



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



**ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE
CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE
LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE
DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS ARI HUANATICO

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

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE
CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE
LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE
DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JOSE LUIS ARI HUANATICO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

:



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 894-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 11590 presentado por el (la) Bachiller: **JOSE LUIS ARI HUANATICO** 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. **JOSE LUIS ARI HUANATICO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, Dr. **EFRAIN PARILLO SOSA**.

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JOSE LUIS ARI HUANATICO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 05 de setiembre del 2024
- * **HORA** : 15:00 p.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. ALTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Internado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 468-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 20 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 6725 por el o (la) Bachiller: JOSE LUIS ARI HUANATICO quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 497 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) formato N° 081- 2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: JOSE LUIS ARI HUANATICO, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Mgtr. Arnaldo Yana Torres de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 081- 2024 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: JOSE LUIS ARI HUANATICO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA** 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. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 107-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU-03621, presentado por el señor (a) JOSE LUIS ARI HUANATICO solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 133-2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 48-2024 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: JOSE LUIS ARI HUANATICO ha presentado su propuesta de investigación Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA, 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° 48-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA.

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 merito 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: JOSE LUIS ARI HUANATICO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA 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.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

DR. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
JULIACA - PERÚ

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE


FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	9%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	4%
3	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%



Título de la tesis	
ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	Jose Luis Ari Huanatico
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74354045
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0007-8549-2719
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Efrain Parillo Sosa
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02416058
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-7567-039X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Leonel Suasaca Pelinco
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Arnaldo Yana Torres
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Franz Joseph Barahona Perales
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Achaya Latitud: S 15° 17' 10" Longitud: O 70° 09' 37"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/vWwSKZgCaAqfbQYW9</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 - Agosto 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> <p>Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04</p>


 Dr. Efraín Paillo Soberón
 DIRECTOR
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JOSE LUIS ARI HUANATICO, identificado con DNI
Nro. 74354045, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE
DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

Asesorado por: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

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.

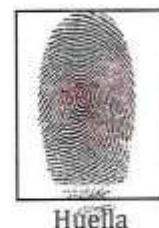
Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

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 23 de setiembre del 2024


Firma del Asesor
(obligatoria)


Firma del Estudiante
(obligatoria)





DEDICATORIA

A mis queridos padres,

Por ser mi fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría.

Por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y el compromiso.

Por estar a mi lado en cada paso de este camino, compartiendo mis logros y alentándome en mis desafíos.

A ustedes, que con su ejemplo y cariño, han sembrado en mí el deseo de superación y el amor por el conocimiento.

Esta tesis es un pequeño reflejo de todo lo que me han dado y, con ella, espero honrar el inmenso sacrificio y la infinita confianza que siempre han depositado en mí.

Con todo mi amor y gratitud, siempre.



AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por haberme brindado la fuerza, la sabiduría y la perseverancia necesarias para enfrentar cada desafío durante este camino. Su guía constante ha sido mi fuente de inspiración y fortaleza, y sin Su presencia, nada de esto habría sido posible.

A mis docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes han desempeñado un papel fundamental en mi formación académica y profesional. Gracias por compartir su conocimiento, experiencia y pasión por la ingeniería, y por ser un ejemplo de dedicación y compromiso. Su orientación, paciencia y apoyo han sido claves para alcanzar este logro. A cada uno de ustedes, les extiendo mi más sincero agradecimiento por haber dejado una huella imborrable en mi desarrollo como ingeniero y como persona.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	14
1.2 Planteamiento del problema.....	15
1.2.1 Problema general.....	15
1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.3 Objetivos de la investigación.....	16
1.3.1 Objetivo general.....	16
1.3.2 Objetivos específicos.....	16
1.4 Justificación de la investigación.....	17
1.4.1 Justificación técnica.....	17
1.4.2 Justificación económica.....	17
1.4.3 Justificación social.....	17
1.4.4 Justificación ambiental.....	18
1.5 Hipótesis de la investigación.....	18
1.5.1 Hipótesis general.....	18
1.5.2 Hipótesis específicas.....	18
1.6 Variables e indicadores.....	19
1.6.1 Variable independiente.....	19
1.6.2 Variable dependiente.....	19
1.7 Operacionalización de variables.....	20



CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación..... 21
2.1.1 Antecedentes internacionales 21
2.1.2 Antecedentes nacionales 23
2.1.3 Antecedentes regionales..... 24
2.2 Bases teóricas 26
2.2.1 Concha de abanico 26
2.2.2 Polvo de mármol 27
2.2.3 Suelo..... 28
2.2.3.1 Tipos de suelo..... 30
2.2.3.2 Cualidades del suelo..... 30
2.2.3.3 Clasificación de suelos..... 32
2.2.3.4 Caracterización del suelo 34
2.2.4 Pavimentos 40
2.2.5 Subrasante..... 42
2.2.6 Estabilización 46
2.3 Marco conceptual 48

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación 50
3.2 Métodos de la investigación..... 51
3.3 Nivel y tipo de investigación..... 51
3.3.1 Tipo de la investigación..... 51
3.3.2 Nivel de la investigación..... 52
3.4 Población y muestra de la investigación 52
3.4.1 Población 52
3.4.2 Muestra 53
3.5 Técnicas e instrumentos..... 54
3.5.1 Técnicas..... 54
3.5.2 Instrumentos 54
3.6 Validación y confiabilidad del instrumento 55



3.6.1	Validación de los instrumentos.....	55
3.6.2	Confiabilidad de instrumentos.....	55
3.7	Procedimiento.....	55
3.7.1	Ensayos en laboratorio.....	59
3.8	Procesamiento y análisis de datos.....	70

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Presentación y análisis de resultados.....	71
4.1.1	Propiedades del suelo de la subrasante de vía Caminaca-Achaya.....	71
4.1.2	Índice de plasticidad de la subrasante con ceniza de concha de abanico y polvo de mármol.....	78
4.1.3	Grado de compactación de la subrasante de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol.....	87
4.1.4	CBR del suelo-subrasante con ceniza concha de abanico y polvo de mármol	95
4.2	Discusión de resultados.....	102
CONCLUSIONES.....		107
RECOMENDACIONES.....		108
BIBLIOGRAFÍA.....		109
ANEXOS.....		112



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de variables	20
Tabla 2	Clasificación de índice de plasticidad de suelos	36
Tabla 3	Clasificación de tipos de subrasante.....	44
Tabla 4	Clase de carretera y número de calicatas.....	46
Tabla 5	Total de muestras testeadas.....	53
Tabla 6	Detalles de los puntos de exploración.....	57
Tabla 7	Humedad en los diferentes puntos de muestreo.....	71
Tabla 8	Distribución granulométrica del PM-1	72
Tabla 9	Distribución granulométrica del PM-2	73
Tabla 10	Distribución granulométrica del PM-3	74
Tabla 11	Límites de la subrasante.....	75
Tabla 12	MDS y OCH del suelo de la subrasante.....	76
Tabla 13	CBR del suelo de la subrasante.....	77
Tabla 14	Límites determinados en PM-1 con ceniza de concha de abanico.....	78
Tabla 15	Límites determinados en PM-2 con ceniza de concha de abanico.....	79
Tabla 16	Límites determinados en PM-3 con ceniza de concha de abanico.....	80
Tabla 17	Resumen del IP	81
Tabla 18	Límites determinados en PM-1 con polvo de mármol	82
Tabla 19	Límites determinados en PM-2 con polvo de mármol	83
Tabla 20	Límites determinados en PM-3 con polvo de mármol	84
Tabla 21	Resumen del IP	85
Tabla 22	Comparativa del IP	86
Tabla 23	MDS y OCH en el PM-1 con ceniza de concha de abanico	87
Tabla 24	MDS y OCH en el PM-2 con ceniza de concha de abanico	88
Tabla 25	MDS y OCH en el PM-3 con ceniza de concha de abanico	89
Tabla 26	MDS y OCH en el PM-1 con polvo de mármol	90
Tabla 27	MDS y OCH en el PM-2 con polvo de mármol	91
Tabla 28	MDS y OCH en el PM-3 con polvo de mármol	92
Tabla 29	Comparativa de MDS	93
Tabla 30	Comparativa de OCH	94
Tabla 31	CBR en el PM-1 con ceniza de concha de abanico	95



Tabla 32 CBR en el PM-2 con ceniza de concha de abanico	96
Tabla 33 CBR en el PM-3 con ceniza de concha de abanico	97
Tabla 34 CBR en el PM-1 con polvo de mármol	98
Tabla 35 CBR en el PM-2 con polvo de mármol	99
Tabla 36 CBR en el PM-3 con polvo de mármol	100
Tabla 37 Comparativa del CBR	101



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Concha de abanico 26

Figura 2 Polvo de mármol 28

Figura 3 Simbología según la normativa AASHTO..... 32

Figura 4 Simbología según SUCS..... 33

Figura 5 Subrasante..... 43

Figura 6 Localización de los puntos exploratorios 56

Figura 7 Localización de la vía estudiada..... 57

Figura 8 Humedad 60

Figura 9 Índice de plasticidad..... 63

Figura 10 Análisis granulométrico 65

Figura 11 Proctor 67

Figura 12 Humedad en los diferentes puntos de muestreo 72

Figura 13 Distribución granulométrica del PM-1 73

Figura 14 Distribución granulométrica del PM-2..... 74

Figura 15 Distribución granulométrica del PM-3..... 75

Figura 16 Límites de la subrasante 76

Figura 17 MDS y OCH del suelo de la subrasante 77

Figura 18 CBR del suelo de la subrasante 78

Figura 19 Límites determinados en PM-1 con ceniza de concha de abanico 79

Figura 20 Límites determinados en PM-2 con ceniza de concha de abanico 80

Figura 21 Límites determinados en PM-3 con ceniza de concha de abanico 81

Figura 22 Resumen del IP..... 82

Figura 23 Límites determinados en PM-1 con polvo de mármol..... 83

Figura 24 Límites determinados en PM-2 con polvo de mármol..... 84

Figura 25 Límites determinados en PM-3 con polvo de mármol..... 85

Figura 26 Resumen del IP..... 86

Figura 27 Comparativa del IP..... 87

Figura 28 MDS y OCH en el PM-1 con ceniza de concha de abanico 88

Figura 29 MDS y OCH en el PM-2 con ceniza de concha de abanico 89

Figura 30 MDS y OCH en el PM-3 con ceniza de concha de abanico 90

Figura 31 MDS y OCH en el PM-1 con polvo de mármol 91



Figura 32 MDS y OCH en el PM-2 con polvo de mármol	92
Figura 33 MDS y OCH en el PM-3 con polvo de mármol	93
Figura 34 Comparativa de MDS	94
Figura 35 Comparativa de OCH	95
Figura 36 CBR en el PM-1 con ceniza de concha de abanico	96
Figura 37 CBR en el PM-2 con ceniza de concha de abanico	97
Figura 38 CBR en el PM-3 con ceniza de concha de abanico	98
Figura 39 CBR en el PM-1 con polvo de mármol	99
Figura 40 CBR en el PM-2 con polvo de mármol	100
Figura 41 CBR en el PM-3 con polvo de mármol	101
Figura 42 Comparativa del CBR	102



RESUMEN

Este estudio, titulado "Estudio comparativo del efecto de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol sobre las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya", se llevó a cabo para investigar cómo la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones del 4% y 8% afecta las propiedades de la subrasante de la vía mencionada. Se empleó un diseño experimental que incluyó varios ensayos para evaluar dichas propiedades. Los resultados obtenidos de la subrasante de la vía Caminaca – Achaya, revelaron que el IP en tres puntos de muestreo PM-1, PM-2 y PM-3 fue del 18.16%, 18.93% y 18.40% respectivamente. En cuanto al grado de compactación, medido por la MDS y el OCH, se encontraron valores de 1.755 gr/cm³ y 9.72% para el PM-1, 1.76 gr/cm³ y 9.56% para el PM-2, y 1.762 gr/cm³ y 9.98% para el PM-3. En relación al CBR al 95% de la MDS, se registraron valores del 5.74%, 5.97% y 5.50% para PM-1, PM-2 y PM-3 respectivamente. Al incorporar cenizas de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% el IP disminuyó. Además, se observó que la adición de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones del 4% y 8% mejoró el grado de compactación de la subrasante. Con el 8% de ceniza de concha de abanico, se obtuvieron valores de MDS y OCH de 1.994 gr/cm³ y 7.65% para PM-1, 1.998 gr/cm³ y 7.40% para PM-2, y 2.006 gr/cm³ y 7.25% para PM-3. Mientras que con el 8% de polvo de mármol, los valores fueron de 2.015 gr/cm³ y 7.25% para PM-1, 2.019 gr/cm³ y 7.16% para PM-2, y 2.025 gr/cm³ y 7.13% para PM-3. Finalmente, se encontró que la adición de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones del 4% y 8% incrementó el CBR de la subrasante. Con un 8% de ceniza de concha de abanico, se registraron valores de CBR al 95% de la MDS del 14.35%, 14.59% y 14.73% para PM-1, PM-2 y PM-3 respectivamente. Mientras que con un 8% de polvo de mármol, los valores fueron del 15.77%, 15.80% y 16.26% para los mismos puntos de muestreo.

Palabras Clave: Ceniza de Concha de Abanico, Polvo de Mármol, Subrasante.



ABSTRACT

This study, entitled "Comparative study of the effect of fan shell ash and marble dust on the properties of the subgrade of the Caminaca - Achaya road", was carried out to investigate how the incorporation of fan shell ash and marble dust in proportions of 4% and 8% affects the properties of the subgrade of the aforementioned road. An experimental design that included several tests was used to evaluate these properties. The results obtained for the subgrade of the Caminaca - Achaya road revealed that the PI at three sampling points PM-1, PM-2 and PM-3 was 18.16%, 18.93% and 18.40%, respectively. Regarding the degree of compaction, measured by MDS and OCH, values of 1.755 gr/cm³ and 9.72% were found for PM-1, 1.76 gr/cm³ and 9.56% for PM-2, and 1.762 gr/cm³ and 9.98% for PM-3. In relation to the CBR at 95% of the MDS, values of 5.74%, 5.97% and 5.50% were recorded for PM-1, PM-2 and PM-3, respectively. By incorporating fan shell ash and marble dust in proportions of 4% and 8%, the PI decreased. In addition, it was observed that the addition of fan shell ash and marble dust in proportions of 4% and 8% improved the degree of compaction of the subgrade. With 8% fan shell ash, MDS and OCH values of 1.994 gr/cm³ and 7.65% for PM-1, 1.998 gr/cm³ and 7.40% for PM-2, and 2.006 gr/cm³ and 7.25% for PM-3 were obtained. While with 8% marble powder, the values were 2.015 gr/cm³ and 7.25% for PM-1, 2.019 gr/cm³ and 7.16% for PM-2, and 2.025 gr/cm³ and 7.13% for PM-3. Finally, it was found that the addition of fan shell ash and marble dust in proportions of 4% and 8% increased the CBR of the subgrade. With 8% fan shell ash, CBR values at 95% of the MDS of 14.35%, 14.59% and 14.73% were recorded for PM-1, PM-2 and PM-3, respectively. While with 8% marble dust, the values were 15.77%, 15.80% and 16.26% for the same sampling points.

Keywords: Fan Shell Ash, Marble Dust, Subgrade.



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial constituye un elemento vital para el desarrollo socioeconómico de las regiones, facilitando el acceso a servicios básicos, la integración de comunidades y el fomento de actividades comerciales. Sin embargo, la construcción y mantenimiento de estas infraestructuras suponen desafíos significativos, especialmente en áreas con recursos limitados o condiciones geográficas adversas. En este contexto, la innovación en materiales y técnicas de construcción se presenta como una vía concluyente para optimizar la perdurabilidad y eficiencia de las vías, minimizando al mismo tiempo el impacto ambiental asociado a su desarrollo.

El presente estudio aborda en la vía Caminaca - Achaya, una zona de vital importancia para la conexión de comunidades en la región, pero que enfrenta problemas derivados de la calidad de su subrasante, afectando la longevidad y seguridad de la infraestructura vial. La investigación propone una solución innovadora mediante el uso de materiales no convencionales: la ceniza de concha de abanico y el polvo de mármol. Estos materiales, subproductos de la industria alimentaria y de la extracción de mármol respectivamente, presentan características que podrían mejorar significativamente las propiedades de la subrasante, contribuyendo así a una tramitación razonable y económicamente viable para la mejora de vías.

La relevancia de este estudio radica en la necesidad de explorar soluciones sostenibles y de bajo costo para la perfección de la infraestructura vial en regiones con recursos limitados. La utilización de subproductos como la ceniza de concha de abanico y el polvo de mármol no solo ofrece una alternativa ecológica, sino que también contribuye a la gestión de residuos, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible. Además, este estudio promete aportar conocimientos valiosos sobre la viabilidad técnica y económica de estas alternativas, ofreciendo una base sólida para futuras iniciativas de mejora vial en la región y más allá.



En esta tesis, la estructura se ha diseñado con una secuencia lógica y detallada que permite al lector comprender el desarrollo del estudio de manera integral:

Este primer capítulo establece las bases esenciales de la investigación, definiendo claramente las variables involucradas y proporcionando un marco contextual que guía todo el estudio. En esta sección, se presentan los objetivos tanto generales como específicos, los cuales delimitan la ruta que seguirá la investigación. Asimismo, se argumenta de forma detallada la importancia del estudio, justificando la relevancia de abordar la problemática seleccionada. También se formulan las hipótesis de trabajo, que actúan como premisas que se contrastarán a lo largo del estudio.

El segundo capítulo se enfoca en la construcción de un marco teórico robusto. Aquí se realiza un análisis exhaustivo de estudios previos y aportes relevantes dentro del campo de estudio. Esta sección no solo resume los conceptos teóricos principales, sino que también encuadra el estudio dentro de un marco conceptual coherente. Se identifican las brechas de conocimiento actuales, destacando aquellas áreas donde esta investigación pretende contribuir significativamente.

En este capítulo se detalla el enfoque metodológico adoptado para llevar a cabo la investigación. Se describe minuciosamente el proceso de caracterización y selectividad de los participantes del estudio o muestras analizadas, y se proporciona una justificación fundamentada sobre las técnicas y herramientas elegidas para la recolecta y análisis de datos.

Este capítulo final está dedicado a la exposición y análisis de los resultados. Los datos recolectados se organizan de manera sistemática en tablas y gráficas, facilitando su comprensión y análisis. Posteriormente, se realiza una comparación detallada de estos resultados con los hallazgos de investigaciones previas en el mismo campo, proporcionando una discusión que enriquece la interpretación de los resultados y destaca la contribución del presente estudio al conocimiento existente.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel internacional, la búsqueda de materiales sostenibles y económicos para el desarrollo constructivo y mantenimiento de red de transporte por carretera es un desafío constante. Con el aumento de la conciencia ambiental y la necesidad de promover la economía circular, se ha incentivado la investigación y aplicación de materiales alternativos en la ingeniería civil. Sin embargo, la variabilidad en las propiedades de estos materiales alternativos, como la ceniza de concha de abanico y el polvo de mármol, y su efecto sobre las propiedades de la subrasante aún no se comprende completamente en diferentes contextos geográficos y climáticos. Esta brecha de conocimiento limita su uso a gran escala y frena el desarrollo de prácticas de construcción más sostenibles a nivel mundial.

En Perú, la infraestructura vial es crucial para el desarrollo económico y la integración de comunidades remotas. Sin embargo, el país enfrenta desafíos únicos debido a su diversa geografía, que incluye montañas, desiertos y selvas, lo que requiere soluciones innovadoras y adaptadas a cada contexto. La utilización de materiales locales y sostenibles como la ceniza de concha de abanico y el polvo de mármol podría ofrecer una alternativa económica y ecológica para aumentar la eficiencia de la subrasante en las



carreteras. A pesar de esto, la falta de investigación específica sobre el impacto y la viabilidad de estos materiales en el contexto peruano limita su adopción en proyectos de infraestructura vial.

La vía entre Caminaca y Achaya en la región de Puno simboliza los desafíos enfrentados por muchas carreteras en regiones remotas de Perú. Esta área, caracterizada por su altitud y condiciones climáticas variables, requiere soluciones específicas para mejorar la durabilidad y estabilidad de sus caminos. La posible aplicación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol como mejoradores de subrasante representa una oportunidad para investigar soluciones innovadoras y sostenibles que se adapten a las condiciones locales. Sin embargo, la falta de estudios detallados sobre la eficacia y el impacto ambiental de estos materiales en la región de Puno impide su implementación práctica y la mejora de la infraestructura vial en esta parte crucial del país.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la variación del efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol sobre las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?
2. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?



3. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el grado de compactación de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?
4. ¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el CBR de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Comparar la variación del efecto de la incorporación de la ceniza de concha de abanico y polvo de mármol sobre las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.
2. Examinar los efectos de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.
3. Examinar efectos de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el grado de compactación de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.
4. Examinar los efectos de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el CBR de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La justificación se fundamenta en la necesidad de comprender cómo los materiales alternativos, específicamente la ceniza de concha de abanico y el polvo de mármol, afectan las propiedades mecánicas y estructurales de la subrasante en proyectos de infraestructura vial. La aplicación de estos materiales puede ofrecer mejoras significativas en términos de la propiedad de la subrasante, lo cual es fundamental para la optimización del diseño y la construcción de infraestructura vial. La evaluación comparativa proporcionada por esta tesis llenará un vacío importante, ofreciendo datos críticos que pueden guiar la selección de materiales en futuros proyectos de ingeniería civil.

1.4.2 Justificación económica

Desde la perspectiva económica, la justificación se encuentra en el potencial de disminuir los gastos de construcción de carreteras mediante el uso de materiales alternativos locales. Residuo ceniciento de conchas de abanico y el polvo de mármol, considerados subproductos o materiales de desecho en ciertas industrias, pueden representar opciones de bajo costo comparadas con los materiales tradicionales. Su utilización ayuda a contribuir a reducir los costos logísticos.

1.4.3 Justificación social

La justificación social de la tesis se centra en el impacto positivo que la mejora de la infraestructura vial tiene en las comunidades locales. La vía Caminaca-Achaya es esencial para la conectividad, el acceso a servicios básicos, el comercio y la integración social de las comunidades de la región de Puno. Al explorar alternativas más eficientes y económicas dedicada al acondicionamiento de la subrasante, esta investigación tiene el potencial de contribuir al desarrollo de carreteras más seguras y accesibles. Esto, a su vez,



puede fomentar el desarrollo económico local y mejorar significativamente la comodidad vital de los residentes de la región.

1.4.4 Justificación ambiental

La justificación ambiental se basa en la promoción de prácticas de construcción sostenibles mediante la utilización de materiales eco-amigables. Residuo ceniciento de concha de abanico y el polvo de mármol, al ser subproductos industriales, ofrecen una alternativa que contribuye a la reducción generado por la extracción de recursos del entorno vírgenes y al manejo adecuado de los desechos. Este enfoque no solo minimiza el impacto ambiental asociado a la construcción de carreteras, sino que también promueve la economía circular, alineándose alineado con las metas globales de sostenibilidad. La investigación proporcionará evidencia sobre cómo la incorporación de estos materiales puede resultar en proyectos de infraestructura vial.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La variación del efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol será regular uno al otro, optimizando las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya, se calificarán como suelos de subrasante inadecuados.
2. El efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% disminuirá el índice de plasticidad de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.



3. El efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% mejorará el grado de compactación de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.
4. El efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% incrementará el CBR de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable independiente*

Ceniza de concha de abanico y polvo de mármol.

INDICADOR

Ceniza de concha de abanico en proporciones de 4% y 8%.

Polvo de mármol en proporciones de 4% y 8%.

1.6.2 *Variable dependiente*

Propiedades del suelo de subrasante.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL	La ceniza de concha de abanico es el producto resultante de la calcinación de conchas de abanicos, un tipo de molusco bivalvo.	Porcentajes de adición	Ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8%.	Ficha de toma de datos
	El polvo de mármol es un material fino obtenido por la molienda o pulverización del mármol, una roca metamórfica compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO ₃).			
VARIABLE DEPENDIENTE				
PROPIEDADES DEL SUELO DE SUBRASANTE	Las propiedades físicas y mecánicas del suelo son determinantes para evaluar su idoneidad en cuanto a su capacidad de soportar cargas, permitir el drenaje del agua de manera eficiente y resistir la deformación bajo diversas condiciones. Estas características incluyen aspectos como la densidad, cohesión, ángulo de fricción interna, permeabilidad, y compresibilidad del suelo.	Propiedades físicas y mecánicas	Índice de plasticidad Grado de compactación Capacidad de soporte	Equipos y herramientas de laboratorio Fichas de control de calidad de laboratorio



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Jassim et al., (2022) en su investigación titulada "Utilización de polvo de mármol residual como material de estabilización sostenible para la capa de subrasante", este estudio examina específicamente el efecto del polvo de mármol desechado, un subproducto de la industria del mármol, en la mejora de las propiedades del suelo de subrasante, un aspecto crítico para el diseño y la construcción de infraestructuras viales. El polvo de mármol (MD) se investigó como estabilizador de suelos en diferentes proporciones (0%, 3%, 6%, 9%, 12%, y 15%), evaluando su impacto en las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Un hallazgo notable es la reducción del índice de plasticidad en aproximadamente un 22% con el incremento del MD hasta el 12%, aunque se registra un aumento peculiar en este índice con el uso del 9% de MD. Esta disminución implica una mejora en la trabajabilidad y estabilidad del suelo, disminuyendo su susceptibilidad a los cambios volumétricos bajo condiciones de humedad variables. Desde el punto de vista de la compactación, la densidad seca máxima (MDD) del suelo tratado con MD mostró un incremento, mientras que el contenido de humedad óptimo (OMC) disminuyó en un 26% con la adición de hasta el 15% de MD. El estudio concluye que la estabilización del suelo



con un 3% de polvo de mármol no solo mejora significativamente las propiedades del suelo, sino que también favorece a la sostenibilidad ambiental al proporcionar una ruta de reutilización para un material de desecho, reduciendo la contaminación y el impacto ambiental asociado con la disposición de residuos de mármol.

