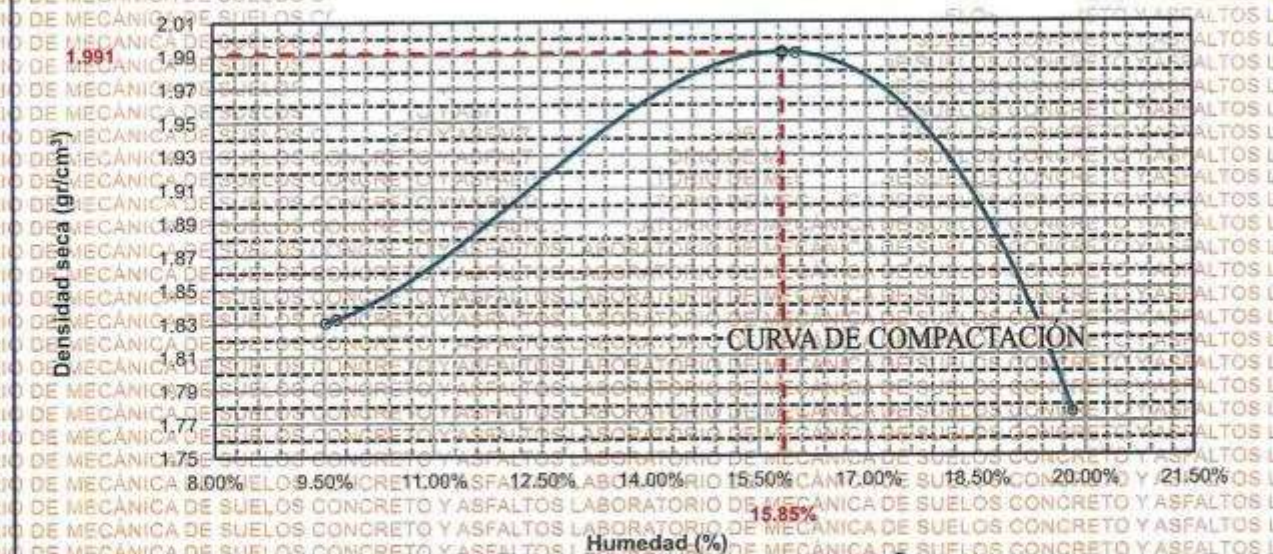
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6312	6141	6026	6031
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2161	1990	1875	1880
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.310	2.128	2.005	2.010

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	281.34	271.44	235.81	203.29	172.30	172.05	206.68	192.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	257.93	238.11	194.09	163.36	157.86	162.77	192.77	177.84
Peso del Agua	gr.	23.41	33.33	41.72	19.93	14.44	9.28	13.91	14.51
Peso de la Capsula	gr.	70.08	68.12	34.68	35.49	35.62	34.63	38.73	37.42
Peso del Suelo Seco	gr.	187.85	169.99	159.41	147.87	122.24	128.14	154.04	140.42
% de Humedad	%	12.46%	19.61%	26.17%	13.48%	11.81%	7.24%	9.03%	10.33%
Promedio de Humedad	%	16.03%	19.62%	19.62%	13.48%	9.53%	9.53%	9.53%	9.68%
Densidad del Suelo Seco	%	1.991	1.776	1.776	1.776	1.830	1.830	1.833	1.833

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.991 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.85%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

Dr. Arnaldo Yana Torres
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 30+000
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + LUTITA 7.4%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

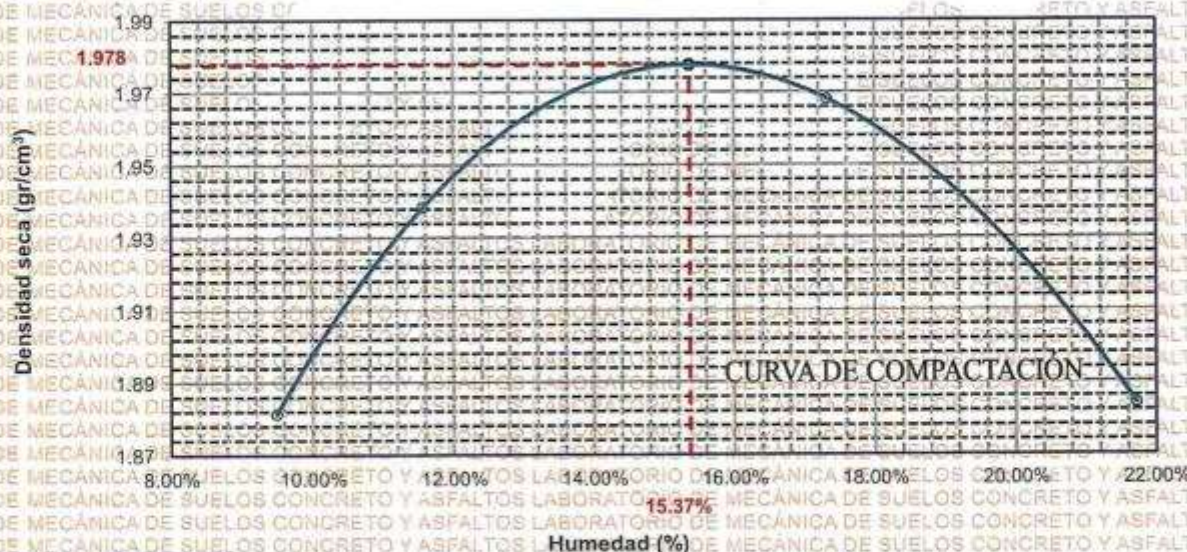
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6296	6311	6174	6078
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	2145	2160	2023	1927
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.293	2.309	2.163	2.060

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	291.34	272.44	221.55	204.29	170.30	173.05	202.89	190.19
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	251.93	236.11	194.09	179.36	156.26	158.77	187.77	177.79
Peso del Agua	gr.	39.41	36.33	27.46	24.93	14.04	14.28	15.12	12.40
Peso de la Capsula	gr.	70.12	69.14	35.09	35.89	35.09	35.05	38.80	37.41
Peso del Suelo Seco	gr.	181.81	166.97	159.00	143.47	121.17	123.72	148.97	140.38
% de Humedad	%	21.68%	21.76%	17.27%	17.38%	11.59%	11.54%	10.15%	8.83%
Promedio de Humedad	%	21.72%		17.32%		11.56%		9.49%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.884		1.968		1.938		1.881	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.978 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.37%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103267



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO ASTM D-698 D-1557 AASHTO T-99 T-180

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUGAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 7+5000
MUESTRA	CALICATA 1- MUESTRA 1 + CENIZA DE EUCALIPTO 6%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

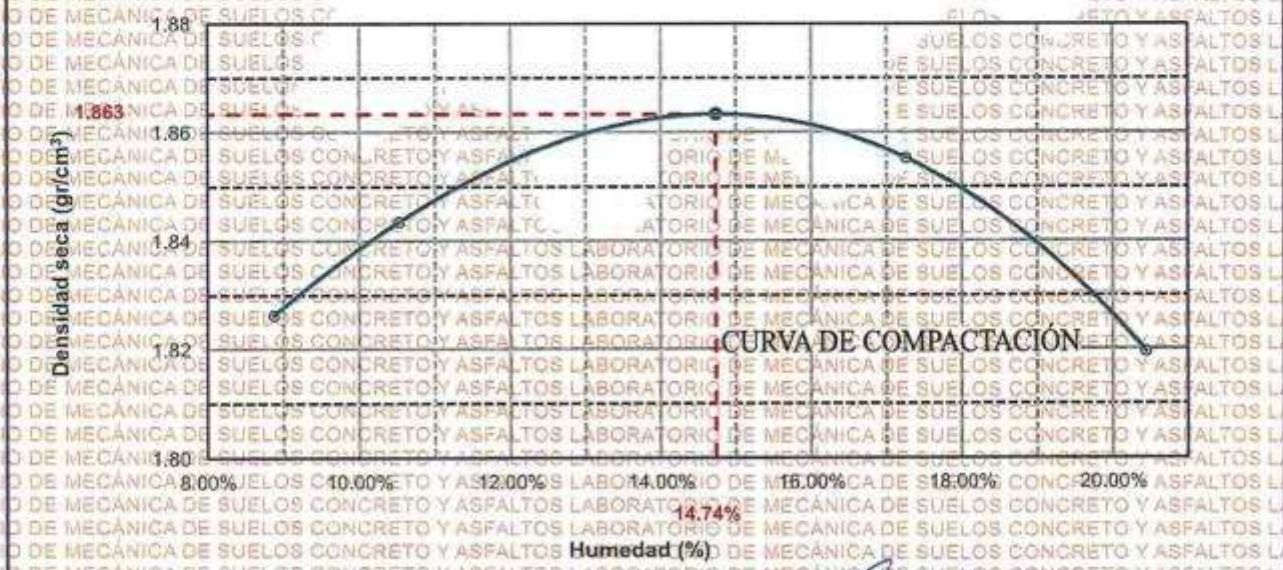
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6201	6186	6057	6011
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2050	2035	1906	1860
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.191	2.175	2.037	1.988