Ewa et al., (2023) en su artículo titulado "Mejoramiento sustentable de subrasante utilizando polvo de piedra caliza y ceniza de bagazo de caña de azúcar", se evaluó la efectividad del polvo de piedra caliza y ceniza de bagazo de caña como materiales estabilizadores para mejorar las cualidades geotécnicas del suelo de subrasante en la zona de Calabar. La investigación clasificó el suelo de subrasante de Calabar como arcilloso con baja plasticidad, de acuerdo con el sistema de clasificación unificada de suelos (USC), y como A-6 según la clasificación de la AASHTO. El estudio del suelo natural mostró una DSM de $1,74 \text{ kg/m}^3$ y un contenido óptimo de humedad del 24,5%. Además, los resultados de pruebas de soporte, como el Índice de Capacidad de Soporte de California (CBR) empapado durante 48 horas, indicaron un valor del 6,92%, y una resistencia compresiva no confinada de $103,66 \text{ kN/m}^2$. En la investigación, se incorporaron los estabilizadores en proporciones que variaron del 0% al 50% del peso del suelo. Los hallazgos del estudio revelaron una reducción en el potencial de hinchamiento del suelo y mejoras significativas en las propiedades de compactación, que oscilaron entre un 4,3% y un 9,8%. Además, se observó un notable incremento en el valor del CBR, que fluctuó entre el 50% y el 78,5%, así como un aumento en la capacidad de compresión no confinada, que varió del 23,8% al 38,1%. También se registraron mejoras en la resistencia al corte y en el módulo secante del suelo. El análisis comparativo destacó que el empleo del LSD, ya sea de manera independiente o en combinación con SCBA, ofreció mejoras más significativas en comparación con el uso exclusivo de SCBA como estabilizante. En conclusión, la combinación demostró ser un método eficaz para la estabilización del suelo, promoviendo una gestión más sostenible de los recursos y facilitando el desarrollo económico a nivel global.



2.1.2 Antecedentes nacionales

Ñamot, (2022) en su estudio titulado "Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos, Trujillo en caminos no pavimentados", La investigación se centra en evaluar el impacto del polvo de mármol como un agente de estabilización en suelos arcillosos para caminos no pavimentados. La metodología fue de carácter experimental y aplicada. Se experimentó con diferentes proporciones de adición de polvo de mármol (0%, 5%, 10%, 15%, y 20%) tomando como referencia el peso del suelo seco. Los resultados revelaron una mejora significativa en las propiedades físico-mecánicas del suelo patrón, identificando el 15.00% de integración de polvo de mármol como la proporción óptima, donde se observó un incremento del valor CBR por encima del 10%, transformando el suelo de una calidad deficiente a buena según el manual DG-2018. El análisis de las características del suelo reveló que se trata de un suelo (CL) según la clasificación del (SUCS) y perteneciente al grupo A-6(8) según AASHTO. Las calicatas mostraron contenidos de humedad de 9.3500%, 3.6200% y 13.3400%, con IP de 22.0%, 22.0% y 17.0%, y límites líquidos de 36%, 36% y 33%, respectivamente. Además, se determinó que más del 50% del suelo pasa a través de la malla N°200. Los efectos indican un incremento en la densidad (MDS) y en los servicios de CBR para todas las proporciones de adición de polvo de mármol, destacándose especialmente la adición del 15%, la cual mostró los resultados más sobresalientes en términos de resistencia y estabilidad del suelo. Este hallazgo subraya la eficacia del polvo como estabilizador de suelos, ofreciendo una alternativa viable y económica para la mejora de caminos no pavimentados en regiones con suelos de características similares.

Salcedo, (2022) en su estudio titulado "Estabilización de la subrasante con ceniza de concha de abanico para pavimentación en el Centro Poblado San Dionisio, Distrito de Santa-Ancash" se enfocó en evaluar cómo la inclusión de cenizas de concha de abanico afecta las características de un suelo. Este residuo, producto de la actividad pesquera, se utilizó como aditivo para optimizar la estabilidad de la subrasante, una capa crucial en la



estructura de pavimentos. La investigación partió del tratamiento térmico y mecánico de las conchas de abanico, transformándolas en un material capaz de enriquecer las propiedades mecánicas del suelo subyacente. Considerando la problemática ambiental que representa la acumulación de este tipo de desechos en vertederos, su reutilización se presenta como una solución sostenible y beneficia tanto al medio ambiente como al sector de la construcción de infraestructuras viales. A través de análisis comparativos entre muestras de suelo natural y suelo mejorado con cenizas en proporciones de 2% y 4%, se observaron mejoras significativas en los índices de soporte de California (CBR). Concretamente, el CBR estándar aumentó de 1.742 a 10.70 con un 2% de adición de ceniza, y de 1.792 a 11.60 con un 4% de adición, demostrando con ello la viabilidad técnica de emplear ceniza como un eficiente mejorador de suelos. Estos resultados evidencian el potencial de este material de desecho para mejorar la capacidad portante de las subrasantes, ofreciendo una alternativa ecológica y económicamente viable para proyectos de pavimentación.

2.1.3 Antecedentes regionales

Borda, (2022) en su investigación denominada "Estabilización de suelos cohesivos con cal y cemento para mejorar la subrasante de la Avenida Santa Rosa, Puno, 2021" tiene como objetivo fundamental optimizar las características del suelo, mediante la adición de cal y cemento. Este estudio se motivó por la necesidad de acortar la plasticidad del suelo y acrecentar su cabida de carga o resistencia de soporte (CBR), para convertir la subrasante de inadecuada a regular. A través de una metodología experimental, se realizaron diversos ensayos de laboratorio para evaluar los cambios provocados por estos aditivos en el suelo. Los análisis iniciales revelaron que el suelo presentaba un (IP) superior al 18.00%, un CBR de 1.6% a MDS de 1.55 gr/cm³, y un adjunto de humedad óptimo promedio de 22.49%, clasificándose como un suelo limoso. Sin embargo, la inclusión de cal y cemento en equilibrios de 1.0%, 2.0%, y 3.0% generó mejoras significativas en las cualidades del suelo. Con la menor proporción de estos aditivos, el CBR aumentó a 11.1%,



y el IP se redujo en 1%, demostrando que mayores cantidades de cal y cemento incrementan la capacidad de soporte (CBR) y disminuyen la plasticidad del suelo. Este estudio concluye que el uso de cal y cemento como estabilizadores puede efectivamente mejorar las condiciones de los suelos cohesivos, ofreciendo una solución viable para la estabilización de subrasantes en iniciativas de infraestructura de transporte.

Hanco, (2021) en el estudio titulado " Estabilización de suelos cohesivos con cal y cemento para mejorar la subrasante de la avenida Santa Rosa, Puno, 2021", se centró en analizar cómo mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. El estudio tuvo como objetivo principal reducir la plasticidad del suelo y aumentar su capacidad de soporte, medida mediante el (CBR), con la finalidad de mejorar la clasificación de la subrasante de un estado considerado inadecuado a un nivel aceptable. Para lograr esto, se emplearon cal y cemento como materiales estabilizantes del suelo. El enfoque metodológico de la investigación fue de diseño experimental, y se acarrearon a cabo pruebas en laboratorio para determinar los efectos de los aditivos estabilizantes en las propiedades del suelo. Los análisis preliminares revelaron que el suelo limoso de alta plasticidad tenía (IP) superior al 18%, un valor de CBR de apenas 1.6%, una densidad seca máxima de 1.55 g/cm³, y un contenido de humedad óptimo de 22.49%. Estos parámetros indican que el suelo en su estado natural presentaba alta plasticidad y una baja capacidad de soporte, características poco adecuadas para ser utilizadas como subrasante en infraestructuras viales. Con la incorporación de cal y cemento en proporciones del 1%, 2%, y 3%, se lograron mejoras notables en la capacidad de soporte del suelo. Incluso con la adición mínima de estos estabilizantes, el CBR se elevó hasta el 11.1%, y se observó una baja del índice de plasticidad en un 1%. Estos resultados sugieren que la mezcla de cal y cemento, especialmente cuando se utilizan en proporciones más altas, puede ser eficaz para aumentar la resistencia al soporte (CBR) del suelo y reducir su plasticidad. En conclusión, la investigación de Hanco evidencia que la estabilidad de suelos mediante la adición de

cal y cemento es una estrategia viable y efectiva para mejorar las cualidades de subrasante en proyectos de infraestructura vial.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Concha de abanico*

Un molusco bivalvo compuesto por dos valvas de carbonato de calcio, es conocido científicamente como *Argopecten purpuratus* y forma parte de la familia Pectinidae. A nivel internacional, este molusco es comúnmente denominado "vieiras" o "scallops". Estas especies suelen encontrarse en ambientes marinos costeros, habitando en profundidades que varían entre los 5 y los 30 metros. Prefieren aguas que mantienen una temperatura entre 13°C y 28°C, lo que proporciona un rango de condiciones óptimas para su crecimiento y desarrollo (Farfán, 2016).

Figura 1

Concha de abanico



Nota: Tomada de (Farfán, 2016).

La concha de abanico, también conocida como vieira, es un molusco bivalvo marino que pertenece a la familia Pectinidae. Estos animales se caracterizan por tener dos conchas o valvas casi circulares, las cuales están fuertemente articuladas en un borde. Una de sus principales características es el patrón de costillas radiales que tienen en sus conchas, el cual puede variar en número y tamaño entre las diferentes especies de vieiras.

Estos moluscos habitan en los fondos marinos, desde las zonas costeras poco profundas hasta los fondos más profundos, dependiendo de la especie. Se mueven mediante un método de propulsión que consiste en abrir y cerrar rápidamente sus valvas, lo cual les permite nadar y escapar de depredadores.

2.2.2 Polvo de mármol

El mármol, una roca metamórfica derivada de la compactación de rocas de caliza bajo altas temperaturas y presiones, exhibe un alto grado de cristalización. Su amplia gama de colores, resultado de procesos naturales, lo convierte en un material versátil para la construcción y la decoración contemporánea. En los últimos tiempos, la extracción de mármol ha experimentado una modernización notable, con operaciones que ahora se realizan a cielo abierto. Para garantizar una explotación eficiente y una inversión justificada, es esencial comprender las características geológicas de la cantera y llevar a cabo una extracción adecuada (Vasquez, 2022).

Es un material fino derivado de la molienda o trituración del mármol, una roca metamórfica compuesta principalmente por carbonato de calcio. Este polvo se caracteriza por su color blanco puro, aunque puede variar según el tipo de mármol del que proviene. Su textura fina y su composición química le confieren una amplia gama de aplicaciones en diversas industrias y campos (Flores, 2022).

El polvo de mármol es un producto fino obtenido del proceso de molienda del mármol, una roca metamórfica compuesta principalmente por carbonato de calcio (CaCO_3). Este polvo se caracteriza por su color blanco brillante, aunque la presencia de impurezas puede otorgarle diversas tonalidades. Gracias a sus propiedades físicas y químicas, el polvo de mármol tiene múltiples aplicaciones en diferentes industrias.

Figura 2

Polvo de mármol



Nota: (Vasquez, 2022).

En el campo de la restauración de obras de arte y monumentos históricos, el polvo de mármol se utiliza para rellenar grietas o realizar reconstrucciones parciales, gracias a su capacidad para mimetizarse con el material original. Además, en la cosmética, se aprovecha por sus propiedades como exfoliante suave y por su capacidad para conferir brillo y luminosidad a la piel.

2.2.3 Suelo

El término que describes se refiere a un "suelo". Es un conglomerado no cementado compuesto por partículas minerales y la descomposición de materia orgánica. Normalmente, este suelo está acompañado de agua y gases que se alojan en los huecos intersticiales entre las partículas. Los suelos son fundamentales en la agricultura, la ingeniería civil y la ecología, ya que sirven como sustrato para el crecimiento de plantas, proporcionan soporte para estructuras y actúan como hábitat para diversos organismos (Flores & Mayta, 2022).

El suelo es un elemento fundamental del entorno natural y juega un papel crucial en la construcción de carreteras. La relevancia de su estudio y manejo en este ámbito es ampliamente reconocida. A nivel global, los países se enfrentan al gran desafío de proteger



y optimizar sus infraestructuras de transporte, especialmente al considerar los problemas crecientes que surgen debido a las cargas vehiculares cada vez más pesadas que impactan las capas subterráneas del suelo. Las carreteras que se extienden a lo largo de vastas áreas de terreno están expuestas a problemas significativos que afectan negativamente su rendimiento, lo que a su vez resulta en un incremento considerable de los costos asociados al mantenimiento y reparación de estas infraestructuras (Halanocca & Quispe, 2021).

El suelo representa una capa superficial que cubre la superficie de la Tierra, constituida por elementos originados tanto de la descomposición y transformación de las rocas a través de procesos físicos y químicos, como de los desechos producidos por la flora y fauna presentes. La formación del suelo está sujeta a la influencia de diversos agentes naturales, incluyendo principalmente el sol, el aire y el agua. La incidencia de la radiación solar calienta la superficie rocosa más que sus capas internas, lo que provoca, debido a las diferencias en la expansión térmica de los materiales, la generación de tensiones que finalmente resultan en la fracturación y separación de partes de la roca. Este mecanismo es solo uno de los varios que facilitan la creación y el enriquecimiento del suelo (Peralta & Velasquez, 2020).

El suelo es un componente vital para el desarrollo constructivo de carreteras, compuesto por una mezcla de materia orgánica, aire, agua y minerales. Su composición particular influye directamente en sus propiedades físicas, como el tamaño de las partículas, la textura, la estructura, el color y la porosidad. Estas características permiten clasificar el suelo en categorías tales como gravas, arenas, limos y arcillas, una distinción clave para determinar el tipo de suelo sobre el cual se asienta una infraestructura vial. Esta clasificación es vital para comprobar la fortaleza del suelo para carga fuerzas y su respuesta ante las cargas vehiculares, factores críticos en el diseño y mantenimiento de carreteras (Peña & Sifuentes, 2021).

2.2.3.1 Tipos de suelo

Los suelos se clasifican en varios tipos, entre ellos se encuentran los suelos gruesos o granulares, que incluyen las gravas. Las gravas están compuestas por partículas con un espesor de alrededor de 2 mm, las cuales pueden ser desplazadas por diversas fuerzas como el agua, el viento e incluso el proceso de intemperismo. Las gravas a menudo presentan una superficie irregular, lo que puede resultar en una expansión considerable. Estos suelos generalmente se componen de piedras pulidas por el agua.

La clasificación de los tipos de suelo suele basarse en diversos factores, incluyendo su textura, estructura, porosidad, así como su composición tanto química como biológica. Estos elementos juegan un papel crucial en la determinación de la capacidad del suelo para sustentar el crecimiento vegetal, mantener agua y nutrientes, y soportar diferentes actividades realizadas por los seres humanos. A continuación, se ofrece una descripción general de los principales tipos de suelo:

- Arenas: Están compuestas por partículas gruesas que permiten que el agua se filtre rápidamente.
- Limos: Tienen partículas más finas que las arenas y ofrecen una mejor retención de agua y nutrientes. Sin embargo, tienen una permeabilidad menor que la arena, lo que puede provocar problemas de drenaje en condiciones de saturación.
- Arcillas: Compuestas por las partículas más finas, los suelos arcillosos tienen una alta capacidad de retención de agua y nutrientes, pero son pobres en términos de drenaje y aireación.

2.2.3.2 Cualidades del suelo

El suelo, en su naturaleza material, exhibe una variedad de atributos que se pueden clasificar en dos categorías fundamentales: las propiedades físicas y químicas, y las propiedades mecánicas. En términos de las cualidades, estas incluyen aspectos tales



como el color, la textura, la estructura interna, la porosidad, la consistencia, la densidad, la capacidad de permeabilidad, caracterización térmica, y la manera en que el agua interactúa y se comporta dentro del suelo (Jimenez, 2018).

Propiedades físicas

- **Textura:** Se refiere a la proporción relativa de diferentes tamaños de partículas minerales en el suelo, tales como arcilla, limo y arena. La textura afecta la porosidad, permeabilidad, retención de agua y aireación del suelo.
- **Estructura:** Describe la disposición de las partículas del suelo en agregados. La estructura del suelo afecta su estabilidad, porosidad, capacidad de infiltración de agua y resistencia a la erosión.
- **Porosidad:** Es el volumen de espacios porosos entre las partículas del suelo, que puede estar ocupado por aire o agua. La porosidad es crucial para la retención de agua, la aireación y la actividad biológica en el suelo.
- **Densidad aparente:** Mide la masa de suelo por unidad de volumen, incluyendo los poros. Indica la compactación del suelo y afecta la penetración de raíces, la infiltración de agua y la aireación.
- **Permeabilidad:** Capacidad del suelo para permitir el paso del agua a través de él. Está influenciada por la textura y estructura del suelo, y es fundamental para la gestión del drenaje y la disponibilidad de agua para las plantas.
- **Consistencia:** Es la resistencia del suelo a la deformación o ruptura. Varía con el contenido de humedad y afecta la labranza del suelo y la emergencia de plántulas.
- **Color:** Aunque puede parecer meramente descriptivo, el color del suelo proporciona información sobre la materia orgánica, el contenido de minerales y el drenaje. Por ejemplo, los suelos oscuros suelen ser ricos en materia orgánica, mientras que los suelos rojizos o amarillentos pueden indicar la presencia de óxidos de hierro.

- Capacidad de retención de agua: Es la habilidad del suelo para retener agua contra la gravedad, proporcionando una reserva de agua para las plantas. Esta propiedad está fuertemente influenciada por la textura y la materia orgánica del suelo.

2.2.3.3 Clasificación de suelos

Con el fin de categorizar las cualidades de los suelos y hacer posible la previsión de cómo se comportarán en una variedad de situaciones de carga y ambientales, los ingenieros geotécnicos y de suelos utilizan una técnica conocida como clasificación de suelos. El sistema de clasificación de la American Association of State Highway and Transportation Officials y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) son dos de los sistemas de clasificación que se utilizan con más frecuencia en relación con la clasificación de suelos (AASHTO).

Figura 3

Simbología según la normativa AASHTO

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

Nota: Tomada de (MTC, 2014).

El sistema AASHTO se enfoca en evaluar suelos para su aplicación en proyectos viales, clasificándolos en grupos desde A-1 hasta A-7 según características como tamaño y distribución de partículas, así como los límites de Atterberg. Los grupos A-1 a A-3, que incluyen suelos con granos gruesos y baja plasticidad, son preferidos para la construcción de carreteras. Por otro lado, los grupos A-4 a A-7, que contienen suelos más finos y plásticos, pueden requerir tratamiento especial para ser aptos en ciertas obras viales (Ccoillo, 2017).

Figura 4

Simbología según SUCS

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

Nota: (MTC, 2014)

El (SUCS) es un sistema que organiza los suelos principalmente por tamaño de partícula y plasticidad, categorizándolos en grupos como gravas (G), arenas (S), limos (M),

arcillas (C), y suelos orgánicos (O). Además, incorpora subdivisiones que consideran la gradación (si son bien o mal graduados) y la plasticidad, asignando denominaciones específicas como CL para arcillas de baja plasticidad o SW para arenas bien graduadas, basadas en sus propiedades distintivas (Ccoillo, 2017).

2.2.3.4 Caracterización del suelo

a) Límite de Atterberg

El límite líquido como el límite plástico de un suelo se indican mediante los valores denominados Límites de Atterberg. El porcentaje de agua que debe estar presente en el suelo para que pase de un estado plástico a una forma semisólida se denomina límite líquido. Debido a que el análisis granulométrico sólo se ocupa de las partículas diminutas del suelo, estos límites son marcadores de la flexibilidad del suelo, que no pueden identificarse mediante el uso de la investigación granulométrica. Con el uso de los límites de Atterberg, los suelos pueden clasificarse en tres estados distintos: líquido, plástico y sólido. Esta clasificación proporciona información vital sobre el comportamiento y las características de los suelos (Salinas, 2018).

(LL): De un suelo se refiere al punto en el que el suelo contiene una cantidad considerable de agua y se comporta como un líquido, ofreciendo poca o ninguna resistencia a las fuerzas de corte. En este estado, el suelo pierde su resistencia y tiende a deformarse fácilmente bajo la aplicación de fuerzas cortantes, lo que resulta en una resistencia a la corte cercana a cero. Como resultado de la disminución de la cantidad de agua presente en el suelo, la resistencia de éste aumenta y se vuelve más rígido. Esto conduce a una reducción de la cantidad de deformación que se produce. El suelo comienza a mostrar cualidades plásticas una vez que alcanza un grado específico de humedad. Esto ocurre cuando el suelo alcanza un nivel determinado. En el punto en el que el suelo pasa de estar en estado líquido a estar en estado plástico, el límite líquido



es la cantidad de agua que provoca el cambio. Según esta definición, el límite líquido es el siguiente (Murthy et al., 2016).

(PL): El límite plástico es la condición física del suelo en la que, a medida que disminuye la cantidad de agua que está presente en el suelo, éste pierde progresivamente su maleabilidad y alcanza su punto de máxima plasticidad. Se trata del límite plástico. Tras alcanzar esta fase, el suelo empieza a mostrar signos de erosión y comienza a perder su cohesividad. Casagrande es quien ideó el método que se utiliza para determinar el límite plástico. Este proceso consiste en aplicar tierra húmeda a una superficie de cristal y hacer cilindros con la tierra. Cuando los cilindros tienen un diámetro de tres milímetros y empiezan a desmoronarse, el límite plástico es la cifra que se utiliza para calcular el porcentaje de agua presente en el suelo. Este valor también se conoce como límite plástico (Halanocca & Quispe, 2021).

Índice de Plasticidad (IP): El valor del Índice de Plasticidad (IP) es una medida numérica que indica la capacidad de un suelo para cambiar de volumen en respuesta a cambios en los niveles de humedad. En general, los suelos con un IP por encima del 35% tienden a ser más expansivos, lo que significa que tienen una mayor tendencia a aumentar de volumen con la adición de agua. Por otro lado, los suelos con un IP por debajo del 18% tienden a tener un comportamiento menos expansivo y causan menos problemas. La presencia de partículas de arcilla influye significativamente en la plasticidad del suelo, incluso en pequeñas cantidades. Los suelos con valores de IP por encima de 30 o límites líquidos por encima del 50 suelen ser difíciles de manejar debido a su alta plasticidad y capacidad de expansión (Pandey & Rabbani, 2017).

Tabla 2*Clasificación de índice de plasticidad de suelos*

Caracterización	IP	Plasticidad
Suelos muy arcillosos	IP > 20	Alta
Suelos arcillosos	IP < 20	Media
	IP > 7	
Suelos de baja plasticidad por su escaso contenido arcilloso	IP < 7	Baja
Suelos exentos de arcilla	IP = 0	NP

Nota. Adaptado (MTC, 2014)**b) Humedad**

La cantidad de humedad en el suelo representa un parámetro esencial que mide el volumen de agua presente en comparación con los sólidos minerales del suelo, generalmente expresado como un porcentaje. Este aspecto es fundamental para entender las dinámicas de interacción entre el suelo y el agua, lo cual afecta de manera directa tanto sus propiedades físicas como su comportamiento mecánico. La relación entre el contenido de agua y los sólidos del suelo no solo refleja la capacidad del suelo en absorción y mantener el agua, sino que también desempeña un papel determinante en definir su estado físico, es decir, si se encuentra en una condición sólida, plástica o líquida (Payano, 2023)

El nivel de agua presente en el suelo influye de manera notable en su plasticidad, una propiedad que define la capacidad del suelo para deformarse sin experimentar fracturas o grietas. A su vez, la consistencia del suelo se relaciona con su grado de firmeza y su resistencia frente a esfuerzos de deformación o compresión. Estas dos características, la plasticidad y la consistencia, proporcionan una



comprensión completa del comportamiento del suelo cuando se encuentra sometido a distintas condiciones de carga y niveles de humedad, permitiendo predecir su respuesta ante diferentes situaciones (Gutiérrez, 2017).

c) Granulometría

El análisis granulométrico es un método empleado para determinar cómo se distribuyen las partículas de un suelo en función de su tamaño. Este procedimiento implica el uso de una serie de tamices con aberturas de diferentes dimensiones, a través de los cuales se separan las partículas en distintas fracciones granulométricas. Durante el ensayo, se registra el pesaje de las partículas que quedan retenidas en cada tamiz y, comparando este dato con el peso inicial total de la muestra, se calcula el porcentaje de masa de la muestra que atraviesa cada tamiz. Este tipo de análisis aporta información crucial acerca de la composición granulométrica y la distribución de los tamaños de las partículas que componen el suelo, lo cual es esencial para entender sus características físicas y su comportamiento mecánico.

El análisis granulométrico se realiza mediante tamizado y sedimentación, clasificando las partículas en diferentes categorías según su tamaño, desde gravas, arenas, limos hasta arcillas. Las gravas y arenas son partículas más grandes y gruesas, mientras que los limos y arcillas son partículas más finas. Este análisis permite la creación de curvas granulométricas, que son gráficas que muestran el porcentaje acumulativo de material que pasa a través de una serie de tamices con diferentes tamaños de malla. La forma de la curva granulométrica proporciona información valiosa sobre la textura del suelo, su capacidad de drenaje, y su idoneidad para diversos usos en proyectos de ingeniería civil, como la construcción de cimientos, carreteras, y sistemas de drenaje, así como en la agricultura para entender la capacidad de retención.



d) Proctor modificado

Es un método de laboratorio ampliamente utilizado en la ingeniería civil para establecer tanto la densidad máxima que puede alcanzar un suelo o agregado compactado como su contenido óptimo de humedad. Este procedimiento permite identificar la cantidad exacta de agua necesaria para que el suelo o material granular logre una compactación ideal, maximizando su densidad y minimizando los vacíos en su estructura. Esta prueba es esencial para garantizar que los suelos y agregados utilizados en proyectos de construcción alcancen la resistencia y estabilidad requeridas bajo diferentes condiciones de carga y ambientales. Este método por el ingeniero Ralph R. Proctor en la década de 1930, con modificaciones posteriores para reflejar condiciones más cercanas a las de campo, especialmente para obras de construcción que requieren una compactación de suelos más rigurosa, como cimientos de edificios, carreteras y presas (Obeso, 2022).

La prueba Proctor modificada es una prueba que se utiliza para determinar la cantidad óptima de agua, también conocida como contenido óptimo de humedad, que es necesaria para que un suelo alcance su densidad máxima. Durante esta prueba, se obtiene un porcentaje que indica la correspondencia entre el peso del agua en una muestra de suelo y el pesaje de las partículas sólidas presentes en la muestra. Mantener este contenido óptimo de humedad es esencial para crear la mayor densidad posible del suelo, que tiene un impacto sustancial en la capacidad portante del suelo, así como en otras cualidades mecánicas (Guillen, 2021).

El ensayo es una técnica que evalúa la compactación del suelo a través de su densificación, mejorando así sus propiedades estructurales. Este proceso incrementa la rigidez y la habilidad del suelo para soportar carga, mientras se reduce su capacidad de compresión y la permeabilidad al agua. Esto se logra mediante la disminución de



los vacíos en el suelo, aplicando cargas específicas. Actualmente, la densificación del suelo constituye una de las prácticas fundamentales en la construcción de infraestructuras viales dentro del campo de la ingeniería civil (Borda, 2022). El objetivo del ensayo de Proctor Modificado es asegurar que los suelos sean compactados a una densidad que maximice su estabilidad y resistencia, minimizando al mismo tiempo el asentamiento y la consolidación después de la construcción.

e) Capacidad de soporte

El CBR es un parámetro de diseño y evaluación utilizado en la ingeniería de pavimentos que mide la tenacidad a la penetración del suelo o de materiales granulares, el CBR es un itinerario de la capacidad de carga de un material y se utiliza para el diseño de la estructura del pavimento.

La prueba CBR, también conocida como prueba California Bearing Ratio, es una prueba que determina la capacidad de carga de suelo. Cuando se aplica una carga al interior de una muestra de suelo, se calcula un valor relativo que indica la capacidad del suelo para soportar la carga más elevada que se le pueda aplicar. Los resultados de este ensayo son extremadamente importantes, sobre todo cuando se considera la estabilización de suelos con fines de pavimentación a nivel o de subrasante (Rozalen et al., 2019).

El ensayo CBR se realiza aplicando una carga a una muestra de suelo o material granular compactado y penetrado por un pistón de área conocida, a una velocidad constante. La relación entre la presión aplicada para lograr ciertas penetraciones en el material de prueba y la presión requerida para lograr las mismas penetraciones en un material estándar (piedra triturada) se expresa como un porcentaje, conocido como el índice CBR (Estrada & Ventura, 2019).

Los valores de CBR más altos indican un material de mayor resistencia, lo cual sugiere que será necesario menos material de base o subbase en la construcción del pavimento. Este ensayo es crítico en la planificación de carreteras y aeropuertos, donde una base sólida es fundamental para soportar las cargas impuestas por el tráfico de vehículos y aeronaves. El CBR se utiliza tanto para suelos naturales como para materiales de base y subbase en la construcción de pavimentos (Saccaco, 2022).

2.2.4 Pavimentos

Es posible definir el pavimento como un sistema estructural que se compone de muchas capas. Estas capas son responsables de dotar a todo el sistema de las cualidades mecánicas necesarias para cumplir los requisitos estructurales y funcionales de una carretera. A efectos de funcionalidad, se hace hincapié en la calidad adecuada de la capa de rodadura, en un estado óptimo de fricción superficial y en la seguridad vial. La seguridad vial se garantiza mediante un diseño geométrico adecuado, una señalización eficaz y la homogeneidad, todo lo cual contribuye tanto al aspecto estético del firme como a su funcionalidad (Mauricio, 2022).

Se refiere a la capa o superficie de rodadura diseñada para el tránsito de vehículos motorizados de diversos tipos. Esta estructura se compone de estratos de diferentes materiales, incluyendo granulares y aglomerantes, cuyo papel principal es gestionar y diseminar las cargas generadas por los vehículos sobre su superficie (Mauricio, 2022).

Un pavimento se compone generalmente de varias capas que trabajan conjuntamente para proporcionar una superficie lisa y durable para el tráfico de vehículos (Ruiz, 2023). Estas capas son la subbase, la base y la capa de rodadura.

- **Subbase:** Es la capa que se encuentra directamente debajo de la base y encima del suelo natural o de la capa de mejoramiento del suelo, si esta última se encuentra presente. La subbase proporciona una plataforma estable sobre la cual se construye

el resto del pavimento. Ayuda a distribuir las cargas a un área más amplia, minimizando la deformación del suelo subyacente. La subbase generalmente consiste en material granular o tratado con cemento, cal, o asfalto, dependiendo de las especificaciones del proyecto y las condiciones del suelo.

- **Base:** La capa de base se encuentra encima de la subbase y sirve como la principal capa de distribución de carga, transmitiendo las cargas del tráfico a la subbase y al suelo subyacente de manera que no causen deformaciones o fallas. La base está compuesta típicamente por materiales granulares, como grava o piedra triturada, y puede ser afianzada con cemento, asfalto o cal para mejorar su resistencia y durabilidad. La selección del material depende de la capacidad de carga requerida y de las condiciones ambientales.
- **Capa de rodadura:** Es la capa superior que tiene contacto directo con el tráfico de vehículos. Su función principal es ofrecer una superficie uniforme y segura para la circulación, resistir la abrasión del tráfico y proporcionar la fricción necesaria para el manejo seguro de los vehículos. La capa de rodadura puede estar compuesta por asfalto, concreto hidráulico, o incluso materiales como adoquines, dependiendo del tipo de pavimento (flexible, rígido, etc.) y de los requisitos específicos de rendimiento, como resistencia al deslizamiento y al desgaste.

Tipos de pavimento

a) Pavimento flexible

Este tipo de pavimento consta de múltiples capas, configurando un sistema integrado donde cada estrato ofrece una funcionalidad superior conforme se acerca a la superficie, donde el impacto de las cargas vehiculares es más intenso. Su estructura se compone de una subbase, base y una capa de rodadura o asfalto. Comparado con el pavimento rígido, este sistema presenta una menor rigidez, lo que resulta en tensiones

más altas al nivel de la subrasante. Por ello, la subrasante debe satisfacer requisitos más exigentes en términos de capacidad para soportar cargas (Mauricio, 2022).

b) Pavimento rígido

Este tipo de pavimento generalmente incluye dos capas principales: la subbase o base, y la capa de rodadura, consistente en una losa de concreto. La notable rigidez del concreto hidráulico utilizado en la capa superior facilita una distribución más uniforme de las cargas, minimizando así las tensiones transmitidas al nivel de la subrasante (Mauricio, 2022).

2.2.5 Subrasante

La subrasante de una carretera es crucial ya que sirve como la base inicial sobre la cual se construye la estructura del pavimento, ya sea que este sea de tipo rígido o flexible, tanto en áreas de corte como de relleno. Esta subrasante debe estar ubicada en el suelo de fundación y debe tener las condiciones físicas y mecánicas adecuadas para soportar la carga de la ordenación del pavimento o la capa de afirmado para una vía temporal (Salcedo, 2022).

La subrasante se identifica como la parte superior del terraplén que se encuentra en la base de las excavaciones realizadas en el terreno natural. Está compuesta por suelos seleccionados que poseen características excelentes. Además, esta superficie debe someterse a una causa de compactación por estratos para formar un cuerpo duradero que se mantenga en óptimas condiciones constantemente. Este proceso garantiza que el cuerpo de la subrasante no se dañe al recibir las cargas del tráfico vehicular según el diseño establecido, es decir, su resistencia de carga en condiciones operativas (Salcedo, 2022).

La subrasante desempeña roles esenciales tales como soportar y distribuir las fuerzas generadas por el tráfico hacia las capas subsiguientes del pavimento de manera

eficaz. Es crucial en la prevención de la degradación de la capa superficial, particularmente cuando el terraplén o el suelo nativo consiste en materiales finos o arcillosos. Adicionalmente, contribuye a impedir la transmisión de imperfecciones desde el sustrato hasta la capa de revestimiento, asegurando de este modo la uniformidad en el espesor del revestimiento (Condori & Ccama, 2023).

Figura 5

Subrasante



Fuente: Tomada de Google

La subrasante, definida como la capa de suelo natural que ha sido debidamente clasificada y compactada, constituye la base fundamental sobre la que se construye un pavimento. Esta capa desempeña un papel esencial en la respuesta estructural del pavimento, influyendo directamente en su comportamiento tanto durante el proceso de construcción como a lo largo de su vida útil. La calidad y las características de la subrasante afectan significativamente la capacidad del pavimento para soportar cargas, distribuir esfuerzos y resistir deformaciones, lo que la convierte en un componente crítico para asegurar la durabilidad y el desempeño adecuado de toda la estructura pavimentada (Farfán, 2016).

Existe una correlación directa entre la calidad de la subrasante y la eficacia del proceso de construcción y el rendimiento del pavimento. Esto se debe a que la subrasante ofrece un soporte suficiente para las actividades de base y/o subbase. En caso de que el proceso de construcción no sea eficaz, es posible que los problemas en la subrasante pasen desapercibidos y no se manifiesten hasta más adelante debido a las condiciones del entorno y del tráfico. Además, la calidad de la subrasante tiene un impacto significativo en los esfuerzos, desplazamientos y agrietamientos del pavimento. Las deflexiones en la superficie del pavimento suelen ser atribuidas a la subrasante, lo que subraya la importancia de caracterizar correctamente este componente del suelo (Farfán, 2016).

Tabla 3*Clasificación de tipos de subrasante*

Clasificación de tipos de subrasante	CBR
So_Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1_Subrasante Pobre	CBR > 3% CBR < 6%
S2_Subrasante Regular	CBR > 6% CBR < 10%
S3_Subrasante Buena	CBR > 10% CBR < 20%
S4_Subrasante Muy Buena	CBR > 20% CBR < 30%
S5_Subrasante Excelente	CBR > 30%

Nota: (MTC, 2014)

Características de la subrasante

La subrasante es una capa crucial en la estructura de un pavimento, constituyendo la base sobre la que se construyen las demás capas (base, sub-base y capa de rodadura). Es fundamentalmente el suelo natural o mejorado que ha sido compactado y preparado para soportar las capas superiores del pavimento y, finalmente, las cargas del tráfico

(Burga, 2023). Aquí te dejo algunas de las características y propiedades más importantes de la subrasante:

- **Capacidad de soporte:** La capacidad de carga de la subrasante es crucial para garantizar que pueda soportar las cargas del tráfico sin experimentar deformaciones excesivas. Esta característica está influenciada por factores como la resistencia del suelo, su densidad y su capacidad para distribuir las cargas de manera uniforme.
- **Compactación:** La compactación adecuada es esencial para mejorar la capacidad de soporte de la subrasante. Una subrasante correctamente compactada tendrá una mayor densidad, lo que aumenta su resistencia y estabilidad. La densidad óptima depende del tipo de suelo y de las condiciones específicas del sitio.
- **Drenaje:** Una subrasante con buena permeabilidad permite que el agua se drene de manera eficiente, evitando la acumulación de agua que podría debilitar el suelo y reducir su capacidad de soporte. Se pueden emplear técnicas de drenaje, como la instalación de tuberías subterráneas o la aplicación de materiales drenantes, para mejorar esta característica en suelos con baja permeabilidad.
- **Uniformidad:** La subrasante debe ser uniforme en términos de su composición y propiedades en toda el área del pavimento. Variaciones en la composición del suelo pueden provocar diferencias en la capacidad de soporte, lo que puede resultar en deformaciones no deseadas en el pavimento. Por lo tanto, es importante realizar pruebas de laboratorio y en el campo para evaluar la uniformidad y consistencia del suelo.
- **Resistencia a la deformación:** La subrasante debe resistir la deformación bajo cargas repetidas, manteniendo su forma y capacidad de soporte a lo largo del tiempo.
- **Material:** El material de la subrasante puede variar desde suelos naturales hasta suelos estabilizados con aditivos, dependiendo de las necesidades del proyecto y las condiciones del sitio (More & Ydrogo, 2019).

Tabla 4*Clase de carretera y número de calicatas*

Tipo de carretera	Cuantía de calicatas	Profundidad
Autopistas: vías con un IMDA superior a 6000 vehículos por día, formadas por calzadas independientes, cada una con dos o más carriles	4 a 6 calicatas x km	
Carreteras Duales o Multicarril: vías con un IMDA que varía entre 6000 y 4001 vehículos por día, con calzadas separadas, cada una equipada con dos o más carriles	4 a 6 calicatas x km	
Carreteras 1° Clase: vías con un IMDA que oscila entre 4000 y 2001 vehículos por día, consistentes en una sola calzada con dos carriles.	4 calicatas x km	1.50 metros sobre el nivel de la subrasante del proyecto.
Carreteras de 2° Clase: carreteras con un Vías con un IMDA entre 2000 y 401 vehículos por día, que cuentan con una sola calzada de dos carriles.	3 calicatas x km	
Carreteras de 3° Clase: vías con un IMDA que varía entre 400 y 201 vehículos por día, con una calzada de dos carriles.	2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tráfico: vías con un IMDA menor a 200 vehículos por día, con una sola calzada.	1 calicata x km	

Nota: (MTC, 2014)

2.2.6 Estabilización

La estabilización de suelos se refiere al proceso de mejorar las propiedades físicas y químicas intrínsecas del terreno mediante la aplicación de técnicas mecánicas y el empleo de aditivos, ya sean químicos, naturales o sintéticos, de acuerdo con criterios



técnicos establecidos. Este proceso se aplica a suelos de baja calidad o subrasantes que no cumplen con los requisitos necesarios para la construcción de pavimentos flexibles o rígidos (López & Ortiz, 2018).

La estabilización de suelos es un método efectivo para mitigar las variaciones de volumen experimentadas por las arcillas, las cuales son frecuentes al estar en contacto continuo con el agua presente en el nivel freático. Esto se logra a través de una transformación significativa de las propiedades físicas y químicas del material (García, 2022).

La estabilización del suelo se refiere, en términos generales, al conjunto de técnicas que pueden ser mecánicas, químicas, físicas, entre otras o su combinación, utilizadas para alterar las características de un suelo natural. El propósito es cumplir con requisitos específicos de ingeniería, tales como mejorar la capacidad de soporte de carga del suelo, incrementar su resistencia a la tracción y optimizar el rendimiento de subsuelos, arenas y materiales de desecho in situ, entre otras mejoras en sus propiedades ingenieriles (Mauricio, 2022).

Estabilización de la subrasante

La estabilización de la subrasante es una técnica de ingeniería civil que se utiliza para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos que sirven como base o cimentación para estructuras como carreteras, pistas de aeropuertos, y edificaciones. El objetivo principal de la estabilización es aumentar la resistencia y durabilidad del suelo, reducir su susceptibilidad al agua, y mejorar su capacidad de carga, para garantizar una base sólida y estable para la construcción (Apac, 2020).

Existen varios métodos de estabilización de la subrasante, que pueden clasificarse en dos categorías principales: mecánica y química. La estabilización mecánica implica la



compactación del suelo y la mezcla de diferentes tipos de suelo para alcanzar la densidad y resistencia deseadas. Esto puede incluir la adición de materiales granulares para mejorar la estructura y capacidad de carga del suelo (Apac, 2020).

Por otro lado, la estabilización química utiliza aditivos como cal, cemento, cenizas volantes, o emulsiones asfálticas para modificar las propiedades químicas y físicas del suelo. La adición de estos materiales puede mejorar significativamente la cohesión, resistencia al esfuerzo cortante, y reducir la plasticidad y la expansión del suelo ante la presencia de agua.

La elección del método de estabilización depende de las características específicas del suelo en el sitio de construcción, los requisitos del proyecto, y consideraciones económicas y ambientales. La estabilización de la subrasante es un paso crítico en la preparación de la base para la construcción, ya que un suelo bien estabilizado puede prevenir problemas futuros como asentamientos diferenciales, fisuración, y deterioro de las estructuras construidas sobre él.

2.3 Marco conceptual

- a. Concha de abanico: La concha de abanico, también conocida como concha de vieja, es un tipo de concha marina que pertenece a la familia Pectinidae (Estrada & Ventura, 2019).
- b. Contenido de humedad: Es la cantidad de agua presente en relación con la masa total del suelo. El contenido de humedad del suelo se expresa comúnmente como un porcentaje del peso o volumen total del suelo (Estrada & Ventura, 2019).
- c. CBR: Se determina mediante la comparación de la presión que un suelo puede soportar bajo una muestra de carga estándar con la presión que puede soportar



- una muestra de roca triturada de California bajo las mismas condiciones (Hanco, 2021).
- d. Polvo de mármol: El polvo de mármol es un material fino y pulverizado que se obtiene del procesamiento de bloques de mármol (Vasquez, 2022).
 - e. Subrasante: La subrasante es el suelo natural o el material subyacente que soporta la capa de hormigón o asfalto que forma la carretera. La subrasante debe ser capaz de soportar las cargas aplicadas por el tráfico vehicular y transmitir las de manera segura al suelo subyacente sin deformaciones excesivas (Vasquez, 2022).
 - f. Suelo: El suelo es un recurso natural fundamental que se forma a partir de la interacción de factores biológicos, climáticos, geológicos y topográficos a lo largo del tiempo. Consiste en una mezcla de minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos que cubre la superficie terrestre (Borda, 2022)



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

A la hora de abordar los retos inherentes a la aplicación rigurosa del método científico, la metodología de la investigación desempeña un papel fundamental. El examen y la comprensión de una serie de factores que son esenciales para el éxito de la ejecución de la investigación es el principal énfasis de esta organización. Su principal objetivo radica en asegurar la autenticidad y la objetividad de los hallazgos obtenidos a partir de los datos recopilados. Este enfoque detallado implica seleccionar cuidadosamente técnicas y herramientas de recolección de datos, así como planificar y ejecutar procedimientos diseñados para minimizar posibles sesgos (Hernández et al., 2018).

3.1 Diseño de la investigación

A la hora de investigar, la metodología del diseño experimental requiere una preparación meticulosa de las condiciones experimentales, una manipulación meticulosa de las variables independientes y un control meticuloso de otros factores. Está diseñado para instituir lazos causales cambiando intencionadamente la variable independiente y analizando el efecto que esta manipulación tiene sobre la variable bajo examen. Este enfoque, necesario para obtener resultados científicamente válidos, se utiliza en



situaciones en las que se pretende establecer vínculos causales mientras los entornos experimentales están sometidos a un control riguroso (Hernández et al., 2018).

Experimental, ya que realizamos los ensayos correspondientes a la subrasante con la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol.

3.2 Métodos de la investigación

La estrategia de investigación cuantitativa es una vía investigativa que se basa en la recopilación y el examen de datos numéricos que pueden verificarse de forma independiente. La medición y cuantificación de los acontecimientos se realiza mediante el uso de determinados métodos, y se utilizan recursos estadísticos y matemáticos para definir, aclarar y estimar los resultados. La objetividad, la habilidad para extrapolar los resultados y su confirmación o refutación de hipótesis y la posibilidad de comparación con otras investigaciones que puedan considerarse comparables son algunas de las características distintivas de esta metodología. En la esfera de la investigación científica, especialmente en el de las ciencias sociales, es de suma importancia, ya que permite extraer conclusiones completas respaldadas por datos empíricos (Hadi et al., 2023).

Cuantitativa, ya que utilizamos herramientas de análisis matemáticos sobre la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en el suelo de la subrasante.

3.3 Nivel y tipo de investigación

3.3.1 Tipo de la investigación

La investigación aplicada se centra en abordar problemas específicos en contextos particulares mediante la utilización de conocimientos teóricos y herramientas científicas. Su objetivo principal es emplear el saber de disciplinas especializadas para diseñar soluciones concretas que satisfagan las necesidades sociales o productivas. Este tipo de

investigación busca generar conocimientos que se puedan aplicar directamente en la sociedad o en sectores económicos específicos. Para ello, se basa en los descubrimientos y avances realizados en la investigación fundamental, y desempeña un papel esencial en el proceso de pasar de la teoría a la aplicación real de bienes o soluciones eficaces (Pimienta et al., 2018).

Aplicada, ya que nos orientamos en abordar el progreso de la subrasante con la incorporación de cenizas de concha de abanico y polvo de marlo.

3.3.2 Nivel de la investigación

El propósito primordial de la investigación explicativa es discernir y comprender las relaciones causales, posibilitando generalizaciones en contextos afines. Su objetivo radica en ofrecer una comprensión exhaustiva de fenómenos aún no completamente esclarecidos, con miras a ampliar el acervo de conocimiento existente. Para investigar las razones y los objetivos que subyacen a un determinado tema, se utiliza con frecuencia este tipo de investigación. Ofrece al investigador una perspectiva más profunda y completa del tema que se está investigando (Reyes, 2022).

Explicativo, ya que realizamos un análisis comprensivo sobre el efecto de la ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en la subrasante.

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

El término se refiere al amplio conjunto de personas, componentes o sucesos que son objeto de investigación y participan una serie de caracteres en común. Esta idea es muy necesaria para determinar la amplitud e importancia de los resultados de la investigación. A partir de la información obtenida de una muestra típica de la población, el investigador trata de generalizar o inferir acerca de la población. La población es el grupo que el investigador desea describir. A la hora de investigar, es esencial tener un

conocimiento exhaustivo de la variedad y la dinámica de la población para garantizar que las conclusiones sean transferibles y pertinentes en un entorno de estudio más amplio (Iglesias, 2021).

La población comprende toda la subrasante de la vía Caminaca – Achaya que podría verse afectadas por la adición de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol.

3.4.2 Muestra

En investigación, una muestra implica la selección de un subconjunto representativo de una población más extensa con el propósito de analizarlo y derivar conclusiones aplicables al conjunto total. Dado que investigar a toda la población es impracticable o demasiado costoso, se opta por estudiar una muestra que, si está correctamente seleccionada, puede proporcionar datos confiables y válidos. Para reflejar correctamente las características del conjunto de la población, es fundamental que la elección de la muestra y de un tamaño aceptable. Esto garantizará que los resultados sean válidos y puedan generalizarse a toda la población.

La muestra para este estudio sería los puntos de exploración.

Tabla 5

Total de muestras testeadas

Descripción	IP	Compactación	CBR
SN	3.0	3.0	3.0
4% CCA	3.0	3.0	3.0
8% CCA	3.0	3.0	3.0
4% PM	3.0	3.0	3.0
8% PM	3.0	3.0	3.0
TOTAL	15.0	15.0	15.0



Donde:

- SN = Suelo natural de la subrasante
- CCA = Ceniza de concha de abanico
- PM = Polvo de mármol

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

La recopilación, el análisis y la interpretación de datos para responder a preguntas de investigación o comprobar hipótesis son ejemplos de técnicas de investigación. Las técnicas de investigación se componen de un conjunto de metodologías, enfoques y recursos utilizados por un investigador. Estas prácticas son esenciales en el desarrollo de investigaciones, pues posibilitan la obtención de datos que poseen validez y confiabilidad, garantizando de esta manera la calidad y la credibilidad de los resultados alcanzados (Medina et al., 2023).

- Observación detallada.
- Ensayos en laboratorio.
- Análisis minucioso.

3.5.2 Instrumentos

El término hace referencia a los numerosos elementos o enfoques que los investigadores emplean para recopilar información a lo largo de un estudio. Estas herramientas son cruciales en el asunto de investigación porque facilitan la obtención de material pertinente y bien organizado. Esto es muy necesario para cumplir los objetivos del estudio y dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

- Ensayos con niveles de confiabilidad.
- Equipos y herramientas de laboratorio.
- Documentación de los resultados.



3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

El proceso de validación de los instrumentos de investigación es una etapa esencial que consiste en analizar en profundidad la calidad y precisión de los instrumentos utilizados en el proceso de recogida de datos de un proyecto de investigación. Esta técnica es absolutamente necesaria para garantizar que los datos recogidos y las conclusiones obtenidas sean precisos, fiables y representativos de la población investigada. La legitimidad de los resultados obtenidos se garantiza confirmando la eficacia de los instrumentos, lo que a su vez proporciona una base sólida para la paráfrasis y la aplicación práctica de las conclusiones en el campo de estudio correspondiente.

3.6.2 Confiabilidad de instrumentos

La coherencia y estabilidad recolectada por un equipo de medida es lo que se entiende por «fiabilidad» en el contexto de la investigación cuantitativa. En palabras llanas, se refiere a la capacidad del instrumento para generar resultados que sean coherentes y reproducibles tanto en distintos momentos como en condiciones variadas. Una de las cualidades más importantes de las herramientas de medición que se utilizan en la investigación es la fiabilidad, ya que esta cualidad garantiza que los datos que se recogen son fiables. Esto, a su vez, garantiza que las conclusiones que se extraigan de estos datos sean fiables y dignas de confianza.