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	285.34	268.44	202.55	205.29	166.22	168.96	203.56	191.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	249.71	234.11	178.29	181.06	153.75	158.27	169.02	179.35
Peso de la Capsula	gr.	35.63	34.33	24.26	24.23	12.47	12.69	14.54	11.93
Peso del Suelo Seco	gr.	70.12	70.97	38.44	39.92	35.06	35.87	35.86	34.80
% de Humedad	%	19.84%	21.04%	17.35%	17.17%	10.51%	10.54%	8.49%	8.25%
Promedio de Humedad	%	20.44%		17.26%		10.52%		8.87%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.819		1.855		1.843		1.826	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.863 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	14.74%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



Dr. Arnoldo Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 16+500
MUESTRA	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + CENIZA DE EUCALIPTO 6%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

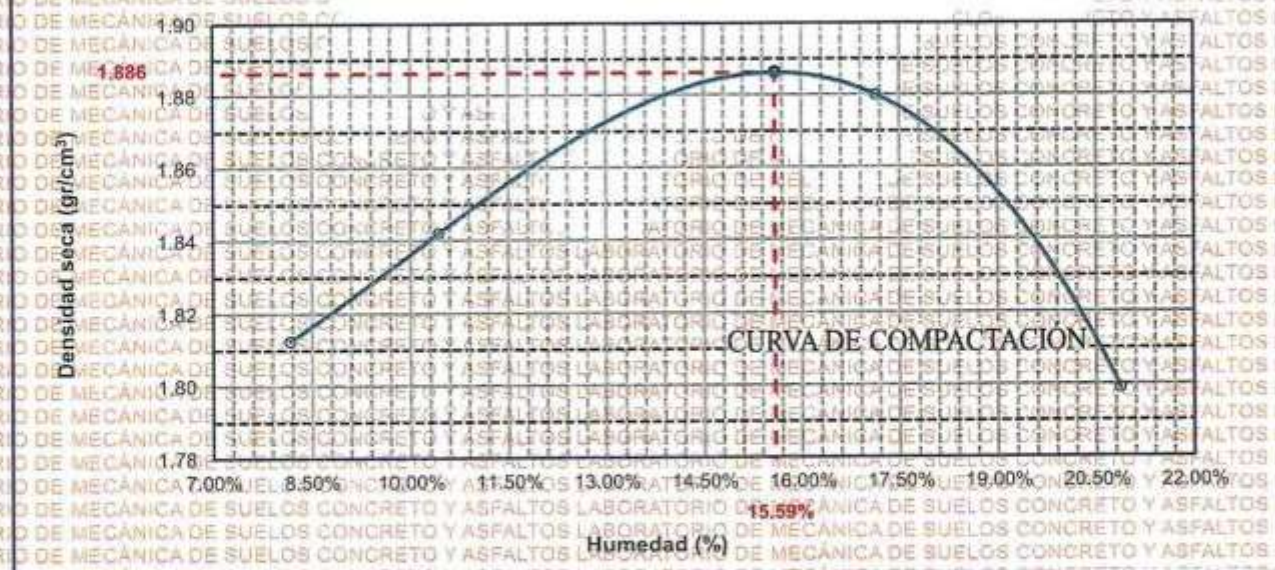
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6185	6211	6054	5985
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2034	2060	1903	1834
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.174	2.202	2.034	1.961

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	269.36	270.45	204.57	207.31	168.24	170.98	203.59	193.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	251.73	236.14	180.31	183.09	155.77	158.29	191.04	181.37
Peso del Agua	gr.	37.63	34.32	24.26	24.22	12.47	12.69	12.55	11.93
Peso de la Capsula	gr.	71.12	71.97	39.44	40.92	36.06	36.87	36.86	35.80
Peso del Suelo Seco	gr.	180.61	164.17	140.87	142.17	119.71	121.42	154.18	145.57
% de Humedad	%	20.83%	20.91%	17.22%	17.04%	10.42%	10.45%	8.14%	8.20%
Promedio de Humedad	%	20.87%		17.13%		10.43%		8.17%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.799		1.880		1.842		1.812	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.886 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	15.59%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD

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

LABORATORIO M.S.C.A.

JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres

BIE: 8006-00308645



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	BACH. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 30+000
MUESTRA	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + CENIZA DE EUCALIPTO 6%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

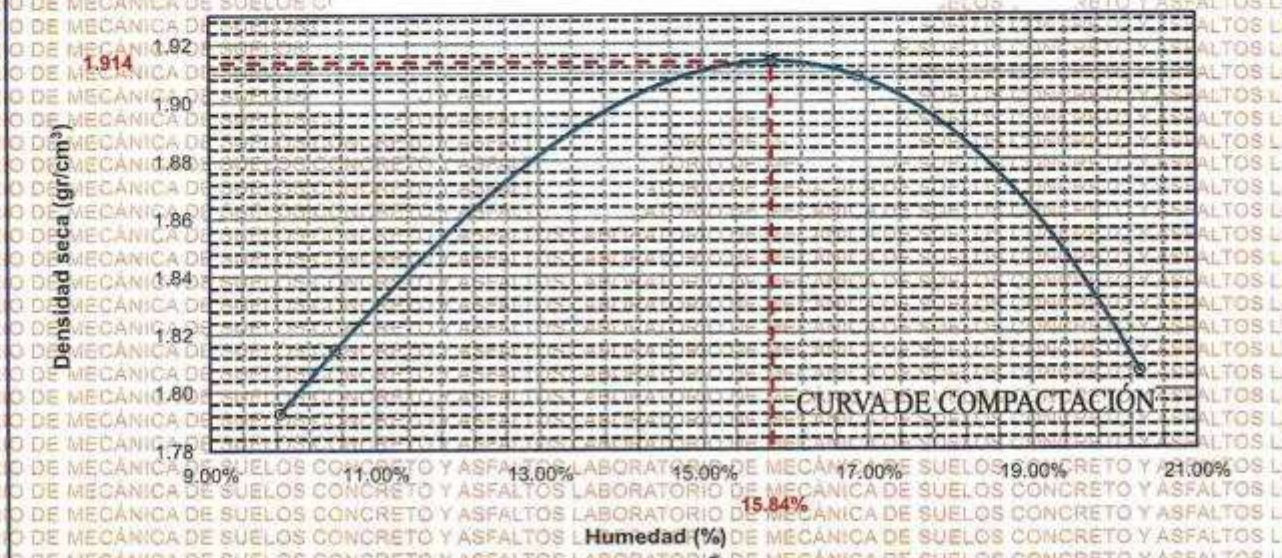
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
Nº DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6184	6238	6027	5993
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2033	2087	1876	1842
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.173	2.231	2.005	1.969

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	290.34	270.34	205.55	208.29	169.22	172.58	204.56	194.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	252.71	237.11	181.29	184.06	156.75	159.27	187.02	182.35
Peso del Agua	gr.	37.63	33.23	24.26	24.23	12.47	13.31	17.54	11.93
Peso de la Capsula	gr.	70.12	70.97	38.44	39.92	35.06	35.87	35.86	34.80
Peso del Suelo Seco	gr.	182.59	166.14	142.85	144.14	121.69	123.40	151.16	147.55
% de Humedad	%	20.61%	20.00%	16.98%	16.81%	10.25%	10.79%	11.60%	8.09%
Promedio de Humedad	%	20.31%		16.90%		10.52%		9.84%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.806		1.908		1.815		1.793	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.914 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	15.84%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICR - CAP. INGENIERÍA CIVIL
Dr. Amalio Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACION DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACION	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA	KM 7+500
MUESTRA	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE EUCALIPTO 9%
FECHA	09 DE ABRIL DEL 2025

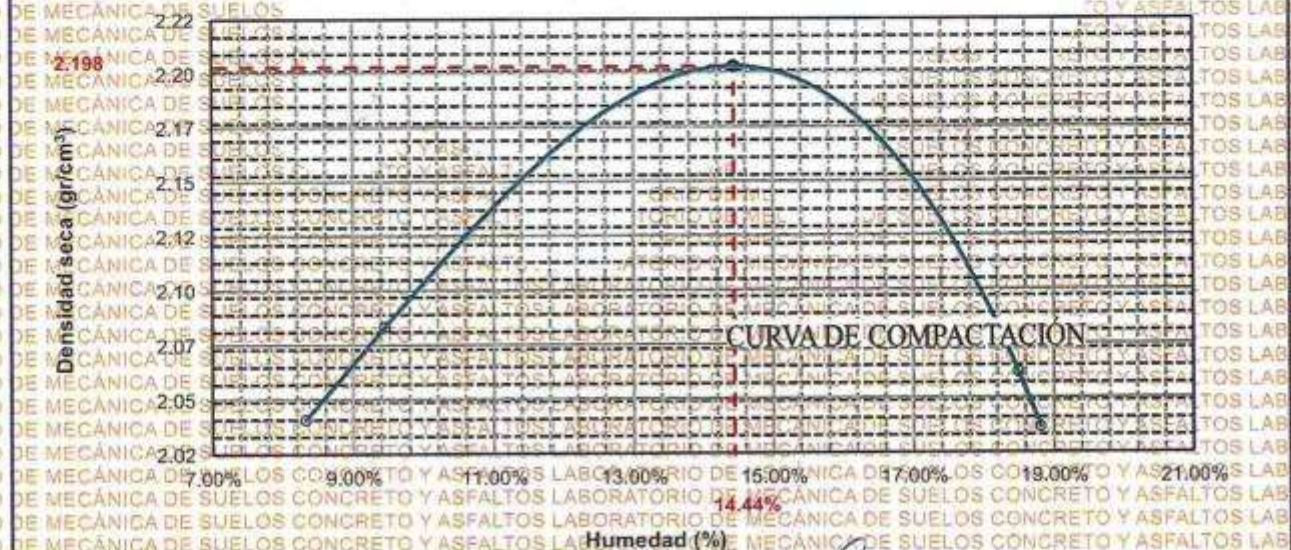
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6409	6431	6279	6214
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2258	2280	2128	2063
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.414	2.437	2.275	2.205