3.7 Procedimiento

La recolección de datos implica la aplicación de un enfoque metódico para reunir y cuantificar información proveniente de diversas fuentes, con el objetivo de obtener una comprensión exhaustiva de un tema o cuestión específica. Este procedimiento es fundamental para mantener la rigurosidad de una investigación, facilitando la toma de

decisiones fundamentadas en evidencia concreta y garantizando la validez y la exactitud de los resultados obtenidos.

Selección de calicatas

Inicialmente, llevamos a cabo una detallada inspección en las ubicaciones específicas donde se efectuarán las exploraciones, seleccionadas estratégicamente por su relevancia para el estudio. Por razones de enfoque y eficiencia, decidimos limitar la realización a tres calicatas. Estas calicatas nos permitirán obtener muestras representativas de la subrasante, las cuales serán fundamentales para nuestra investigación.

Una vez extraídas, las muestras serán cuidadosamente colocadas en bolsas herméticas, asegurando su integridad y evitando cualquier contaminación o alteración que pudiera afectar los resultados de los análisis. Este proceso garantiza que las condiciones originales de las muestras se mantengan intactas hasta su llegada al laboratorio. En el laboratorio, las muestras serán sometidas a una serie de ensayos meticulosamente planificados.

Figura 6

Localización de los puntos exploratorios

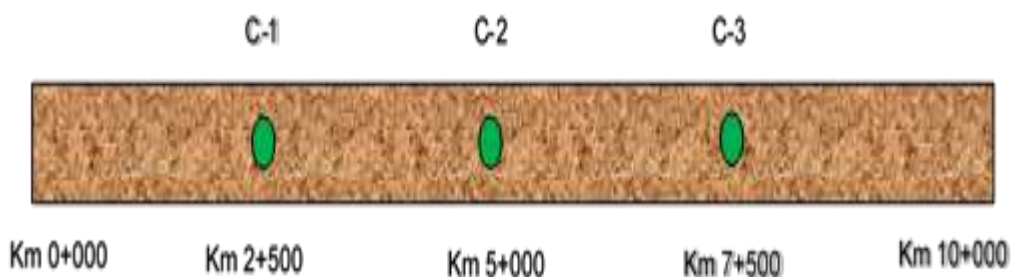


Tabla 6

Detalles de los puntos de exploración

Tramo	Km	Calicata	Margen
0+000 – 5+000	2+500	1	Izquierdo
5+000 – 7+500	5+000	2	Derecho
7+500 – 10+000	7+500	3	Izquierdo

Se detalla la ubicación exacta de los puntos de exploración y los márgenes donde se realizarán las calicatas.

Figura 7

Localización de la vía estudiada





Ceniza de conchas de abanico

Para comenzar, nos dedicamos a la recolección de conchas de abanico, seleccionando cuidadosamente. Una vez recolectadas, nos aseguramos de limpiarlas minuciosamente para eliminar cualquier suciedad o impureza que pudieran contener. Utilizamos agua corriente y cepillos suaves para este proceso, garantizando así la pureza de las conchas.

Después de la limpieza, procedimos al secado de las conchas. Colocamos las conchas en una superficie plana y las dejamos secar al aire durante un tiempo adecuado para asegurarnos de que estuvieran completamente libres de humedad.

Una vez secas, trituramos las conchas en trozos pequeños utilizando un mortero y un mazo, asegurándonos de obtener un tamaño uniforme en los fragmentos.

Preparamos un recipiente resistente al calor para el siguiente paso. Colocamos los trozos de concha triturada en el recipiente, asegurándonos de distribuirlos de manera uniforme. Luego, llevamos el recipiente al horno previamente precalentado a una temperatura específica. Mantuvimos el recipiente en el horno durante un período de tiempo calculado con precisión, permitiendo que las conchas se quemaran gradualmente hasta convertirse en cenizas.

Una vez completado el proceso, retiramos el recipiente del horno y dejamos que las cenizas de las conchas se enfriaran completamente.

Polvo de mármol

La adquisición del polvo de mármol se realizó a través de la plataforma en línea MercadoLibre, donde se seleccionó cuidadosamente el producto basándose en su calidad y las reseñas de otros compradores.

3.7.1 Ensayos en laboratorio

- a. **Contenido de humedad:** La evaluación del nivel de humedad en el suelo es una técnica fundamental en los análisis de laboratorio, utilizada para establecer la cantidad relativa de agua presente en una muestra de suelo respecto a su peso seco. Este procedimiento implica varios pasos que aseguran la precisión en la intrepidez del contenido hídrico del suelo, permitiendo así un análisis comparativo efectivo.

Procedimiento:

- La muestra de suelo fue sometida a un proceso de homogeneización con el objetivo de asegurar que su composición sea uniforme. Este paso es esencial para garantizar que cualquier fracción seleccionada del suelo refleje de manera precisa las características del conjunto completo de la muestra.
- A través del uso de la técnica de cuarteo, se obtuvo una fracción representativa del suelo en su condición natural. Esta técnica es ampliamente utilizada para asegurar que las propiedades generales del suelo estén adecuadamente representadas en la porción extraída, eliminando sesgos en la muestra.
- Se procedió a medir el peso del contenedor que contiene la muestra utilizando una balanza electrónica de precisión. Este peso inicial es fundamental, ya que proporciona un punto de referencia necesario para el cálculo posterior del contenido de humedad del suelo en relación con su peso seco.
- La muestra de suelo, dentro de su contenedor, fue colocada en un horno calibrado a una temperatura de 110 ± 5 °C. La muestra permaneció en el horno durante un mínimo de 24 horas. Este periodo de exposición es crucial para asegurar que toda la humedad presente en la muestra sea completamente eliminada.
- Después del tratamiento térmico en el horno, la muestra se dejó enfriar a temperatura ambiente. Este enfriamiento es necesario para evitar la reabsorción de humedad del ambiente antes de que se realice la siguiente medición de peso.

- Finalmente, se llevó a cabo un segundo pesaje del contenedor. Comparando este peso con el inicial, se puede calcular la cantidad de agua eliminada durante el proceso de desecación, proporcionando así una medida precisa del contenido de humedad del suelo original.

Figura 8

Humedad



- b. Ensayo de límites de consistencia:** El propósito fundamental de este ensayo es cuantificar la presencia de partículas plásticas en un material específico, centrándose especialmente en aquellas capaces de saltar a través de un tamiz con una malla de tamaño número 40. Este procedimiento de análisis se realiza una vez que se han determinado los límites de consistencia, es decir, los índices de liquidez y plasticidad del material. Para asegurar la precisión y uniformidad de los resultados, este ensayo



se lleva a cabo siguiendo rigurosamente las normativas establecidas por las normas ASTM D4318, así como los estándares MTC E 111 y MTC E 110, que son referentes en la evaluación de las propiedades de suelos y materiales en el contexto de la ingeniería geotécnica.

Procedimiento LP:

- Se toma una porción de la mezcla preparada con el objetivo específico de determinar el límite líquido del suelo. Esta muestra se selecciona cuidadosamente para asegurar que sea representativa de la mezcla total y cumpla con las condiciones necesarias para el ensayo.
- A continuación, se incorpora suelo seco a la mezcla previamente preparada. Este paso se realiza con el propósito de reducir el contenido húmedo presente en la muestra, logrando así las condiciones adecuadas para proceder con la medición del límite plástico.
- Utilizando las manos, se amasa la mezcla suavemente sobre una superficie plana de vidrio. Durante este proceso de amasado, se forman cilindros de aproximadamente 3 mm de diámetro. La mezcla se sigue trabajando hasta que empiezan a observarse pequeñas fisuras o grietas en los cilindros. La aparición de estas fisuras es un indicador crucial que señala que se ha alcanzado el límite plástico del material.
- En el momento en que las fisuras se hacen visibles, se realiza una medición del contenido de humedad de la muestra. Este valor se registra meticulosamente, ya que es fundamental para la determinación precisa del límite plástico.
- Para asegurar la precisión y confiabilidad de los resultados obtenidos, el ensayo no se realiza una única vez. Se repite el procedimiento una o dos veces adicionales. Esta repetición es clave para obtener un valor promedio del contenido de humedad que refuerce la consistencia y fiabilidad de los datos registrados.

- El límite plástico del material se determina computando el promedio de los porcentajes de humedad obtenidos en las disímiles pruebas realizadas. Este promedio proporciona una medida más precisa del comportamiento del suelo bajo las condiciones del ensayo.
- En caso de que los resultados obtenidos en las diferentes pruebas muestren una variación superior a dos puntos porcentuales, es recomendable repetir el ensayo. Esta repetición es necesaria para garantizar la exactitud de las mediciones y asegurar que los resultados reflejen de manera confiable las propiedades del material evaluado.

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

Procedimiento LL:

- Se comienza preparando una muestra de suelo mezclada uniformemente con agua dentro de una cápsula.
- Una porción de esta mezcla se coloca cuidadosamente en la copa de Casagrande. Es crucial que la mezcla alcance un espesor uniforme de aproximadamente 1 cm en la copa para garantizar la consistencia de los resultados.
- Utilizando un ranurador, se traza una hendidura central en la muestra de suelo ubicada en la copa. Posteriormente, mediante el uso de la manivela, la copa se eleva y se deja caer a un ritmo constante de 2 golpes por segundo.
- Este proceso se repite de manera continua hasta que las dos mitades del suelo, separadas por la ranura, se toquen en la parte inferior de la misma, en una longitud de aproximadamente 1/2 pulgada (1.27 cm). Este punto es crucial, ya que indica que el suelo ha alcanzado el estado requerido para la medición del límite líquido.
- Se registra con precisión el número de golpes que fueron necesarios para que la ranura se cerrara en su base.
- Una vez que las dos mitades de la muestra de suelo se han unido en la ranura, se utiliza una espátula para extraer esta porción. Luego, esta muestra se pesa cuidadosamente para establecer su contenido húmedo.

- El suelo residual que queda en la copa de Casagrande se retira completamente. La mezcla de suelo en la cápsula de porcelana se ajusta añadiendo agua o suelo seco según sea necesario. Este ajuste se realiza con el objetivo de asegurar que el número de golpes necesarios para cerrar la ranura se mantenga en un rango de entre 15 y 35 golpes.
- Se procede a trazar la curva en un gráfico. En este gráfico, el número de golpes se representa en el eje de abscisas (eje logarítmico), mientras que los contenidos de humedad correspondientes se ubican en el eje de ordenadas (eje lineal).
- Para establecer el dato del límite del suelo, se identifica el punto en la curva de fluidez que corresponde a 25 golpes. Este valor es fundamental para caracterizar las propiedades del suelo en términos de su comportamiento frente a la humedad y su capacidad de deformación bajo condiciones específicas.

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

Procedimiento índice plástico:

$$IP = LL - LP$$

Figura 9

Índice de plasticidad





c. Ensayo de análisis granulométrico: El propósito esencial del análisis granulométrico es determinar la distribución de los tamaños de las partículas que componen los agregados. Este análisis proporciona una visión detallada de cómo varían las dimensiones de las partículas dentro de un conjunto de material granular. Esta información es crucial porque permite comprender las propiedades físicas intrínsecas de los materiales, como su estabilidad, cohesión, permeabilidad y compactación. Además, el conocimiento detallado de la distribución granulométrica de los agregados es indispensable para predecir y evaluar su comportamiento en diferentes aplicaciones, como en la construcción de pavimentos, estructuras de concreto y bases de carreteras.

Procedimiento:

- Evaluar la necesidad de secar el suelo: Antes de iniciar el proceso de análisis granulométrico, es fundamental evaluar si es indispensable eliminar la humedad presente en el suelo.
- Realizar un lavado de la fracción fina del suelo: Para asegurar la eliminación de sustancias solubles o partículas indeseadas que puedan interferir con el análisis, se procede a lavar la fracción más fina del suelo.
- Secar completamente la muestra lavada: Una vez que se ha realizado el lavado de la fracción fina, es necesario someter la muestra a un proceso de secado completo en una estufa de laboratorio. Este procedimiento tiene como objetivo eliminar toda la humedad residual de la muestra, garantizando que las partículas de suelo estén completamente secas y listas para el tamizado, evitando así cualquier aglutinamiento o efecto que pueda afectar la precisión del análisis.
- Preparación del conjunto de tamices para el tamizado: Se debe organizar un conjunto de tamices, ordenados de mayor a menor apertura de malla. Los tamices deben

colocarse de forma segura, uno sobre otro, asegurando que cada tamiz esté en su lugar correspondiente.

- Medición del peso de los residuos retenidos en cada tamiz: Tras realizar el tamizado, se procede a pesar los residuos de suelo que quedaron retenidos en cada tamiz. Es importante registrar con precisión el peso de los materiales retenidos en cada tamiz, así como el peso total de la muestra inicial analizada.
- Cálculo de los porcentajes de masa retenida y pasante: Con los datos de peso de los residuos, se calculan los porcentajes de masa retenida y pasante en cada tamiz. Estos cálculos se realizan en relación con la masa total de la muestra, proporcionando una representación detallada de cómo se distribuyen las partículas de diferentes tamaños en la muestra de suelo.
- Creación de una gráfica de repartición granulométrica: Finalmente, se debe construir un gráfico de distribución granulométrica, donde se represente el % acumulativo de la masa retenida frente al tamaño de las partículas.

Figura 10

Análisis granulométrico





d. Proctor modificado: Es una de las pruebas fundamentales empleadas en el ámbito de la geotecnia y la ingeniería de pavimentos. Esta prueba tiene como finalidad determinar las condiciones óptimas para la compactación de suelos, un aspecto crítico en la preparación de terrenos destinados a soportar estructuras como cimientos, carreteras y otras infraestructuras donde la estabilidad y la capacidad de carga del suelo son primordiales. El método del Ensayo Proctor Modificado implica someter una muestra de suelo a una serie de compresiones controladas en un cilindro de ensayo, añadiendo agua en incrementos específicos.

Procedimiento:

- Selección de una muestra de suelo representativa: El primer paso en este proceso consiste en seleccionar cuidadosamente una muestra de suelo que tenga un peso de entre 2.5 y 3 kilogramos. Es fundamental asegurarse de que esta muestra esté completamente seca antes de proceder, ya que la presencia de humedad podría afectar los resultados del ensayo de compactación.
- Tamizado para eliminar partículas no deseadas: A continuación, la muestra de suelo debe ser tamizada utilizando un tamiz con la malla N° 4. Este proceso tiene como objetivo eliminar las partículas que exceden el tamaño máximo permitido por el ensayo, de manera que se obtenga un suelo con un tamaño de partículas homogéneo.
- Ajuste de la humedad de la muestra: Después del tamizado, el siguiente paso es humedecer gradualmente la muestra de suelo. Este proceso se realiza con la finalidad de alcanzar una consistencia ligeramente húmeda, que es ideal para el proceso de compactación. La adición de agua debe hacerse de manera controlada y uniforme para evitar zonas de exceso o deficiencia de humedad, lo que podría sesgar los resultados del ensayo.
- Compactación de la muestra en el molde Proctor: Una vez que la muestra ha sido preparada con la humedad adecuada, se coloca en el molde Proctor, al cual se le han

añadido collares adicionales para evitar cualquier pérdida de suelo durante el proceso de compactación. La muestra se compacta en el molde en cinco capas distintas. Cada capa debe ser compactada aplicando 56 golpes con un mazo de caída libre desde una elevación de 0.45 metros.

- Obtención de muestras para análisis posterior: Una vez que la muestra ha sido completamente compactada en el molde, se procede a extraer dos sub-muestras de aproximadamente 100 gramos cada una. Una de estas muestras debe provenir de la parte superior del molde y la otra de la parte inferior. Estas sub-muestras se utilizan posteriormente para determinar el contenido de humedad de la muestra compactada.
- Registro del peso del equipo antes de la compactación: Antes de iniciar el proceso de compactación, es crucial anotar el peso del molde junto con la placa base. Este registro inicial proporciona un punto de referencia que se utilizará para calcular la densidad del suelo compactado, una vez completado el ensayo.

Figura 11

Proctor





- Secado de la muestra compactada: Tras la compactación y la obtención de las submuestras, la muestra principal, aún en estado húmedo, debe ser colocada en una estufa de laboratorio para eliminar toda la humedad residual. Este secado es un paso crítico, y es necesario documentar todos los datos relacionados con el tiempo y la temperatura de secado para asegurar la precisión de los cálculos posteriores.
 - Interpretación del ensayo de Proctor Modificado: Finalmente, los valores de la DSM y el COH obtenidos a través de este ensayo son fundamentales para el diseño de la compactación en diversas aplicaciones de construcción.
- e. CBR:** El Ensayo de Relación de Soporte California (CBR, por sus siglas en inglés) se utiliza ampliamente en el ámbito de la ingeniería civil y geotécnica para determinar la capacidad de un suelo específico. Este ensayo es crucial, ya que proporciona una medida cuantitativa de la resistencia del suelo en términos porcentuales, lo que permite evaluar su idoneidad para diversas aplicaciones en la construcción de pavimentos, tales como capas. La metodología del ensayo CBR consiste en comparar la resistencia a la penetración del suelo bajo estudio con la de un material estándar bien definido. Este material estándar generalmente corresponde a un agregado triturado de alta calidad, que sirve como punto de referencia para medir la efectividad del suelo en soportar cargas.

Procedimiento:

- Recolección y preparación de una muestra de material representativa para compactación: Inicialmente, se recolectó una muestra representativa del material que sería sometido a compactación. Esta muestra fue seleccionada cuidadosamente para asegurarse de que reflejara las características del suelo o material en estudio. Para cada ensayo de CBR (Relación de Soporte California), se utilizó un molde específico que se llenó con aproximadamente 5 kilogramos del material seleccionado.



- Compactación del material utilizando un método dinámico controlado: La fase de compactación se realizó dentro del molde utilizando un método de compactación dinámica. Este proceso implicó la aplicación de una energía específica y una cantidad de agua calculada con precisión, ambos factores determinados de manera técnica para garantizar que la compactación del material se llevara a cabo de manera uniforme y adecuada.
- Uso de múltiples moldes y aplicación de diferentes niveles de energía de compactación: Dependiendo de las características específicas de la muestra de material en estudio, se utilizaron entre tres y nueve moldes para llevar a cabo el ensayo. En cada molde, se aplicaron distintos niveles de energía de compactación, medidos en términos del número de golpes aplicados por capa. Se realizaron ensayos con 12, 26 y 55 golpes por capa, respectivamente, para obtener un grupo de datos que capture el comportamiento bajo diferentes condiciones de compactación.
- Nivelación y preparación del espécimen compactado: Una vez que el proceso de compactación en el molde fue completado, se procedió a retirar el collar del molde para preparar el espécimen compactado para las mediciones finales. Esta preparación incluyó la nivelación de la superficie del material compactado, con el objetivo de eliminar cualquier espacio vacío o para comprimir cualquier exceso de material que pudiera quedar en la parte superior.
- Evaluación y registro detallado de resultados: Posteriormente, se realizó una evaluación exhaustiva del material compactado dentro del molde. Esta evaluación incluyó el registro meticuloso de todos los resultados derivados de las mediciones realizadas, así como cualquier observación relevante sobre el comportamiento del material durante el ensayo.



3.8 Procesamiento y análisis de datos

En esta fase del proceso, el objetivo fundamental es convertir los datos brutos recolectados en información significativa que pueda ser utilizada para fundamentar decisiones estratégicas bien informadas. Esta transformación de datos en información requiere la aplicación de un conjunto de técnicas y herramientas analíticas especializadas, las cuales están diseñadas para examinar los datos de manera sistemática y exhaustiva. El análisis riguroso de los datos es esencial para garantizar que la información generada a partir de ellos sea no solo precisa, sino también altamente confiable y pertinente en el contexto específico en el cual se va a emplear para la toma de decisiones.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

Se presentan los resultados mediante de tablas y gráficas, los cuales detallan las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca-Achaya. Asimismo, se presenta el efecto de la inclusión de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol sobre la subrasante de esta vía, ilustrando cómo estas sustancias impactan en las características del terreno.

4.1.1 *Propiedades del suelo de la subrasante de vía Caminaca-Achaya*

a. Humedad

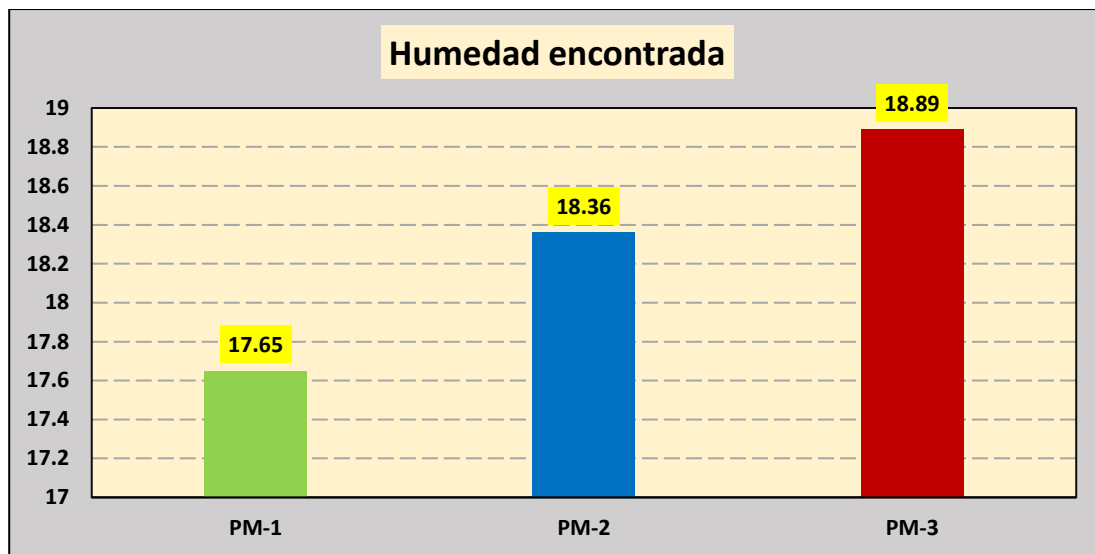
Tabla 7

Humedad en los diferentes puntos de muestreo

Humedad (%)	
Punto de muestreo	(%) Humedad
PM-1	17.65
PM-2	18.36
PM-3	18.89

Figura 12

Humedad en los diferentes puntos de muestreo



Se presenta los niveles de humedad en distintos puntos de muestreo, revelando variaciones leves en el ambiente. En el sitio de muestreo PM-1, se registró un nivel de humedad del 17.65%, mientras tanto, en el PM-2, la humedad medida alcanzó el 18.36%, mostrando una ligera diferencia en comparación con el PM-1. Finalmente, en el PM-3, el nivel de humedad fue de 18.89%.

b. Análisis granulométrico

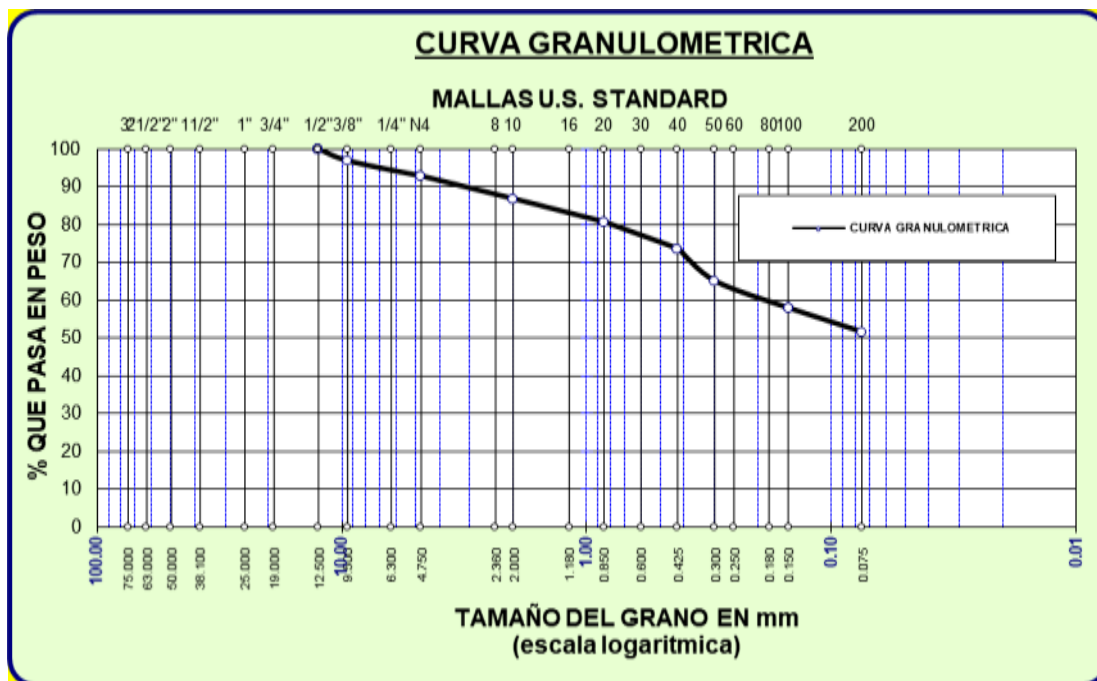
Tabla 8

Distribución granulométrica del PM-1

Tamices Astm	Pesos Retenidos	%Retenidos Parciales	%Retenidos Acumulados	% Que Pasan
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	31.56	3.16	3.16	96.84
N° 4	40.25	4.03	7.18	92.82
N° 10	59.87	5.99	13.17	86.83
N° 20	61.54	6.15	19.32	80.68
N° 40	70.56	7.06	26.38	73.62
N° 50	85.68	8.57	34.95	65.05
N° 100	71.56	7.16	42.10	57.90
N° 200	63.54	6.35	48.46	51.54
BASE	515.44	51.54	100.00	0.00
TOTAL	1000.00	100.00		
% PERDIDA	51.54			

Figura 13

Distribución granulométrica del PM-1



Se proporciona un análisis meticuroso de la distribución de tamaño de los granos en el sitio de exploración PM-1.