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	281.34	266.44	205.55	207.29	164.22	166.96	199.56	189.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	237.71	230.11	178.29	179.06	151.75	154.27	185.02	177.35
Peso del Agua	gr.	43.63	36.33	29.26	28.23	12.47	12.69	14.54	11.93
Peso de la Capsula	gr.	19.07	24.43	19.75	24.79	21.61	18.12	22.69	22.11
Peso del Suelo Seco	gr.	218.64	205.68	158.54	154.27	130.14	136.15	162.33	155.24
% de Humedad	%	19.96%	17.66%	18.69%	18.30%	9.58%	9.32%	8.96%	7.88%
Promedio de Humedad	%	18.81%		18.50%		9.45%		8.32%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.032		2.057		2.078		2.036	

METODO: ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.198 gr/cm ³
MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 14.44%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Viana Torres
CIP 163257



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:	EVALUACION DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACION DE LULITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE:	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACION:	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA:	KM 16+500
MUESTRA:	CALICATA 2 - MUESTRA 2 + CENIZA DE EUCALIPTO 9%
FECHA:	09 DE ABRIL DEL 2025

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6372	6404	6272	6183
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2221	2253	2121	2032
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.374	2.408	2.267	2.172

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	288.34	268.44	202.55	205.29	166.22	168.96	201.57	199.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	245.71	231.11	176.29	179.06	151.75	154.27	185.06	178.35
Peso del Agua	gr.	42.63	37.33	26.26	26.23	14.47	14.69	16.52	12.93
Peso de la Capsula	gr.	18.07	23.43	18.75	23.79	20.61	17.12	21.69	21.41
Peso del Suelo Seco	gr.	227.64	207.68	157.54	155.27	131.14	137.15	163.38	157.24
% de Humedad	%	18.73%	17.97%	16.87%	16.89%	11.03%	10.71%	10.11%	8.22%
Promedio de Humedad	%	18.35%		16.78%		10.87%		9.47%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.006		2.062		2.045		1.990	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.094 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	14.28%

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



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

Dr. Arnaldo Yana Torres



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:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE:	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA
UBICACIÓN:	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA:	KM 30+000
MUESTRA:	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + CENIZA DE EUCALIPTO 9%
FECHA:	09 DE ABRIL DEL 2025

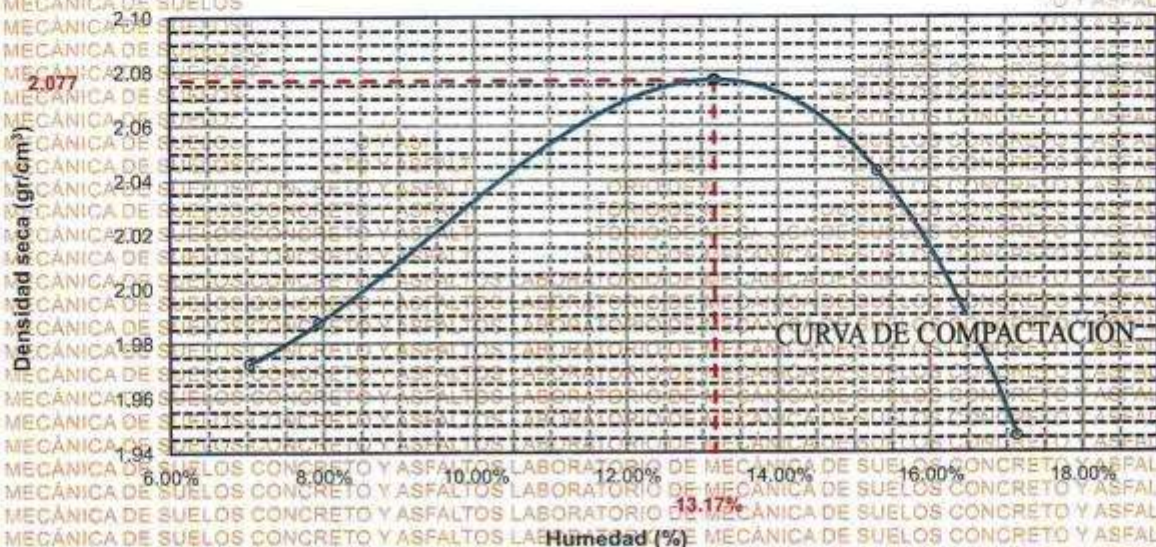
MOLDE No.:	1	VOLUMEN DEL MOLDE:	935 cm ³
No DE CAPAS:	5	GOLPES POR CAPA:	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6283	6355	6158	6125
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2132	2204	2007	1975
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.279	2.356	2.145	2.111