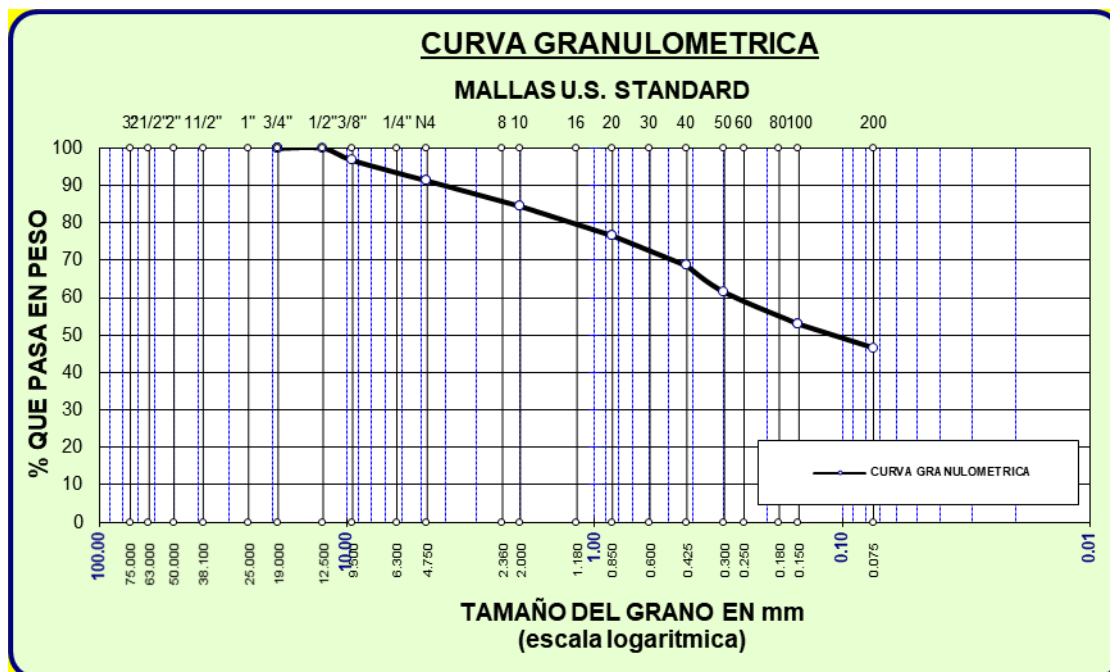
Tabla 9

Distribución granulométrica del PM-2

Tamices Astm	Pesos Retenidos	%Retenidos Parciales	%Retenidos Acumulados	% Que Pasan
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	32.56	3.26	3.26	96.74
N° 4	54.68	5.47	8.72	91.28
N° 10	67.81	6.78	15.51	84.50
N° 20	78.64	7.86	23.37	76.63
N° 40	80.51	8.05	31.42	68.58
N° 50	70.56	7.06	38.48	61.52
N° 100	85.67	8.57	47.04	52.96
N° 200	63.28	6.33	53.37	46.63
BASE	466.29	46.63	100.00	0.00
TOTAL	1000.00	100.00		
% PERDIDA	46.63			

Figura 14

Distribución granulométrica del PM-2



Se proporciona un análisis meticuloso de la distribución de tamaño de los granos en el sitio de exploración PM-2.

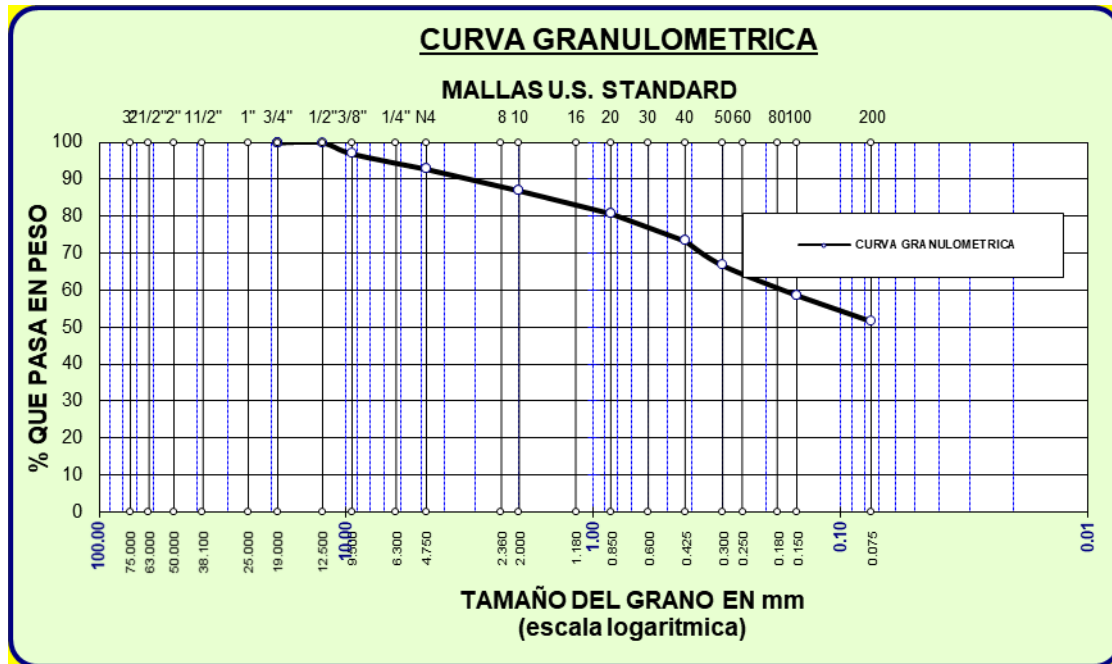
Tabla 10

Distribución granulométrica del PM-3

Tamices Astm	Pesos Retenidos	%Retenidos Parciales	%Retenidos Acumulados	% Que Pasan
1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	29.84	2.98	2.98	97.02
N° 4	41.56	4.16	7.14	92.86
N° 10	58.61	5.86	13.00	87.00
N° 20	61.87	6.19	19.19	80.81
N° 40	74.57	7.46	26.65	73.36
N° 50	65.74	6.57	33.22	66.78
N° 100	81.27	8.13	41.35	58.65
N° 200	70.35	7.04	48.38	51.62
BASE	516.19	51.62	100.00	0.00
TOTAL	1000.00	100.00		
% PERDIDA	51.62			

Figura 15

Distribución granulométrica del PM-3



Se proporciona un análisis meticuloso de la distribución de tamaño de los granos en el sitio de exploración PM-3.

c. IP

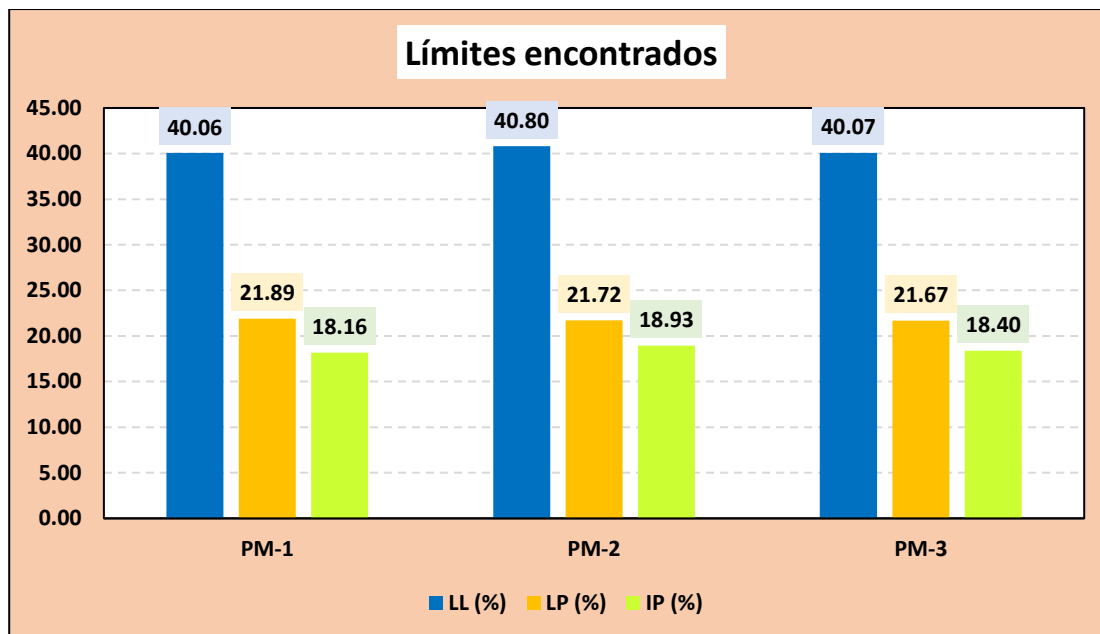
Tabla 11

Límites de la subrasante

Calicata	Límites		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-1	40.06	21.89	18.16
PM-2	40.80	21.72	18.93
PM-3	40.07	21.67	18.40

Figura 16

Límites de la subrasante



Se observaron los límites para las muestras tomadas de diferentes sitios de exploración. Para la muestra PM-1, se determinó un índice plástico (IP) de 18.16. En el sitio PM-2, el índice plástico fue ligeramente mayor, alcanzando un 18.93%. Finalmente, el análisis realizado en el sitio PM-3 reveló un índice plástico de 18.40.

d. Compactación

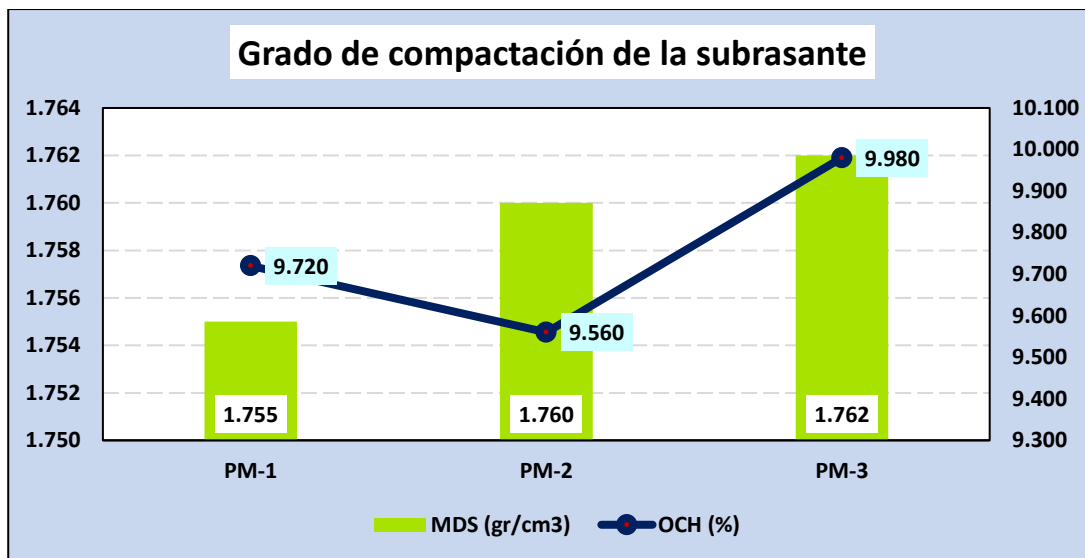
Tabla 12

MDS y OCH del suelo de la subrasante

Calicata	Grado de Compactación	
	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-1	1.755	9.720
PM-2	1.760	9.560
PM-3	1.762	9.980

Figura 17

MDS y OCH del suelo de la subrasante



Se presenta resultados sobre la MDS y el OCH en diversas ubicaciones de muestreo. En la localización de muestreo PM-1, se determinó una MDS de 1.755 gr/cm³ junto con un OCH del 9.72%. Avanzando hacia el punto PM-2, se registró una MDS de 1.760 gr/cm³ y un OCH de 9.56%. En el punto pM-3 mostró una MDS de 1.762 gr/cm³ y un OCH de 9.98%, lo que refleja las diferencias en las condiciones de compactación y humedad entre los puntos examinados.

e. Capacidad de soporte

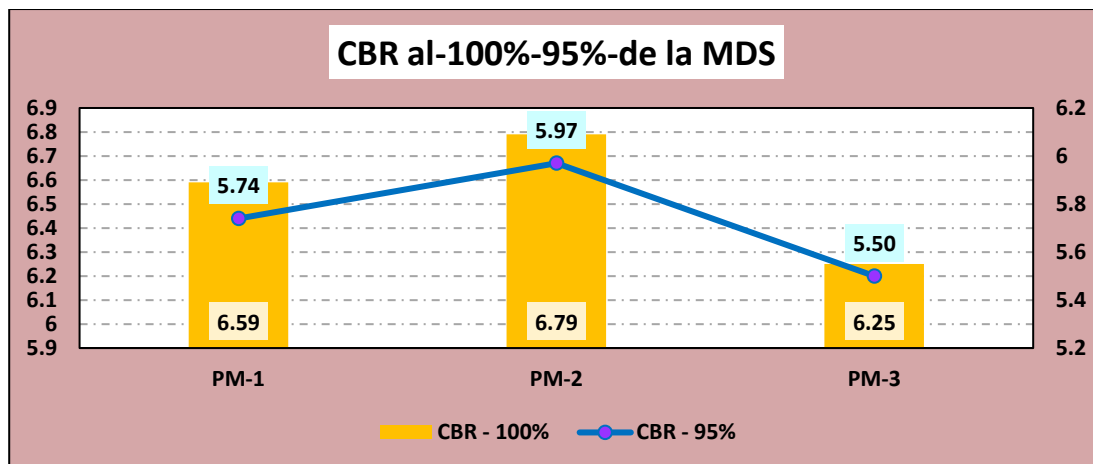
Tabla 13

CBR del suelo de la subrasante

Grupo	CBR	
	CBR100%	CBR95%
PM-1	6.59	5.74
PM-2	6.79	5.97
PM-3	6.25	5.50

Figura 18

CBR del suelo de la subrasante



Se visualiza el CBR bajo condiciones de compactación al 100% y al 95% de la MDS. En la ubicación del PM-1, se observó un valor de CBR de 6.59% cuando se compactó al 100% de la MDS, y de 5.74% al compactarse al 95%. En el punto PM-2, fue de 6.79%, mientras que al 95% de la MDS, fue de 5.97%. Por último, en el punto de exploración PE-3, se alcanzó un valor de CBR de 6.25% y de 5.50% al 95%.

4.1.2 Índice de plasticidad de la subrasante con ceniza de concha de abanico y polvo de mármol

a. Límites de Atterberg con ceniza de concha de abanico

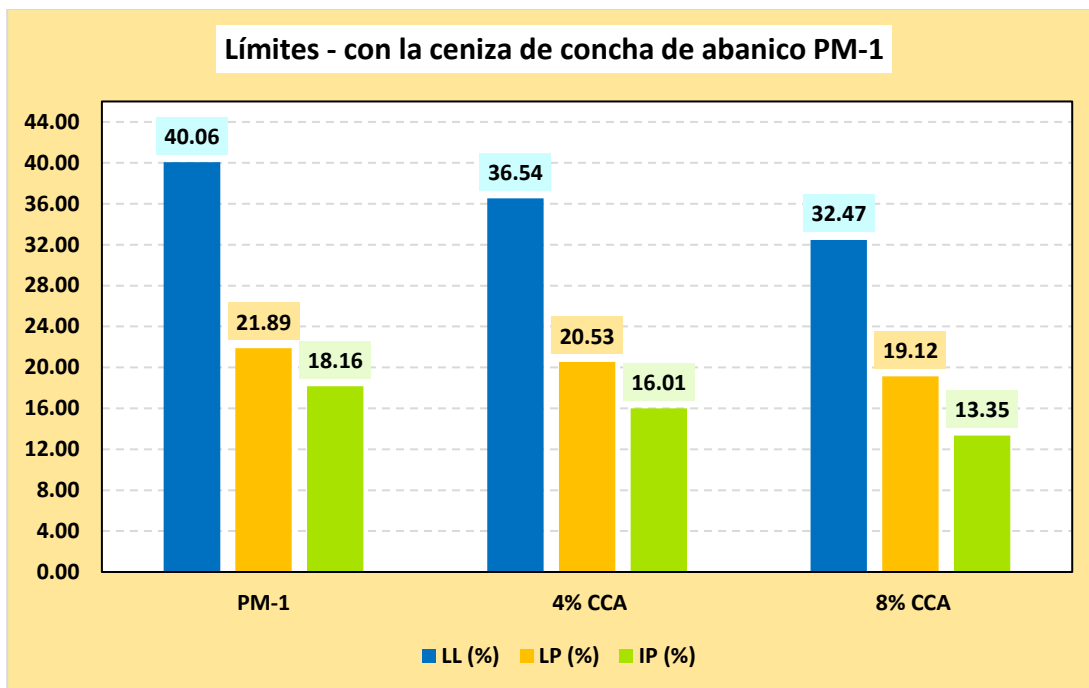
Tabla 14

Límites determinados en PM-1 con ceniza de concha de abanico

Calicata	Límites		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-1	40.06	21.89	18.16
4% CCA	36.54	20.53	16.01
8% CCA	32.47	19.12	13.35

Figura 19

Límites determinados en PM-1 con ceniza de concha de abanico



Los límites de Atterberg realizado en el punto de muestreo 1, experimentó con la incorporación de ceniza de conchas de abanico al suelo. Originalmente, el suelo patrón presentó un IP de 18.16%. Al añadir un 4%, se observó una notable disminución en el IP de 16.01%. Con un 10% de incorporación el IP fue de 13.35%.

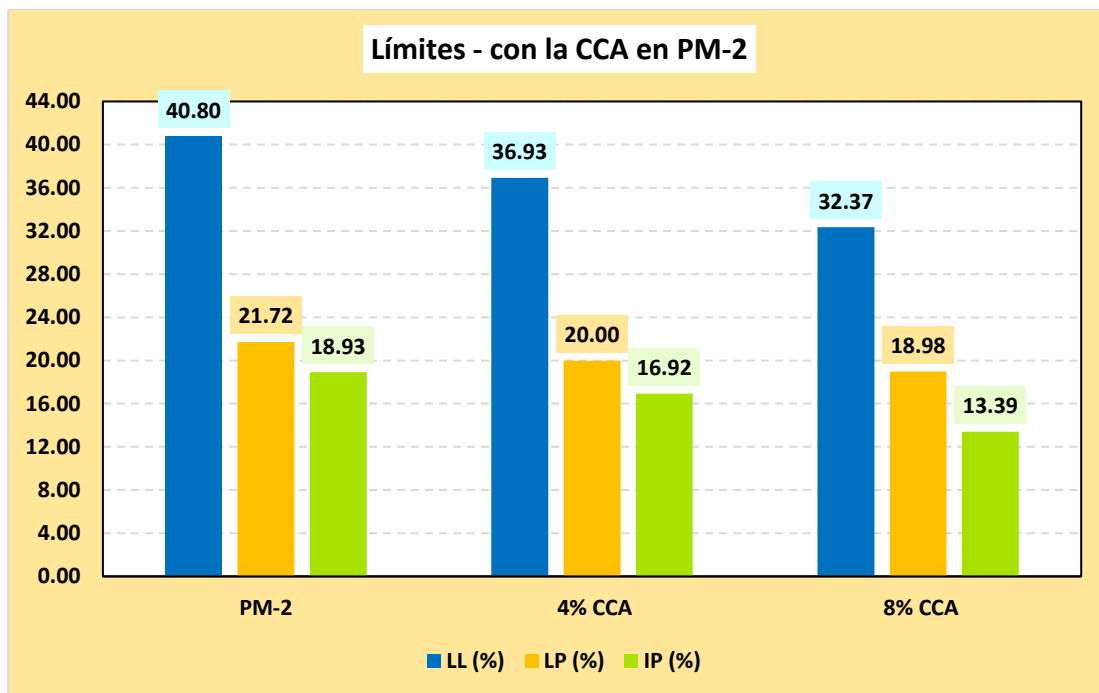
Tabla 15

Límites determinados en PM-2 con ceniza de concha de abanico

Calicata	Límites		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-2	40.80	21.72	18.93
4% CCA	36.93	20.00	16.92
8% CCA	32.37	18.98	13.39

Figura 20

Límites determinados en PM-2 con ceniza de concha de abanico



Los límites de Atterberg realizado en el punto de muestreo 2, experimentó con la incorporación de ceniza de conchas de abanico al suelo. Originalmente, el suelo patrón presentó un IP de 18.93%. Al añadir un 4%, se observó una notable disminución en el IP de 16.92%. Con un 10% de incorporación de ceniza de concha de abanico el IP fue de 13.39%.

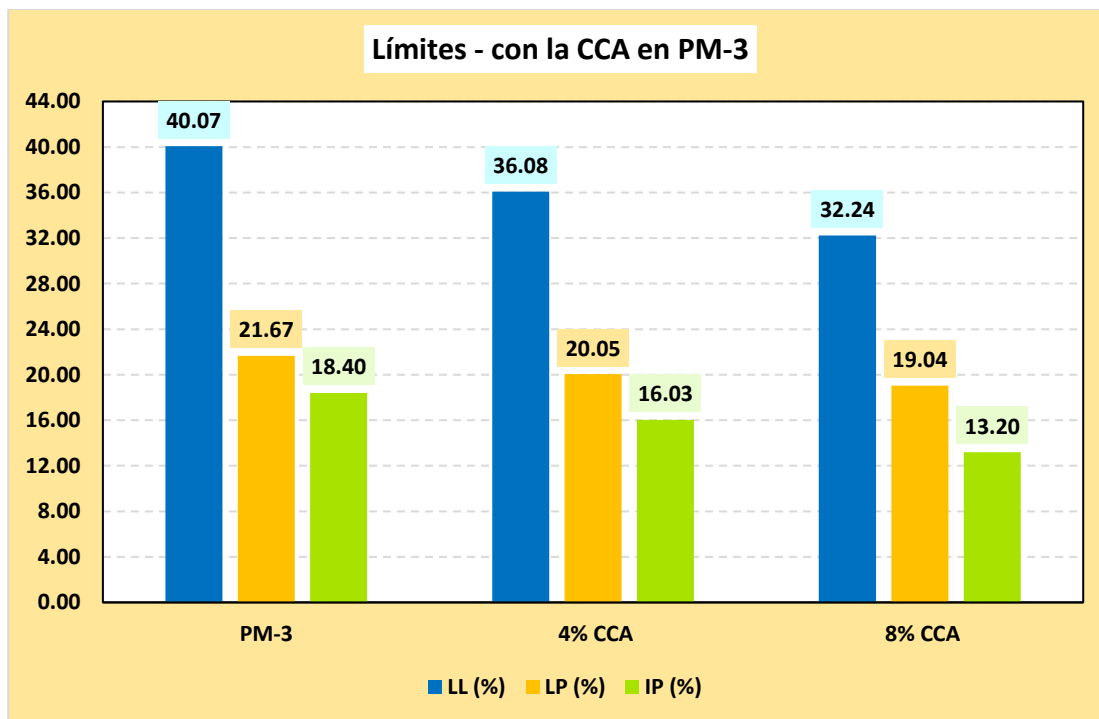
Tabla 16

Límites determinados en PM-3 con ceniza de concha de abanico

Calicata	Límites		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-3	40.07	21.67	18.40
4% CCA	36.08	20.05	16.03
8% CCA	32.24	19.04	13.20

Figura 21

Límites determinados en PM-3 con ceniza de concha de abanico



Los límites de Atterberg realizado en el punto de muestreo 3, experimentó con la incorporación de ceniza de conchas de abanico al suelo. Originalmente, el suelo patrón presentó un IP de 18.40%. Al añadir un 4%, se observó una notable disminución en el IP de 16.03%. Con un 10% de incorporación el IP fue de 13.20%.

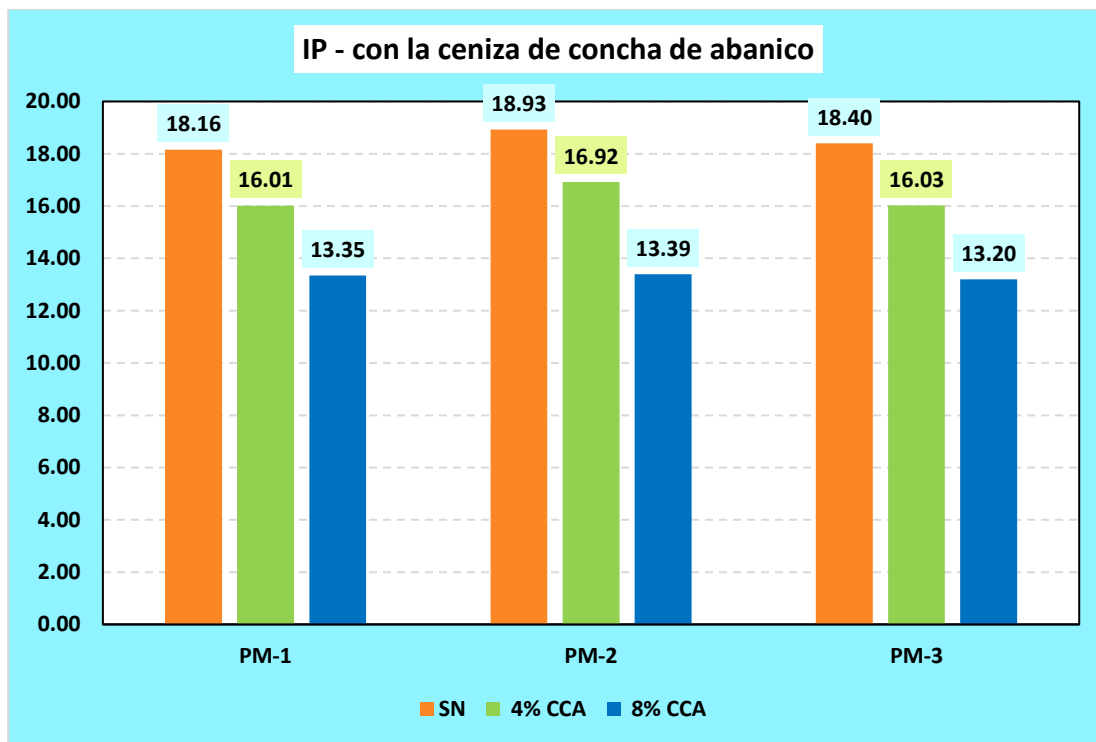
Tabla 17

Resumen del IP

Límites de Atterberg-IP			
Muestra	PM-1	PM-2	PM-3
SN	18.16	18.93	18.40
4% CCA	16.01	16.92	16.03
8% CCA	13.35	13.39	13.20

Figura 22

Resumen del IP



Se observó una disminución en el índice de plasticidad en los distintos puntos de muestreo tras la adición tanto del 4% como del 8% de ceniza de concha de abanico. Sin embargo, esta reducción fue más notable al incorporar un 8% de ceniza de concha de abanico.

b. Límites de Atterberg con polvo de mármol

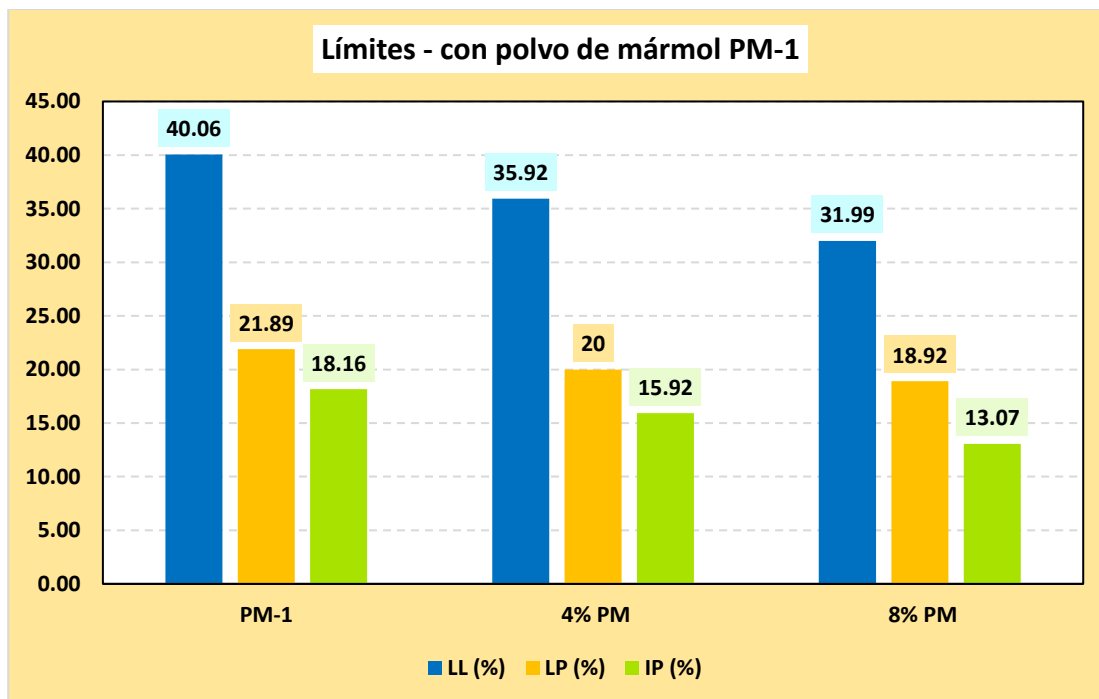
Tabla 18

Límites determinados en PM-1 con polvo de mármol

Calicata	Límites		
	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-1	40.06	21.89	18.16
4% PM	35.92	20.00	15.92
8% PM	31.99	18.92	13.07

Figura 23

Límites determinados en PM-1 con polvo de mármol



Los límites de Atterberg realizado en el punto de muestreo 1, experimentó con la inclusión de polvo de mármol. Originalmente, el suelo patrón presentó un IP de 18.16%. Al añadir un 4% de polvo de mármol, se observó una notable disminución en el IP de 15.92%. Con un 10% de incorporación de polvo de mármol el IP fue de 13.07%.

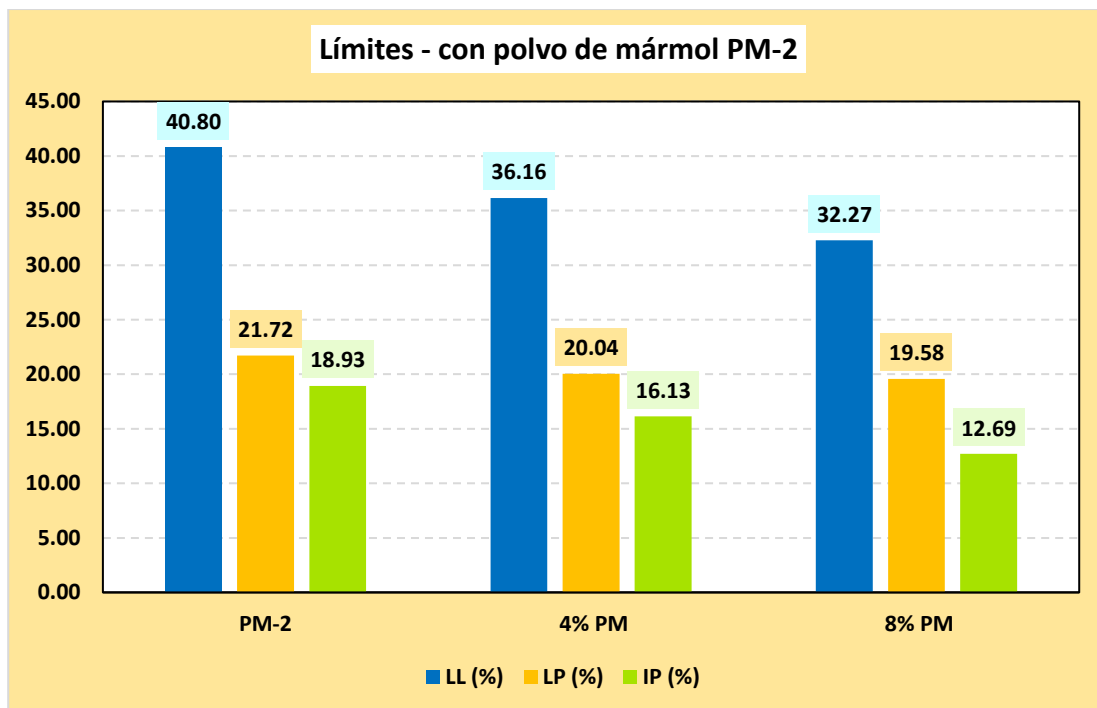
Tabla 19

Límites determinados en PM-2 con polvo de mármol

Límites de Atterberg–Subrasante			
Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-2	40.80	21.72	18.93
4% PM	36.16	20.04	16.13
8% PM	32.27	19.58	12.69

Figura 24

Límites determinados en PM-2 con polvo de mármol



Los límites de Atterberg realizado en el punto de muestreo 2, experimentó con la inclusión de polvo de mármol. Originalmente, el suelo patrón presentó un IP de 18.93%. Al añadir un 4% de polvo de mármol, se observó una notable disminución en el IP de 16.13%. Con un 10% de incorporación de polvo de mármol el IP fue de 12.69%.

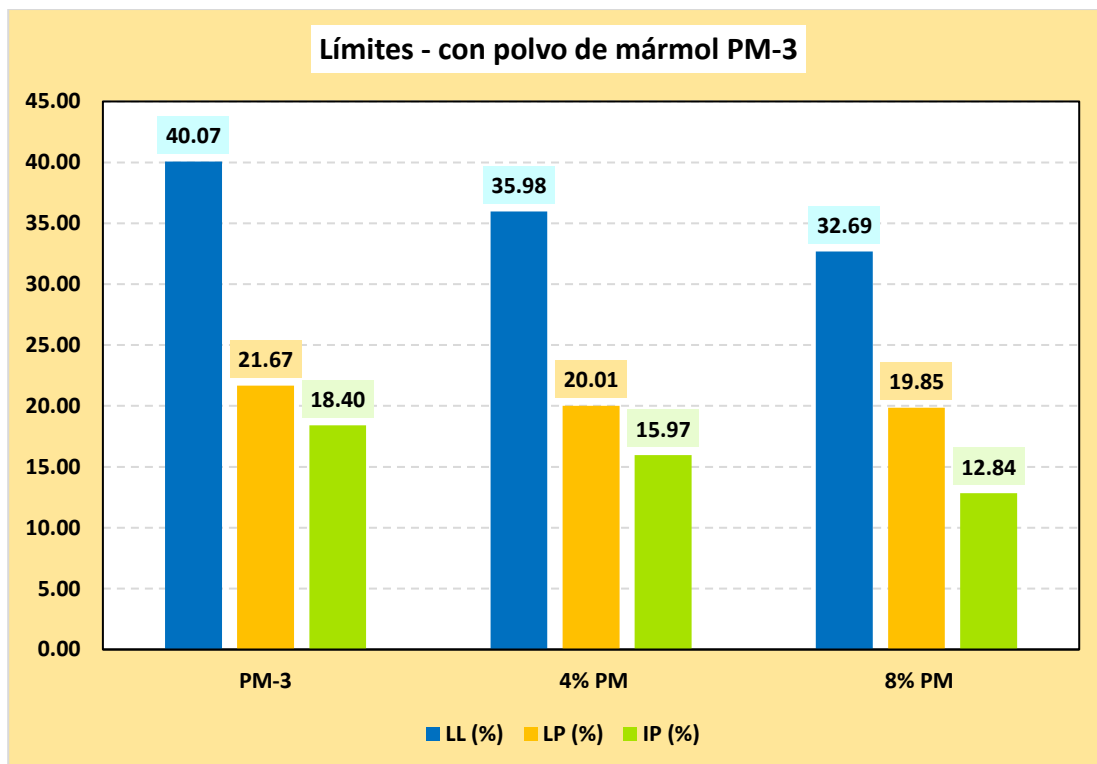
Tabla 20

Límites determinados en PM-3 con polvo de mármol

Límites de Atterberg–Subrasante			
Calicata	LL (%)	LP (%)	IP (%)
PM-3	40.07	21.67	18.40
4% PM	35.98	20.01	15.97
8% PM	32.69	19.85	12.84

Figura 25

Límites determinados en PM-3 con polvo de mármol



Los límites de Atterberg realizado en el punto de muestreo 3, experimentó con la inclusión de polvo de mármol. Originalmente, el suelo patrón presentó un IP de 18.40%. Al añadir un 4% de polvo de mármol, se observó una notable disminución en el IP de 15.97%. Con un 10% de incorporación de polvo de mármol el IP fue de 12.84%.

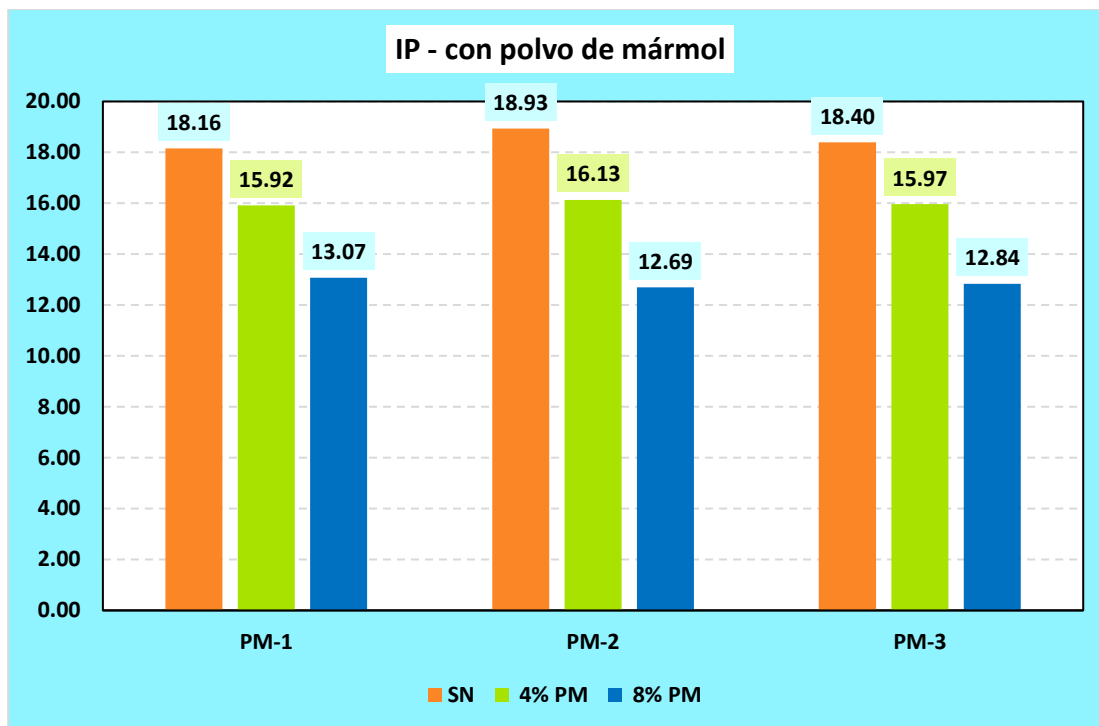
Tabla 21

Resumen del IP

Límites de Atterberg-IP			
Muestra	PM-1	PM-2	PM-3
SN	18.16	18.93	18.40
4% PM	15.92	16.13	15.97
8% PM	13.07	12.69	12.84

Figura 26

Resumen del IP



Se observó una disminución en el índice de plasticidad en los distintos puntos de muestreo tras la adición tanto del 4% como del 8% de polvo de mármol. Sin embargo, esta reducción fue más notable al incorporar un 8% de polvo de mármol, donde se ve claramente que el polvo de mármol influye positivamente sobre el IP.

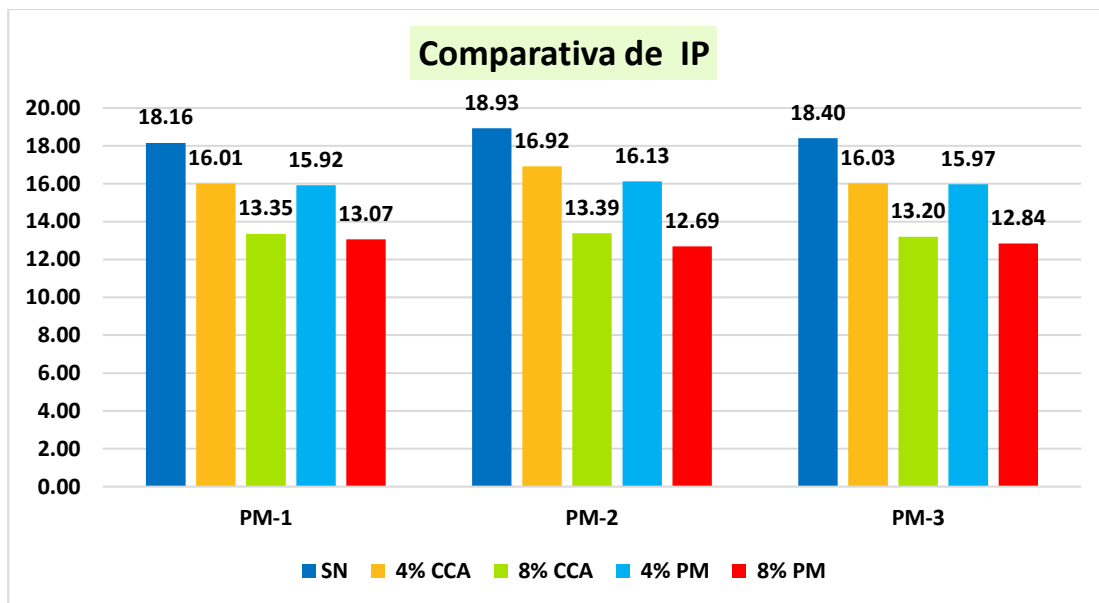
Tabla 22

Comparativa del IP

Resumen– Índice de Plasticidad			
Muestra	PM-1	PM-2	PM-3
SN	18.16	18.93	18.40
4% CCA	16.01	16.92	16.03
8% CCA	13.35	13.39	13.20
4% PM	15.92	16.13	15.97
8% PM	13.07	12.69	12.84

Figura 27

Comparativa del IP



Se aprecia una comparativa del índice de plasticidad donde se observa que la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol tiene un efecto positivo, ya que reducen dicho índice. Además, se destaca que la incorporación del polvo de mármol tiene un efecto aún más notable en la reducción del índice de plasticidad.

4.1.3 Grado de compactación de la subrasante de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol

a. Compactación con ceniza de concha de abanico

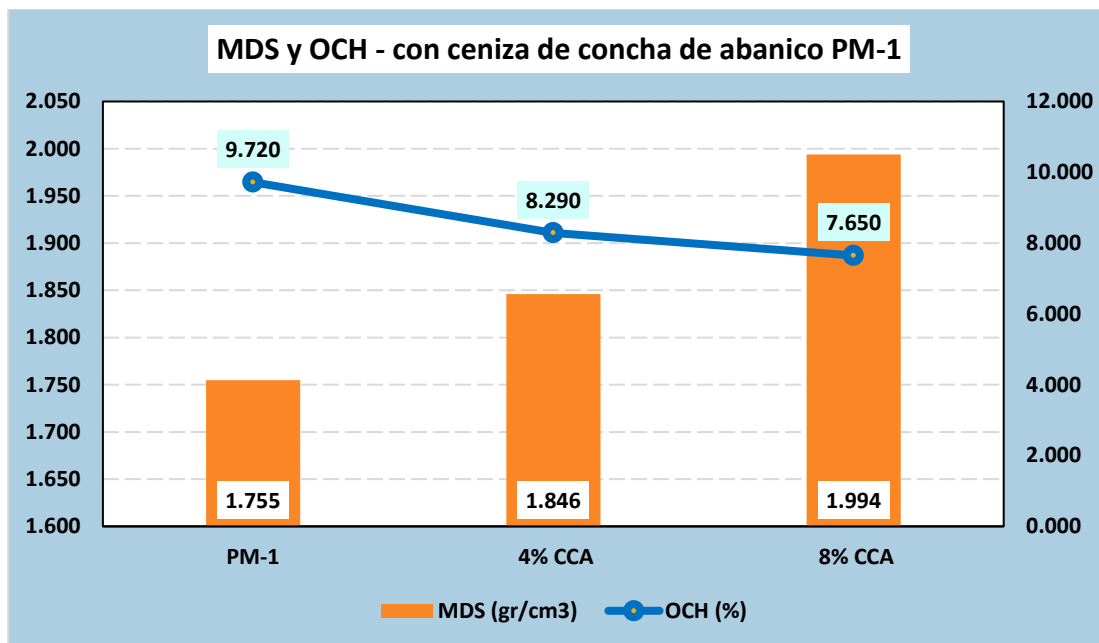
Tabla 23

MDS y OCH en el PM-1 con ceniza de concha de abanico

Compactación		
Grupo	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-1	1.755	9.720
4% CCA	1.846	8.290
8% CCA	1.994	7.650

Figura 28

MDS y OCH en el PM-1 con ceniza de concha de abanico



El análisis de compactación y OCH en el punto de muestreo 1, se incorporó ceniza de concha de abanico al suelo. Inicialmente, se registró una MDS de 1.755 gr/cm³ y un OCH de 9.72%. Tras adicionar un 4%, la MDS se situó en 1.846 gr/cm³, y el OCH disminuyó a 8.29%. Con un 8%, la MDS se situó en 1.994 gr/cm³, y el OCH llegó a 7.65%.

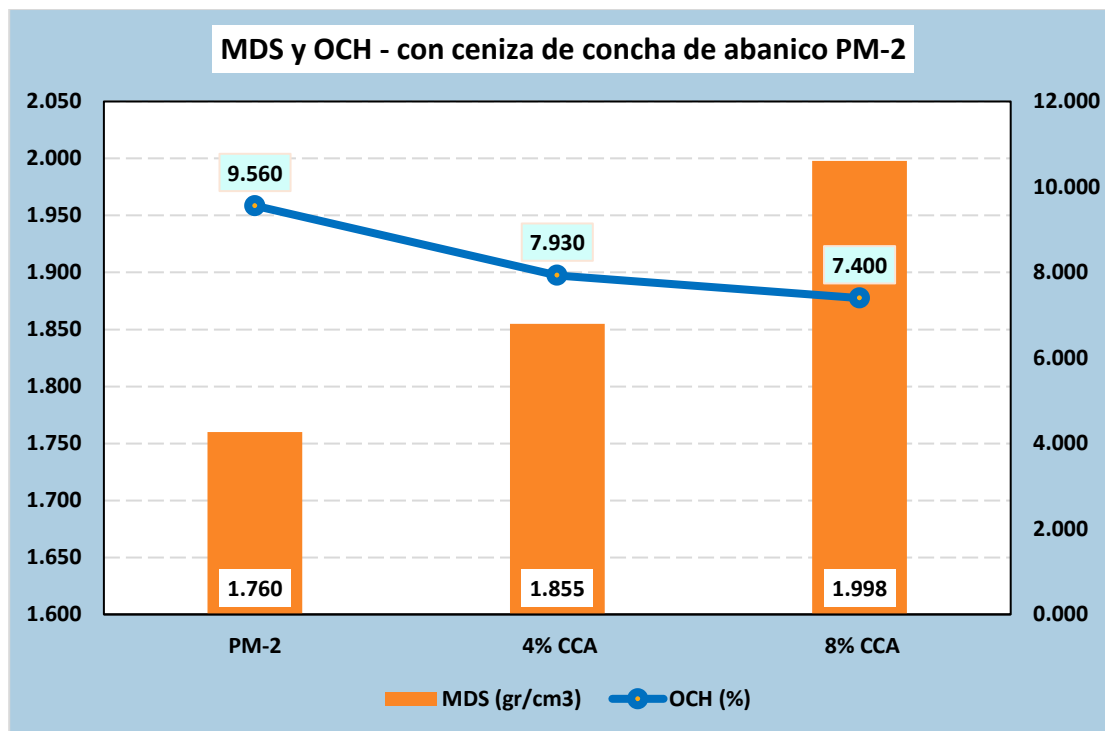
Tabla 24

MDS y OCH en el PM-2 con ceniza de concha de abanico

Compactación		
Grupo	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-2	1.760	9.560
4% CCA	1.855	7.930
8% CCA	1.998	7.400

Figura 29

MDS y OCH en el PM-2 con ceniza de concha de abanico



El análisis de compactación y OCH en el punto de muestreo 2, se incorporó ceniza de concha de abanico al suelo. Inicialmente, se registró una MDS de 1.760 gr/cm³ y un OCH de 9.56%. Tras adicionar un 4%, la MDS se situó en 1.855 gr/cm³, y el OCH disminuyó a 7.93%. Con un 8%, la MDS se situó en 1.998 gr/cm³, y el OCH llegó a 7.40%.