Capsula No.	No.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	284.35	265.45	199.56	205.36	163.23	165.97	199.57	188.29
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	242.72	233.12	177.30	180.07	152.78	155.28	187.03	178.36
Peso del Agua	gr.	41.63	32.33	22.26	25.29	10.47	10.69	12.54	9.93
Peso de la Capsula	gr.	20.07	25.43	20.75	25.79	22.61	19.12	23.69	23.11
Peso del Suelo Seco	gr.	222.65	207.69	156.55	154.28	130.15	136.16	163.34	155.25
% de Humedad	%	18.70%	15.57%	14.22%	16.39%	8.04%	7.85%	7.68%	6.40%
Promedio de Humedad	%	17.13%		15.31%		7.95%		7.04%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.946		2.043		1.987		1.972	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	2.077 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	13.17%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

Dr. Arnaldo Yana Torres



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024
SOLICITANTE:	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTUA
UBICACIÓN:	CARRETERA JULIACA - MANAZO
PROGRESIVA:	KM 7+500
MUESTRA:	CALICATA 1 - MUESTRA 1 + CENIZA DE EUCALIPTO 12%
FECHA:	09 DE ABRIL DEL 2025

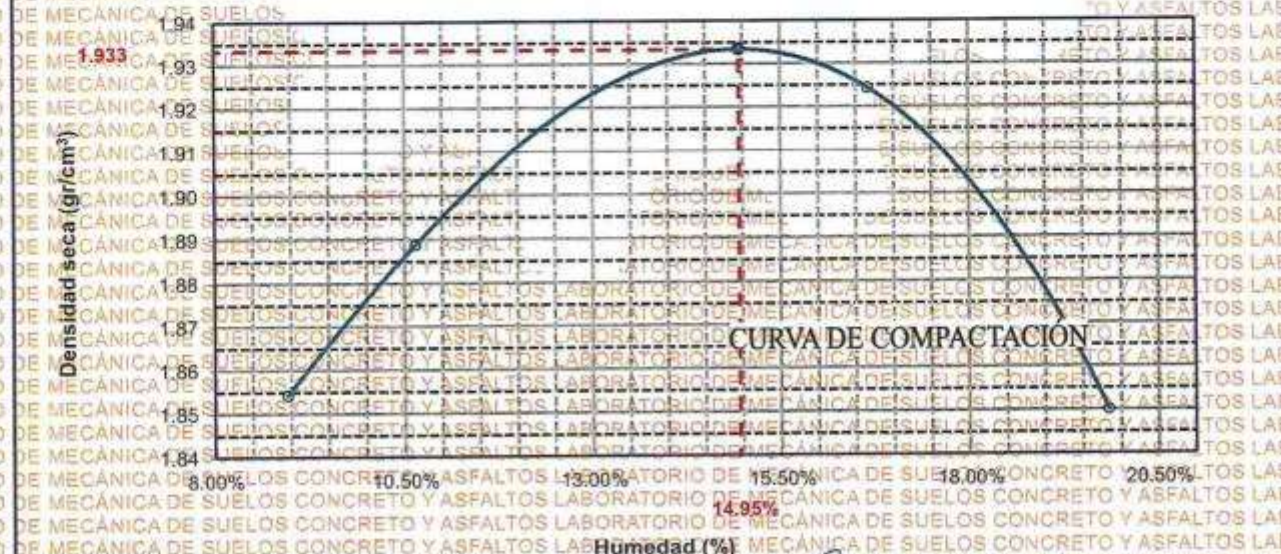
MOLDE Nº	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
Nº DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	6225	6251	6106	6041
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2074	2100	1955	1890
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.217	2.245	2.090	2.020

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	291.34	272.43	221.55	204.29	170.05	173.05	200.89	190.39
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	256.93	237.11	195.09	180.36	157.26	159.77	186.52	178.79
Peso del Agua	gr.	34.41	35.32	26.46	23.93	12.79	13.28	14.37	11.60
Peso de la Capsula	gr.	71.12	70.14	36.08	36.89	36.09	36.06	39.79	38.41
Peso del Suelo Seco	gr.	185.81	166.97	159.01	143.47	121.17	123.71	146.73	140.38
% de Humedad	%	18.52%	21.15%	16.64%	16.68%	10.56%	10.73%	9.79%	8.12%
Promedio de Humedad	%	19.84%		16.66%		10.65%		8.96%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.850		1.924		1.889		1.854	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.933 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	14.95%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Dr. Arnaldo Tana Torres
CIP 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

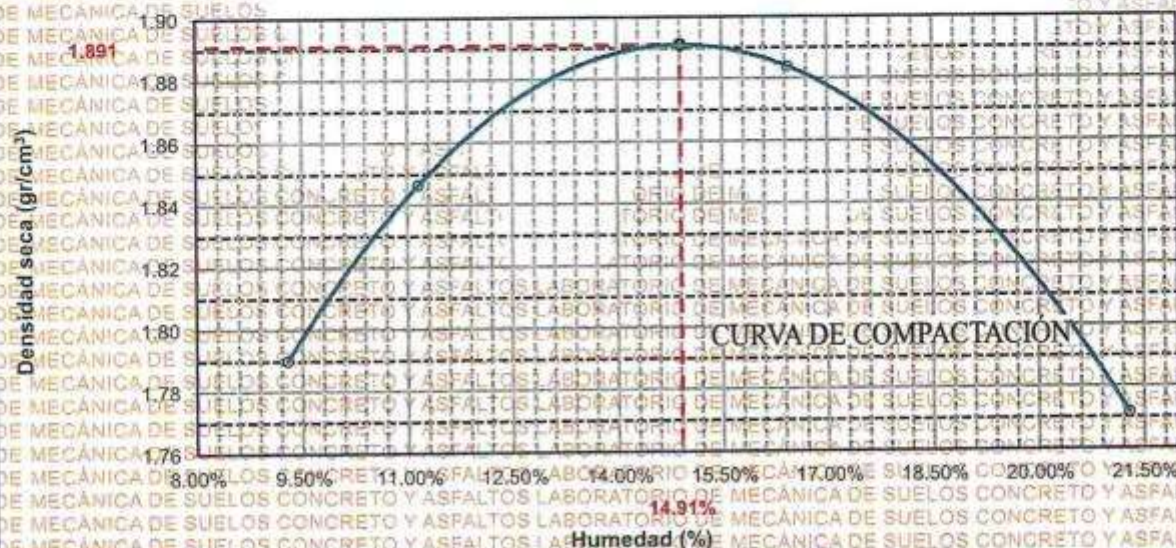
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024			
SOLICITANTE: Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA			
UBICACIÓN: CARRETERA JULIACA - MANAZO			
PROGRESIVA: KM 16+500			
MUESTRA: CALICATA 2 - MUESTRA 2 + CENIZA DE EUCALIPTO 12%			
FECHA: 09 DE ABRIL DEL 2025			
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	935 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6161	6203	6071	5981
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2010	2052	1920	1830
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.149	2.194	2.052	1.956

Capsula No.	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	292.35	273.45	222.56	205.30	172.74	174.06	201.90	191.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	252.95	238.12	196.10	181.37	158.27	160.78	186.31	179.80
Peso del Agua	gr.	39.40	35.33	26.46	23.93	14.47	13.28	15.59	11.40
Peso de la Capsula	gr.	71.09	69.13	35.07	35.88	35.08	35.04	38.79	37.40
Peso del Suelo Seco	gr.	181.86	168.99	161.03	145.49	123.19	125.74	147.52	142.40
% de Humedad	%	21.67%	20.91%	16.43%	16.45%	11.75%	10.56%	10.57%	8.01%
Promedio de Humedad	%	21.29%		16.44%		11.15%		9.29%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.772		1.884		1.846		1.790	

METODO: ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.891 gr/cm ³
MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA :	14.91%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