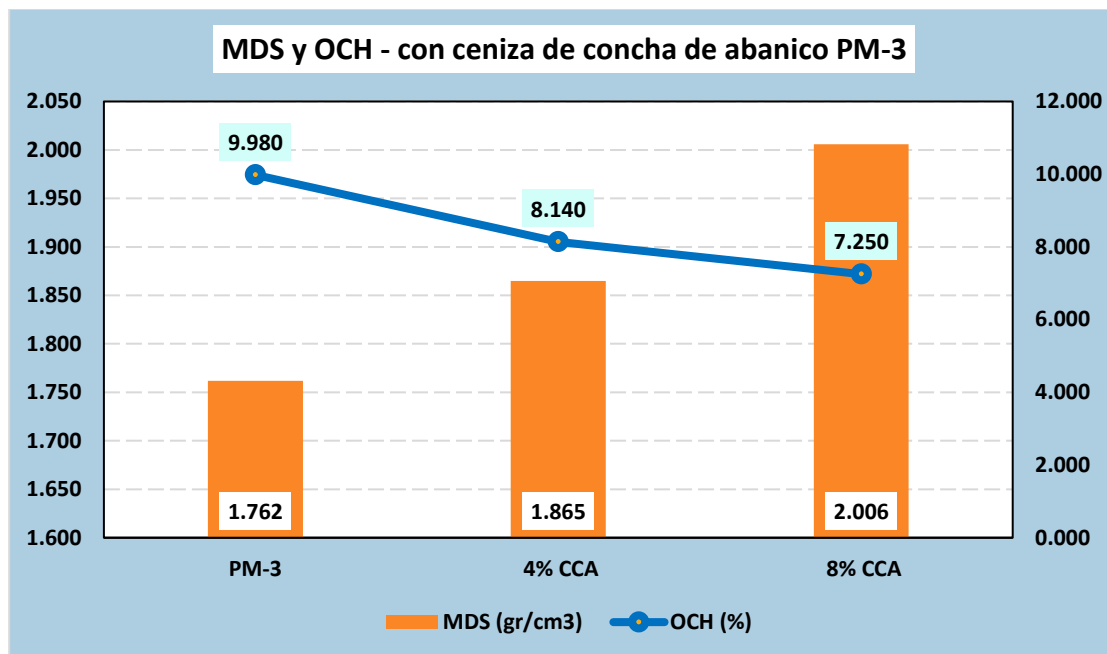
Tabla 25

MDS y OCH en el PM-3 con ceniza de concha de abanico

Compactación		
Grupo	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-3	1.762	9.980
4% CCA	1.865	8.140
8% CCA	2.006	7.250

Figura 30

MDS y OCH en el PM-3 con ceniza de concha de abanico



El análisis de compactación y OCH en el punto de muestreo 3, se incorporó ceniza de concha de abanico al suelo. Inicialmente, se registró una MDS de 1.762 gr/cm³ y un OCH de 9.98%. Tras adicionar un 4%, la MDS se situó en 1.865 gr/cm³, y el OCH disminuyó a 8.14%. Con un 8%, la MDS se situó en 2.006 gr/cm³, y el OCH llegó a 7.25%.

b. Grado de compactación con polvo de mármol

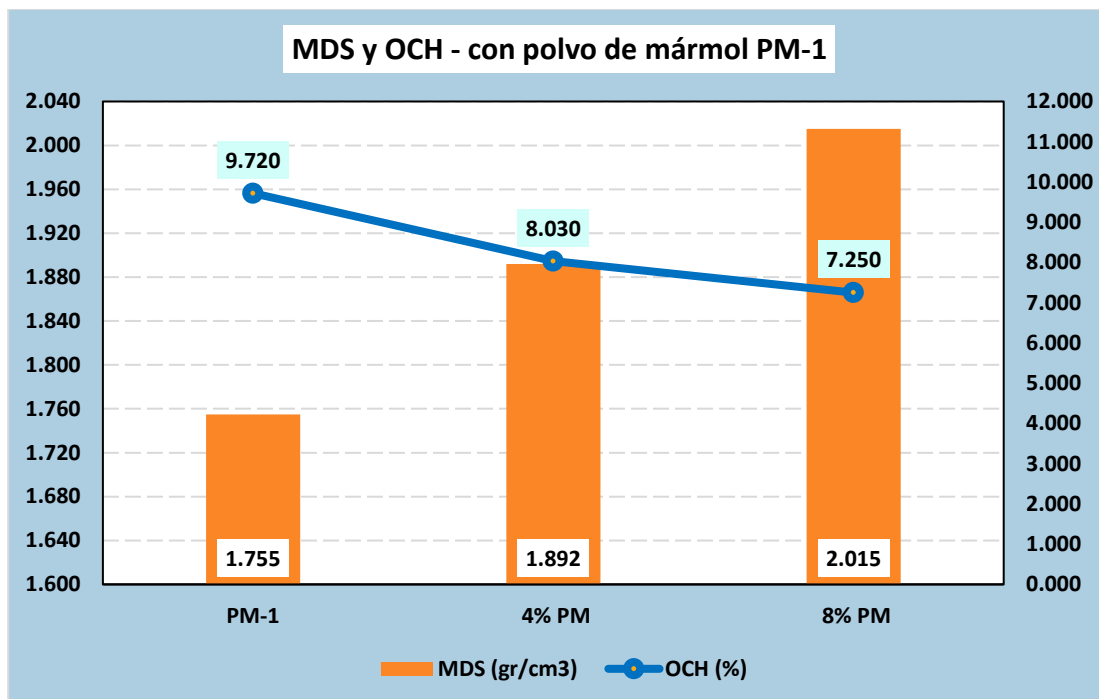
Tabla 26

MDS y OCH en el PM-1 con polvo de mármol

Grupo	Compactación	
	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-1	1.755	9.720
4% PM	1.892	8.030
8% PM	2.015	7.250

Figura 31

MDS y OCH en el PM-1 con polvo de mármol



El análisis de compactación y OCH en el punto de muestreo 1, se incorporó polvo de mármol al suelo. Inicialmente, se registró una MDS de 1.755 gr/cm³ y un OCH de 9.72%. Tras adicionar un 4% de polvo de mármol, la MDS se situó en 1.892 gr/cm³, y el OCH disminuyó a 8.03%. Con un 8%, la MDS se situó en 2.015 gr/cm³, y el OCH llegó a 7.25%.

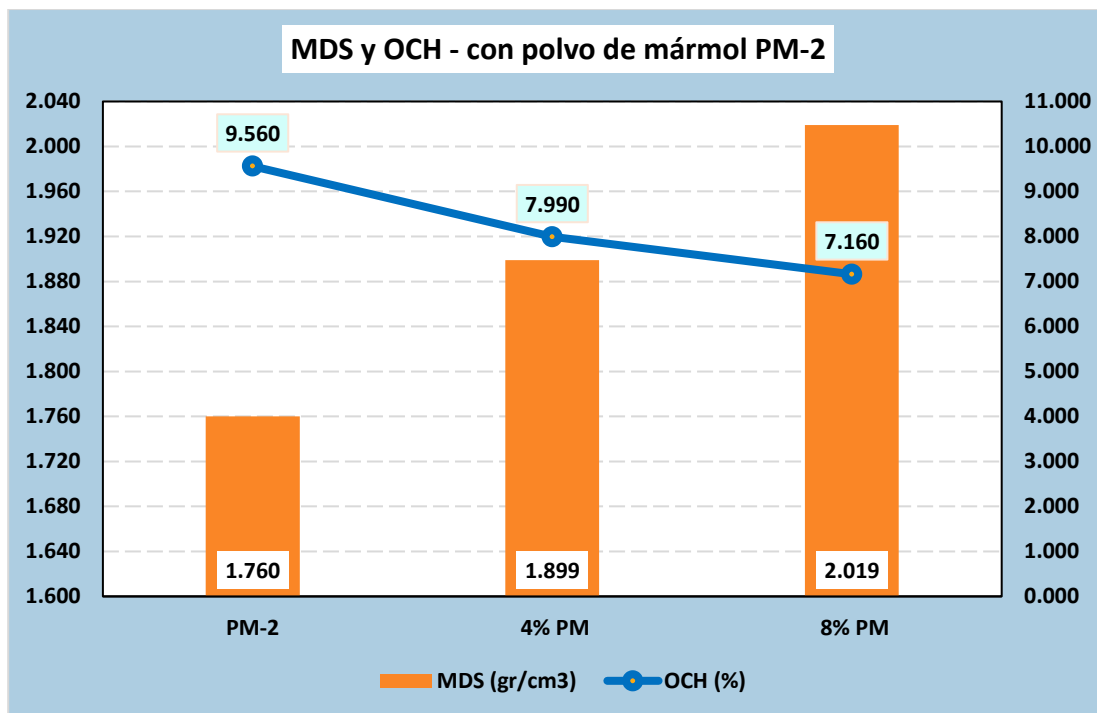
Tabla 27

MDS y OCH en el PM-2 con polvo de mármol

Compactación		
Grupo	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-2	1.760	9.560
4% PM	1.899	7.990
8% PM	2.019	7.160

Figura 32

MDS y OCH en el PM-2 con polvo de mármol



El análisis de compactación y OCH en el punto de muestreo 2, se incorporó polvo de mármol al suelo. Inicialmente, se registró una MDS de 1.760 gr/cm³ y un OCH de 9.56%. Tras adicionar un 4% de polvo de mármol, la MDS se situó en 1.899 gr/cm³, y el OCH disminuyó a 7.99%. Con un 8%, la MDS se situó en 2.019 gr/cm³, y el OCH llegó a 7.16%.

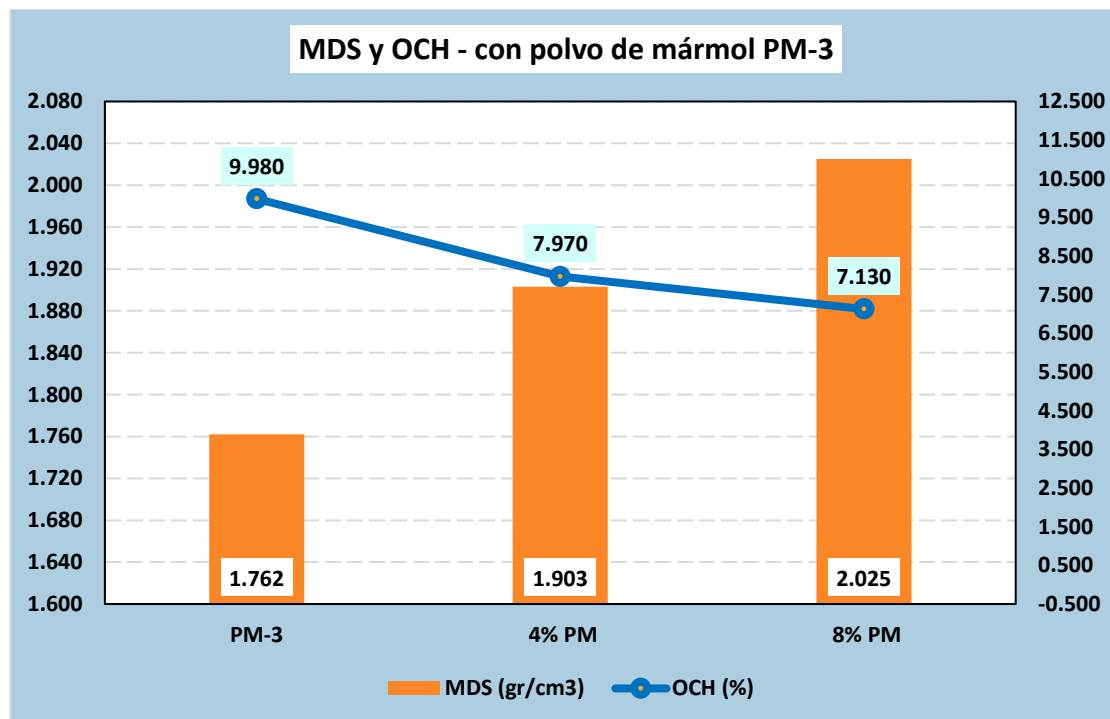
Tabla 28

MDS y OCH en el PM-3 con polvo de mármol

Compactación		
Grupo	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
PM-3	1.762	9.980
4% PM	1.903	7.970
8% PM	2.025	7.130

Figura 33

MDS y OCH en el PM-3 con polvo de mármol



El análisis de compactación y OCH en el punto de muestreo 3, se incorporó polvo de mármol al suelo. Inicialmente, se registró una MDS de 1.762 gr/cm³ y un OCH de 9.98%. Tras adicionar un 4% de polvo de mármol, la MDS se situó en 1.903 gr/cm³, y el OCH disminuyó a 7.97%. Con un 8%, la MDS se situó en 2.025 gr/cm³, y el OCH llegó a 7.13%.

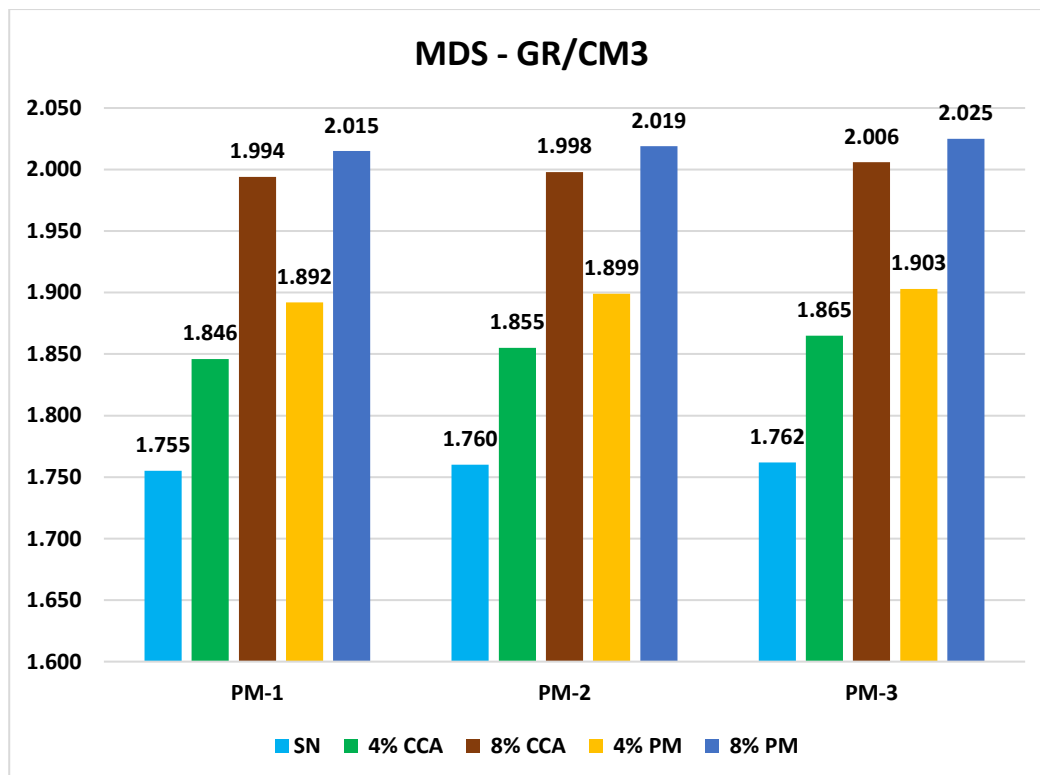
Tabla 29

Comparativa de MDS

Muestra	MDS (gr/cm ³)		
	PM-1	PM-2	PM-3
SN	1.755	1.760	1.762
4% CCA	1.846	1.855	1.865
8% CCA	1.994	1.998	2.006
4% PM	1.892	1.899	1.903
8% PM	2.015	2.019	2.025

Figura 34

Comparativa de MDS



Se presenta una comparación de la MDS del suelo natural con la de suelos que incorporan ceniza de concha de abanico y muestras con polvo de mármol.

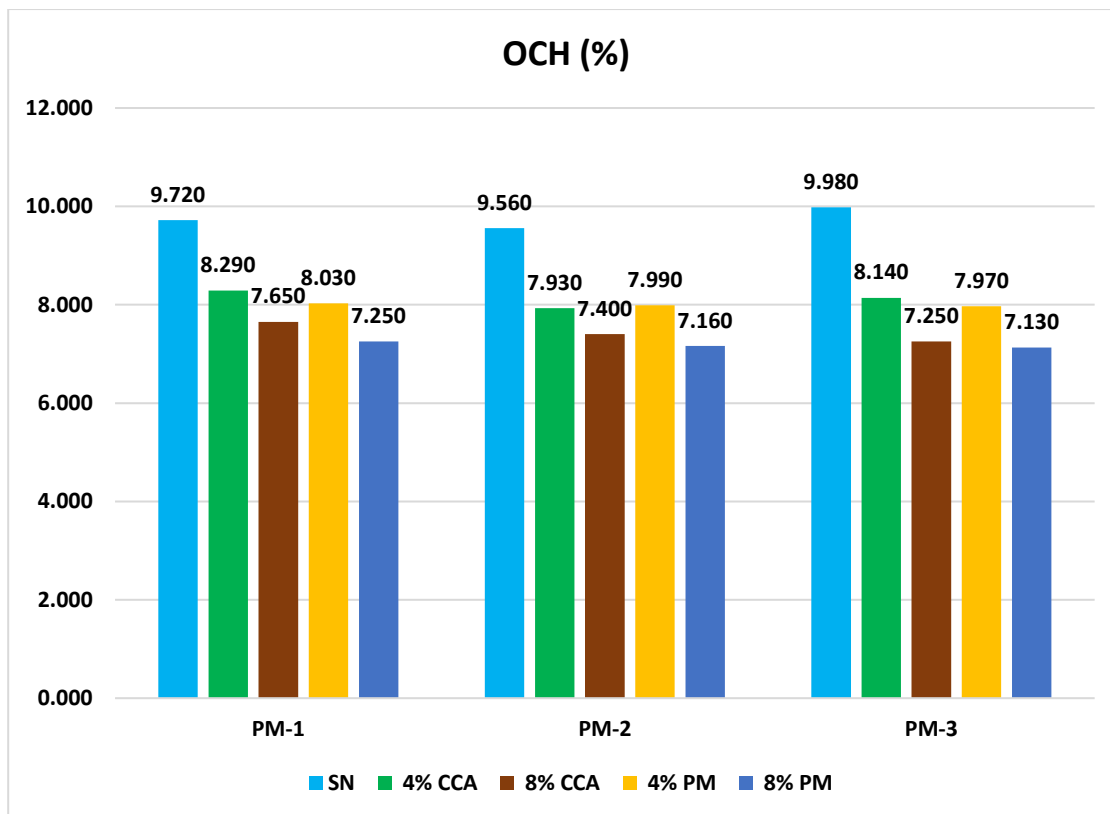
Tabla 30

Comparativa de OCH

Muestra	OCH (%)		
	PM-1	PM-2	PM-3
SN	9.720	9.560	9.980
4% CCA	8.290	7.930	8.140
8% CCA	7.650	7.400	7.250
4% PM	8.030	7.990	7.970
8% PM	7.250	7.160	7.130

Figura 35

Comparativa de OCH



Se presenta una comparación del OCH del suelo natural con la de suelos que incorporan ceniza de concha de abanico y muestras con polvo de mármol.

4.1.4 CBR del suelo-subrasante con ceniza concha de abanico y polvo de mármol

a. CBR con ceniza de concha de abanico

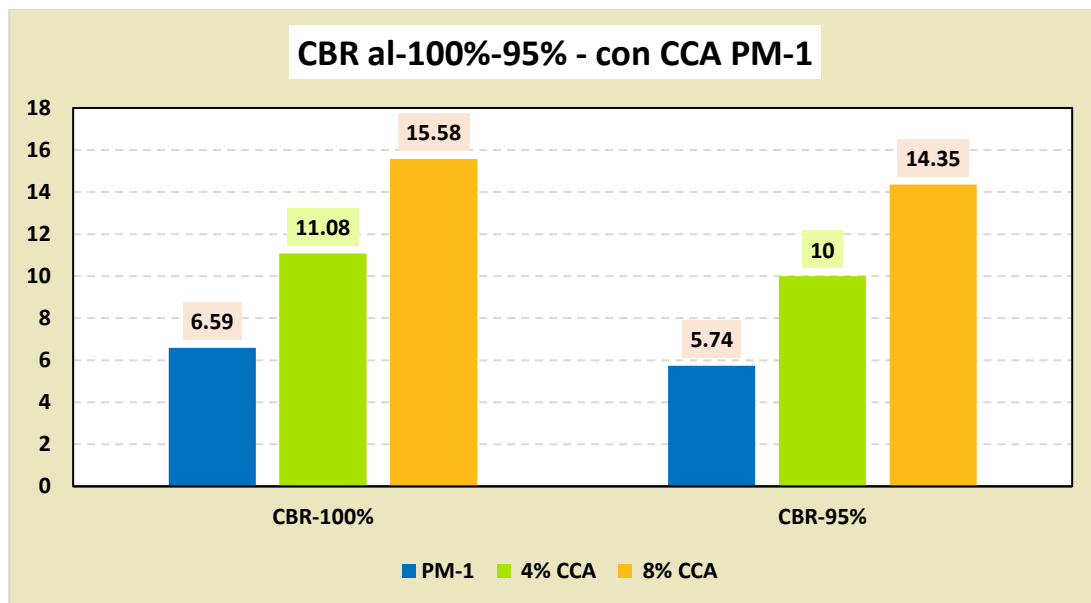
Tabla 31

CBR en el PM-1 con ceniza de concha de abanico

CBR – PE-1		
Muestra	CBR100%	CBR95%
PM-1	6.59	5.74
4% CCA	11.08	10.00
8% CCA	15.58	14.35

Figura 36

CBR en el PM-1 con ceniza de concha de abanico



En el estudio realizado en el punto de exploración 1, se evaluó el efecto de la ceniza de concha de abanico en el suelo. Inicialmente, los valores de CBR obtenidos fueron de 6.59% a 100% de la MDS y de 5.74% a 95% de la MDS. Con la inclusión de un 4% el CBR, alcanzo el 11.08% a 100% y 10% a 95%. Con el 8% el CBR a 100% es de 15.58%, y a 95%, es de 14.35%.

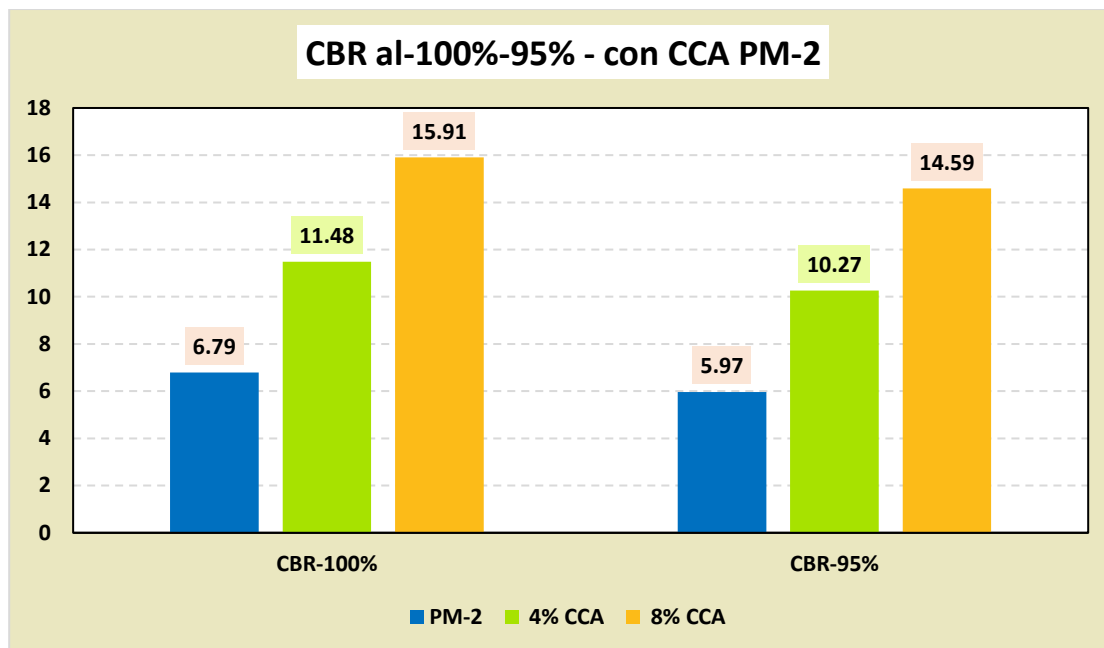
Tabla 32

CBR en el PM-2 con ceniza de concha de abanico

CBR – PM-2		
Muestra	CBR100%	CBR95%
PM-2	6.79	5.97
4% CCA	11.48	10.27
8% CCA	15.91	14.59

Figura 37

CBR en el PM-2 con ceniza de concha de abanico



En el estudio realizado en el punto de exploración 2, se evaluó el efecto de la ceniza de concha de abanico en el suelo. Inicialmente, los datos de CBR obtenidos fueron de 6.79% a 100% de la MDS y de 5.97% a 95% de la MDS. Con la inclusión de un 4% el CBR, alcanzó el 11.48% a 100% y 10.27% a 95%. Con el 8% el CBR a 100% es de 15.91%, y a 95%, es de 14.59%.