Dr. Arnaldo Yana Torres



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

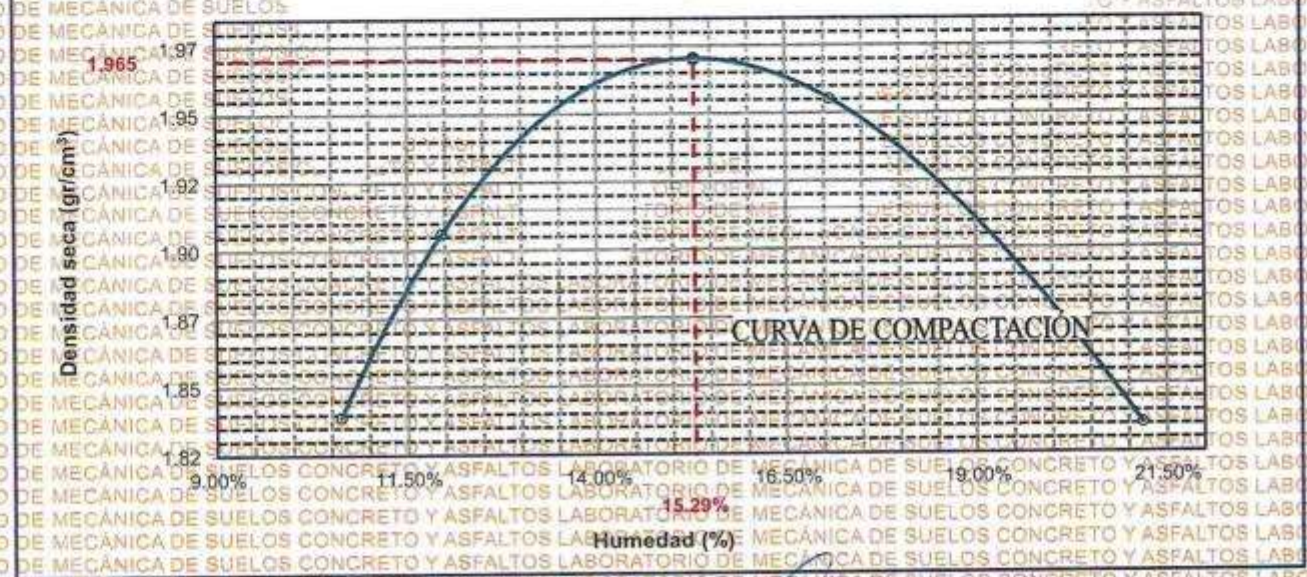
TESIS: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO SUBRASANTE CON LA APLICACIÓN DE LULITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MANAZO 2024			
SOLICITANTE:	Bach. HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA		
UBICACIÓN:	CARRETERA JULIACA - MANAZO		
PROGRESIVA:	KM 30+000		
MUESTRA:	CALICATA 3 - MUESTRA 3 + CENIZA DE EUCALIPTO 12%		
FECHA:	09 DE ABRIL DEL 2025		
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	835 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CÄPA	25 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	6226	6287	6142	6049
Peso del Molde	gr.	4151	4151	4151	4151
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2075	2136	1991	1898
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.218	2.283	2.128	2.029

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	289.35	270.45	219.56	200.30	168.31	171.06	198.90	188.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	251.94	235.11	192.10	177.37	154.27	156.78	182.78	174.80
Peso del Agua	gr.	37.41	35.34	27.46	22.93	14.04	14.28	16.12	13.40
Peso de la Capsula	gr.	72.12	71.14	37.09	37.89	37.09	37.05	40.80	39.41
Peso del Suelo Seco	gr.	179.82	163.97	155.01	139.48	117.18	119.73	141.98	135.39
% de Humedad	%	20.80%	21.55%	17.71%	16.44%	11.36%	11.93%	11.35%	9.90%
Promedio de Humedad	%	21.18%		17.08%		11.95%		10.63%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.830		1.950		1.901		1.834	

METODO: ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA : 1.965 gr/cm ³
MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA : 15.29%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
CIP: 103257



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital ☒

Fecha de entrega: 15 -01 -2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: HANS AMADO SUCAPUCA URRUTIA

Dirección: Jr. DEMETRIA HUPIRI SR. MILAGROS Mz. AS Lt. 16A1

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73473152

Teléfono: 901 646 003 email: franksucapuca14@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: M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación ☐ Tesis ☒ Trabajo de Suficiencia Profesional ☐ Trabajo Académico ☐

Título: EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE CON LA

APLICACIÓN DE LUTITA Y CENIZA DE EUCALIPTO EN PROPORCIONES

CONTROLADAS EN LA CARRETERA JULIACA - MAÑAZO 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE EUCALIPTO, LUTITA, PROPIEDADES DE SUBRASANTE

¿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 - P17

Firma de Autor



huella digital

15-01-2026

Fecha