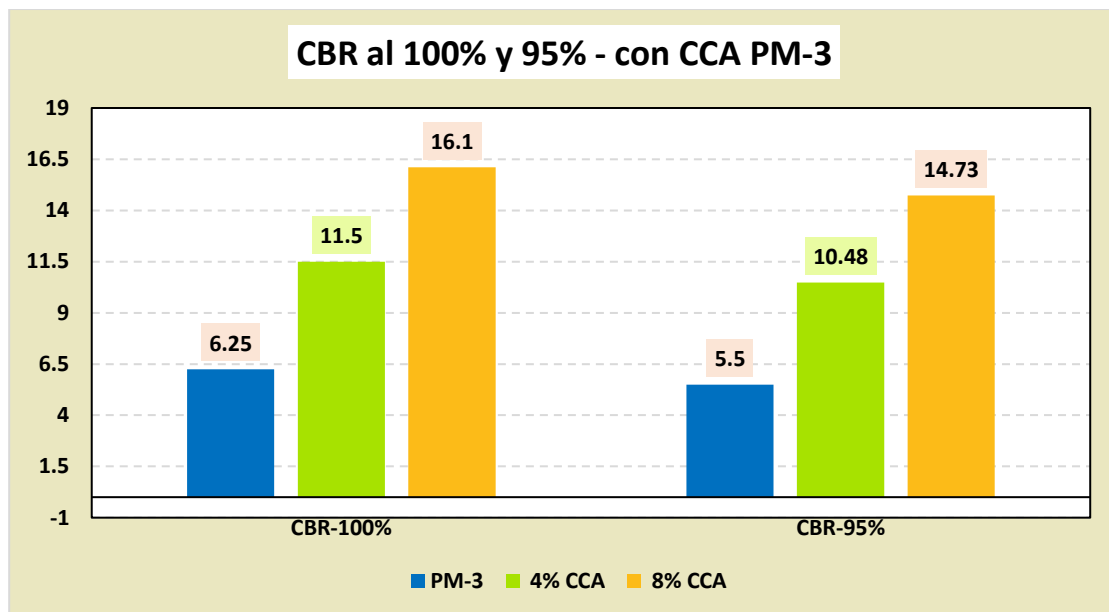
Tabla 33

CBR en el PM-3 con ceniza de concha de abanico

CBR – PM-3		
Muestra	CBR-100%	CBR-95%
PM-3	6.25	5.5
4% CCA	11.5	10.48
8% CCA	16.1	14.73

Figura 38

CBR en el PM-3 con ceniza de concha de abanico



En el estudio realizado en el punto de exploración 3, se evaluó el efecto de la ceniza de concha de abanico en el suelo. Inicialmente, los valores de CBR obtenidos fueron de 6.25% a 100% de la MDS y de 5.50% a 95% de la MDS. Con la incorporación de un 4% el CBR, alcanzó el 11.50% a 100% y 10.48% a 95% de la MDS. Con el 8% el CBR a 100% es de 16.10%, y a 95% de la MDS, fue de 14.73%.

b. CBR – polvo de mármol

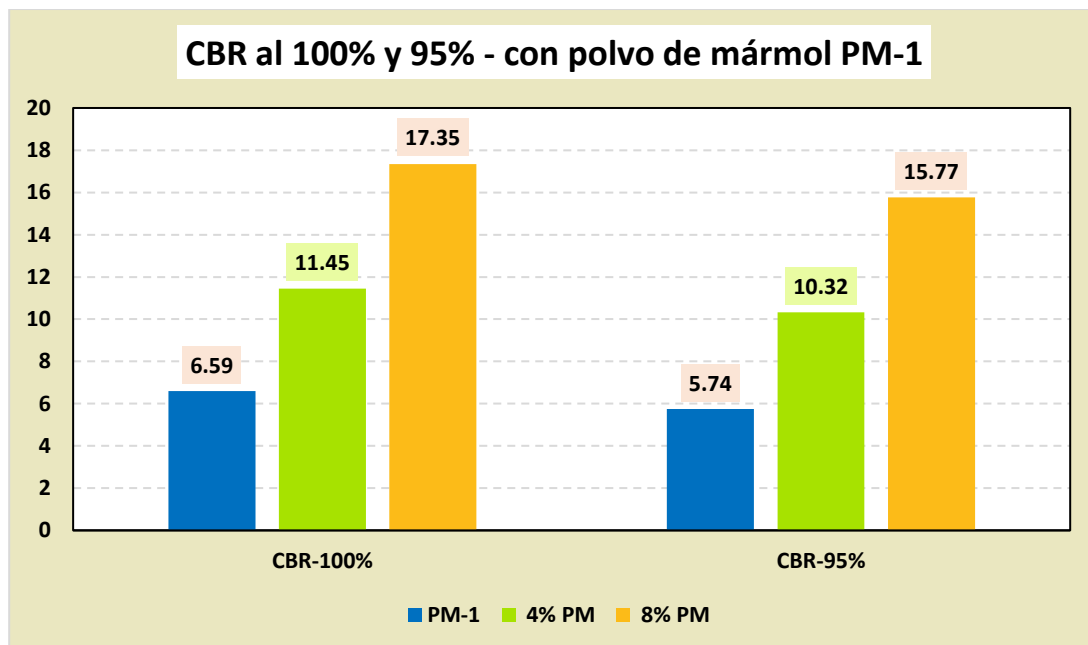
Tabla 34

CBR en el PM-1 con polvo de mármol

Muestra	CBR – PM-1	
	CBR-100%	CBR-95%
PM-1	6.59	5.74
4% PM	11.45	10.32
8% PM	17.35	15.77

Figura 39

CBR en el PM-1 con polvo de mármol



En el estudio realizado en el punto de exploración 1, se evaluó el efecto del polvo de mármol en el suelo. Inicialmente, los datos de CBR obtenidos fueron de 6.59% a 100% de la MDS y de 5.74% a 95% de la MDS. Con la inclusión de un 4% de polvo de mármol el CBR, alcanzo el 11.45% a 100% y 10.32% a 95%. Con el 8% el CBR a 100% es de 17.35%, y a 95% es de 15.77%.

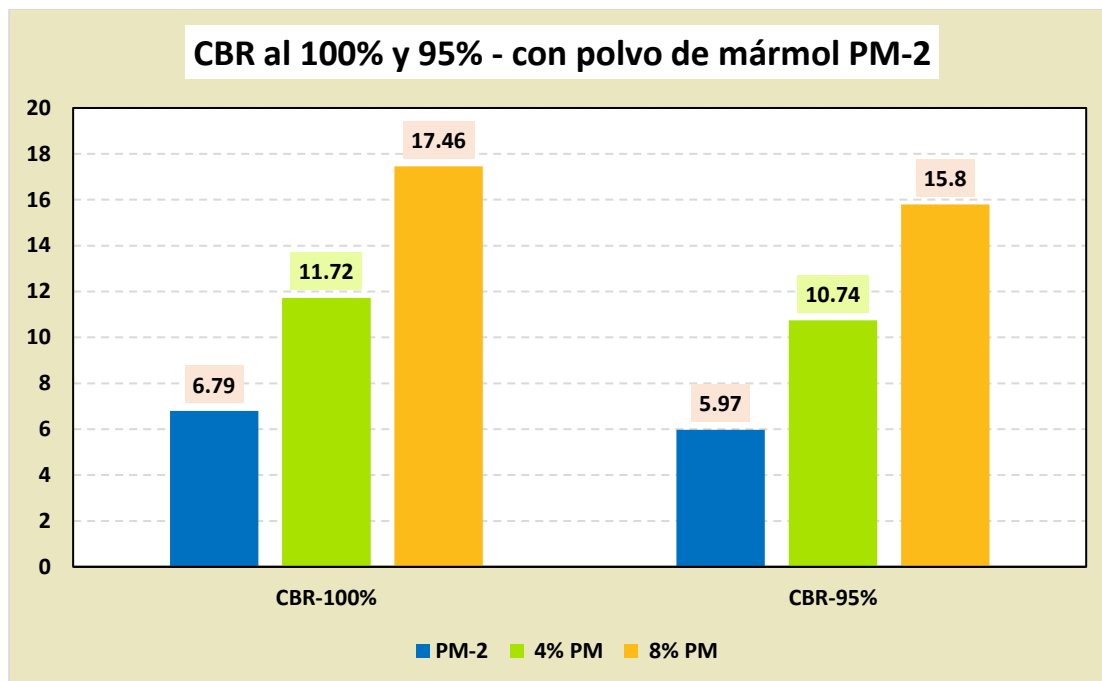
Tabla 35

CBR en el PM-2 con polvo de mármol

Muestra	CBR – PM-2	
	CBR100%	CBR95%
PM-2	6.79	5.97
4% PM	11.72	10.74
8% PM	17.46	15.8

Figura 40

CBR en el PM-2 con polvo de mármol



En el estudio realizado en el punto de exploración 2, se evaluó el efecto del polvo de mármol en el suelo. Inicialmente, los datos de CBR obtenidos fueron de 6.79% a 100% de la MDS y de 5.97% a 95% de la MDS. Con la inclusión de un 4% de polvo de mármol el CBR, alcanzó el 11.72% a 100% y 10.74% a 95%. Con el 8% el CBR a 100% es de 17.46%, y a 95% es de 15.80%.

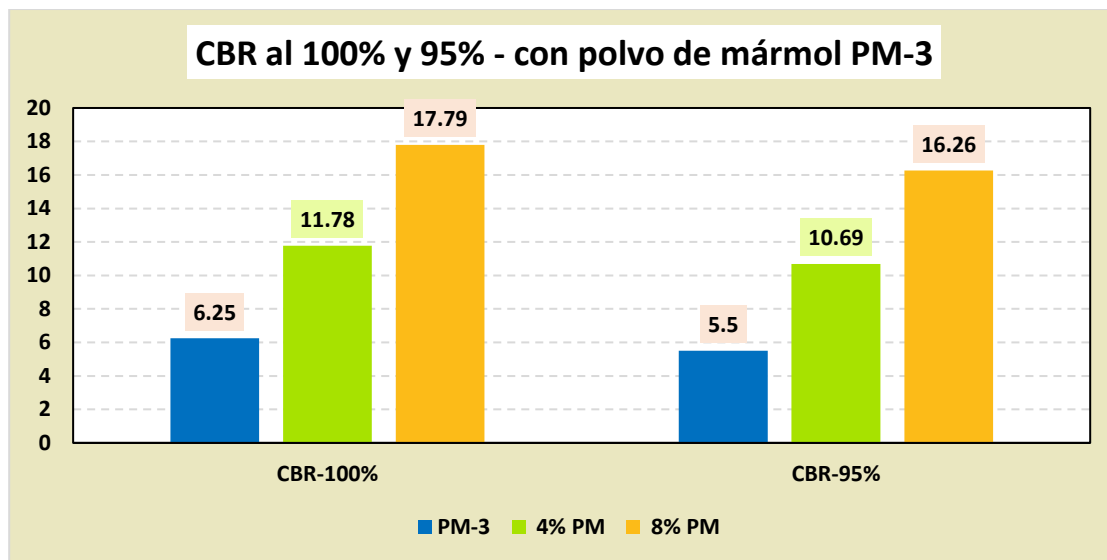
Tabla 36

CBR en el PM-3 con polvo de mármol

Caracterización	CBR – PM-2	
	CBR-100%	CBR-95%
PM-3	6.25	5.5
4% PM	11.78	10.69
8% PM	17.79	16.26

Figura 41

CBR en el PM-3 con polvo de mármol



En el estudio realizado en el punto de exploración 2, se evaluó el efecto del polvo de mármol en el suelo. Inicialmente, los datos de CBR obtenidos fueron de 6.25% a 100% de la MDS y de 5.50% a 95% de la MDS. Con la inclusión de un 4% de polvo de mármol el CBR, alcanzó el 11.78% a 100% de la MDS y 10.69% a 95% de la MDS. Con el 8% el CBR a 100% fue de 17.79%, y a 95%, fue de 16.26%.

c. Comparativa

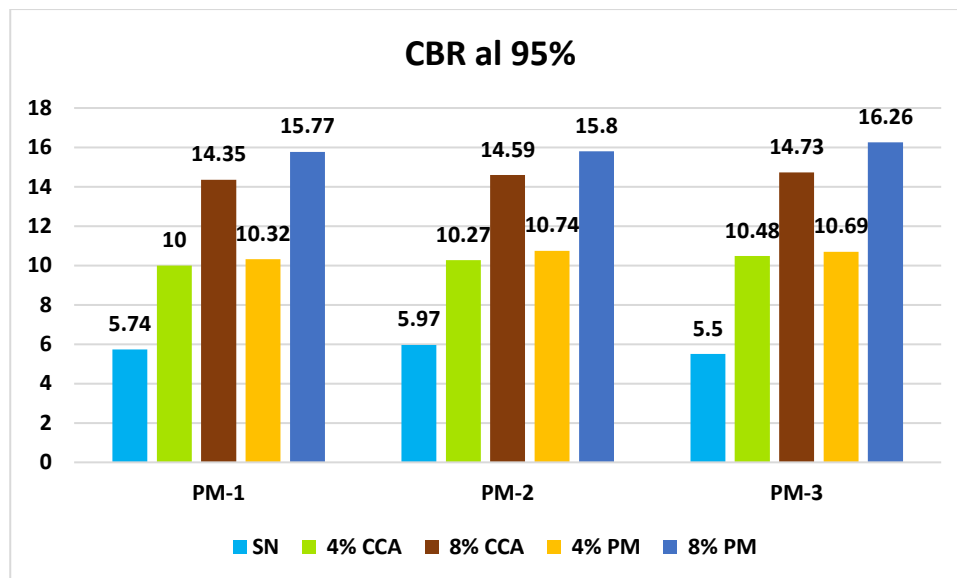
Tabla 37

Comparativa del CBR

Muestra	CBR al 95%		
	PM-1	PM-2	PM-3
SN	5.74	5.97	5.5
4% CCA	10	10.27	10.48
8% CCA	14.35	14.59	14.73
4% PM	10.32	10.74	10.69
8% PM	15.77	15.8	16.26

Figura 42

Comparativa del CBR



Se presenta una comparación del CBR del suelo natural con la de suelos que incorporan ceniza de concha de abanico y muestras con polvo de mármol.

4.2 Discusión de resultados

En el estudio de (Estrada & Ventura, 2019) se enfocó en la utilización de cenizas de concha de abanico para mejorar la estabilización de la subrasante. A través de una serie de ensayos meticulosos, se analizó una muestra patrón de suelo, determinando que este correspondía a una grava limosa, clasificada bajo el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y, según la clasificación de la Asociación Americana de Oficiales de Carreteras y Transportes (AASHTO), como A-1-b, indicativo de un suelo con cualidades que varían de excelentes a buenas. Los parámetros medidos en la muestra patrón revelaron un contenido de humedad del 13.50%, sin presencia de límites líquidos ni plásticos, una densidad máxima seca de 2.02 gr/cm³, una humedad óptima de 11.60% y un valor de CBR de 14.55%. El método de Proctor Modificado los resultados mostraron que, con la inscripción de cenizas, las densidades máximas secas del suelo aumentaron significativamente a 2.22, 2.04 y 2.82 gr/cm³ para cada uno de los porcentajes de adición



respectivamente. En cuanto al valor de CBR, se observó un incremento notable con los porcentajes de adición de ceniza, alcanzando valores de 23.02%, 24.89% y 26.07% respectivamente.

En el estudio de (Salcedo, 2022), se investigó la viabilidad de utilizar cenizas de concha de abanico para la estabilización de la subrasante. La investigación comenzó con el análisis de una muestra patrón de suelo, identificándolo como un tipo compuesto por partículas gruesas con una cierta cantidad de finos. Es importante destacar que la muestra patrón no mostraba contenido de humedad y se determinó una DMS de 1.792 gr/cm^3 , una humedad óptima del 11.80% y un valor promedio de Índice de Soporte de California (CBR) de 20.75%. Para evaluar el efecto de las cenizas de concha de abanico en la estabilización del suelo, se realizaron ensayos adicionando diferentes porcentajes de ceniza al suelo, específicamente 2% y 4%, utilizando el método del Proctor Modificado. Los resultados de estas pruebas mostraron un aumento en las densidades máximas secas a 10.70 gr/cm^3 y 11.60 gr/cm^3 respectivamente, lo que indica un posible error en la transcripción de las unidades o en la interpretación de los datos, ya que estos valores de densidad son significativamente inferiores a lo esperado para un suelo estabilizado; típicamente, se esperaría que la densidad máxima seca esté en un rango similar o superior al de la muestra patrón. Además, se observaron mejoras significativas en los valores de CBR después de la adición de cenizas, con el valor de CBR incrementándose a 10.70 con un 2% de adición de cenizas y a 11.60 con un 4% de adición. Estos resultados sugieren una mejora notable en la capacidad de carga del suelo con la adición de cenizas de concha de abanico, aunque las cifras de CBR indicadas podrían necesitar una revisión para asegurar su precisión, dado el contexto inusual de los valores de densidad reportados.



En el estudio de (Ramos & Trauco, 2021), explora la efectividad del uso de ceniza de concha de abanico en la estabilización de la subrasante, enfocándose en evaluar las propiedades mecánicas del suelo y su capacidad de carga tras la incorporación de este material. A través de un análisis detallado en la mecánica de suelos, se determinaron los coeficientes de uniformidad (Cu) y de curvatura (Cc) para cuatro muestras diferentes, etiquetadas como C1, C2, C3 y C4. Los resultados mostraron valores de Cu de 0.68, 0.69, 0.81 y 0.86 respectivamente, mientras que los valores de Cc fueron de 3.21, 3.22, 2.63 y 2.48, indicando variaciones en la gradación y la forma de las partículas del suelo entre las muestras. En el estudio del Proctor modificado, que mide la compactación del suelo, se obtuvieron densidades máximas secas y contenidos óptimos de humedad (OCH) específicos para cada muestra. Para C1, la DMS fue de 1.742 gr/cm^3 con un OCH de 4.41%. Para C2, se registró una densidad de 1.747 gr/cm^3 y un OCH de 6.43%. C3 presentó una densidad de 1.744 gr/cm^3 con un OCH de 6.72%, y C4 mostró una densidad de 1.749 gr/cm^3 y un OCH de 5.91%. Estos resultados reflejan cómo la compactación y la humedad óptima varían ligeramente entre las muestras, lo que afecta directamente la estabilidad y soporte del suelo. Evaluada a través del índice de soporte de California (CBR), se observaron diferencias entre las cuatro muestras antes de la adición de cenizas de concha de abanico. Los valores de CBR para C1, C2, C3 y C4 fueron de 13.20%, 13.80%, 13.60% y 11.70% respectivamente, indicando la capacidad de carga del suelo. El estudio se extendió al análisis del efecto de añadir cenizas de concha en porcentajes de 5%, 8% y 11% a la subrasante. Se concluyó que la adición del 11% de cenizas resultó en la mejora más significativa de las cualidades del suelo, con un aumento en el valor de CBR hasta el 19.8% y una MDS de 1.775 gr/cm^3 .

En el estudio de (Vasquez, 2022), analizó la influencia de la adición de polvo de mármol y cal en las propiedades mecánicas y de soporte de la subrasante en la avenida California. Se experimentó con tres diferentes mezclas: 3% de polvo de mármol más 4%



de cal, 6% de polvo de mármol más 4% de cal, y 9% de polvo de mármol más 4% de cal. Los resultados mostraron incrementos significativos tanto en los valores de CBR como en la MDS. Específicamente, las adiciones de 3% PM+ 4%C, 6% PM + 4%C y 9% PM+ 4%C elevaron los valores de MDS a 2.125 gr/cm³ y 2.141 gr/cm³, respectivamente, comparado con el valor de 2.109 gr/cm³ de la MDS del suelo natural, demostrando así una prosperidad en la compactación del suelo con la adición de estos materiales. En lo que respecta a la Optimización del (OCH), el suelo natural presentó un valor de 8.6%, mientras que las mezclas mejoradas mostraron valores de OCH de 9.3%, 9.1% y 9.0% para las añadiduras de 3% PM+ 4%C, 6% PM + 4%C y 9% PM+ 4%C, respectivamente. Finalmente, el impacto en el valor de CBR (a un esfuerzo de compresión del 95% y penetración de 0.1 pulgadas) fue positivamente marcado por las adiciones, registrándose valores de 14.2%, 16.3% y 15.7% para las tres mezclas mencionadas, en contraste con el 10.6% del suelo natural. Esto indica un fortalecimiento considerable del soporte del suelo gracias al consenso del polvo de mármol y cal.

En el estudio de (Ñamot Mercedes, 2022) utilizó el polvo de mármol residual para la estabilización de suelos. A través de tres calicatas, se determinaron contenidos de humedad del 9.350%, 3.620% y 13.340%, con IP de 22.0%, 22.0% y 17%, límites líquidos de 36.0% y 33.0%, y límites plásticos de 14%, 14% y 16%, respectivamente. Se observó que más del 50% del suelo pasaba a través de la malla N°200. En relación con las propiedades suelo, el estudio evidenció una ampliación en los valores del OCH al aumentar polvo de mármol, destacando especialmente el porcentaje de adición del 15% por su excelente comportamiento frente a otras proporciones, superando así los valores base del suelo patrón. En cuanto a las cualidades mecánicas, se notó una mejora significativa en MDS con la añadidura del 15% de polvo de mármol en comparación con el suelo sin tratar. Asimismo, los valores de Capacidad de CBR se incrementaron para todas las dosificaciones de polvo de mármol evaluadas (5%, 10%, 15% y 20%), siendo más notable



el efecto con el 15% de adición, donde se alcanzaron los mejores valores de CBR, indicando una transición a un estado de CBR considerado bueno.

En nuestro estudio utilizamos ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% se realizó una exploración en 3 puntos denominados PM-1, PM-2 y PM-3 donde el el PM-1 el IP fue de 18.16%, mientras que en el PM-2 el IP fue de 18.93%, en el PM-3 el IP fue de 18.40%, mientras que al adicionar cenizas de concha de abanico con el 4 y 8% en el PM-1 fue de 16.01% y 13.35%, mientras que en el PM-2 fue de 16.92% y 13.39% y mientras en el PM-3 el IP fue de 16.03% y 13.20% con el 4% y 8% respectivamente. Mientras que con la inclusión del polvo de mármol en los mismos porcentajes en el PM-1 el índice de plasticidad con el 4% fue de 15.92%, mientras que con el 8% fue de 13.07%, en em PM-2 fue de 16.13% y 12.69% mientras que en el PM-3 fue de 15.97% y 12.84%. En cuando al grado de compactación se llegó a la conclusión de que tanto con la incorporación de las cenizas de concha de abanico y el polvo de mármol mejoro el grado de compactación, en cuanto al ensayo de CBR el suelo patrón al 95% de la MDS el PM-1 el CBR fue de 5.74% mientras que en el PM-2 fue de 5.97% y en el PM-3 el CBR fue de 5.50%. El CBR con el 4% y 8% en el PM-1 fue de 10.0% y 14.35%, en el PM-2 fue de 10.27% y 14.59% y en el PM-3 fue de 10.48% y 14.73%. Mientras que con la incorporación del polvo de mármol el CBR al 95% de la MDS con el 4% y 8% para el PM-1 fue de 10.32% y 15.77%, en el PM-2 fue de 10.74% y 15.8% y n el PM-3 fue de 10.69% y 16.26%.

CONCLUSIONES

Primera, las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya, revelaron los siguientes resultados, el IP en el PM-1 fue de 18.16%, en el PM-2 fue de 18.93% y en el PM-3 fue de 18.40%. Respecto al ensayo de compactación la MDS y el OCH en el PM-1 fue de 1.755 gr/cm³ y 9.72%, en el PM-2 fue de 1.76 gr/cm³ y 9.56% y en el PM-3 fue de 1.762 gr/cm³ y 9.98%. En cuanto al CBR al 95% de la MDS en el PM-1 fue de 5.74%, en el PM-2 fue de 5.97% y en el PM-3 fue de 5.50%.

Segunda, la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% disminuyó el IP de la subrasante. Específicamente con un 8% de ceniza de concha de abanico el IP en el PM-1 fue de 13.35%, en el PM-2 fue de 13.39% y en el PM-3 fue de 13.20%. Por el otro lado con el 8% de polvo de mármol el IP en el PM-1 fue de 13.07%, en el PM-2 fue de 12.69% mientras que en el PM-3 fue de 12.84%.

Tercera, la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% mejoró el grado de compactación. Específicamente con el 8% de ceniza de concha de abanico la MDS y el OCH en el PM-1 fue de 1.994 gr/cm³ y 7.65%, en el PM-2 fue de 1.998 gr/cm³ y 7.40% y en el PM-3 fue de 2.006 gr/cm³ y 7.25%. Mientras que con el 8% de polvo de mármol la MDS y el OCH en el PM-1 fue de 2.015 gr/cm² y 7.25%, en el PM-2 fue de 2.019 gr/cm³ y 7.16% y en el PM-3 fue de 2.025 gr/cm³ y 7.13%.

Cuarta, la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% incrementará el CBR de la subrasante. Específicamente con un 8% de ceniza de concha de abanico el CBR al 95% de la MDS en el PM-1 fue de 14.35%, en el PM-2 fue de 14.59% y en el PM-3 fue de 14.73%. Por otro lado, con el 8% el CBR al 95% de la MDS en el PM-1 fue de 15.77%, en el PM-2 fue de 15.80% y en el PM-3 fue de 16.26%.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda tener en cuenta la normativa tales como el ASTM y AASHTO, para así tener en cuenta los parámetros establecidos para los respectivos ensayos de la subrasante.

Segunda, se recomienda la incorporación de cenizas de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones mayores del 8% con el propósito de tener un parámetro para la aplicación en la subrasante.

Tercera, se recomienda la incorporación de las cenizas de concha de abanico y polvo de mármol en otros tipos de suelos de subrasante para verificar como es el comportamiento en otros tipos de suelo.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Apac Jesus, J. S. (2020). Estabilización de suelos blandos con valva de conchas de abanico para la subrasante tramo 0+0.6 km Cañete 2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64395>
- Borda Ingaluque, D. R. (2022). Estabilización de subrasantes modificados con concreto reciclado en carreteras vecinales, carretera Caracoto-Coata, Puno 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/89267>
- Burga Vásquez, J. C. A. (2023). Mejoramiento de subrasante arcillosa con la finalidad de incrementar propiedades físico mecánicas adicionando polvo de piedra caliza, Chota-Cajamarca, 2023. *Universidad Nacional Federico Villarreal*. <https://repositorio.unfv.edu.pe/handle/20.500.13084/8312>
- Condori Arrazola, D. S., & Ccama Mendoza, G. J. (2023). Estabilización de suelos finos incorporando a la mezcla roca volcánica granulada a nivel de subrasante en pavimentos flexibles, Puno, 2023. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Ewa, D. E., Egbe, E. A., Ukpata, J. O., & Etika, A. (2023). Sustainable subgrade improvement using limestone dust and sugarcane bagasse ash. *Sustainable Technology and Entrepreneurship*, 2(1), 100028. <https://doi.org/10.1016/j.stae.2022.100028>
- Flores Cruz, P. D., & Mayta Calci, R. (2022). Mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas incorporando PET y cal en la subrasante de la carretera Unocolla, Puno—2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/98809>
- Garcia, L. (2022). *Estabilización de suelos con cal como una alternativa viable para la construcción y rehabilitación de caminos rurales en Colombia*. <http://repository.unad.edu.co/handle/10596/50824>



- Halanocca Masco, F. I., & Quispe Pari, B. R. (2021). Influencia de los residuos de pavimento rígido sobre las características físico-mecánicas de la subrasante, carretera Aziruni – Rosaspata, Puno 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
- Jassim, N. W., Hassan, H. A., Mohammed, H. A., & Fattah, M. Y. (2022). Utilization of waste marble powder as sustainable stabilization materials for subgrade layer. *Results in Engineering*, 14, 100436. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2022.100436>
- More García, S. M., & Ydrogo Gonzáles, E. del C. (2019). Estabilización de la subrasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa, 2019. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46162>
- Murthy, G., Krishna, A., & Ch, K. (2016). *CHEMICAL STABILIZATION OF SUB-GRADE SOIL WITH GYPSUM AND NACL*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22852.96642>
- Ñamot Mercedes, P. F. (2022). Efecto del polvo de mármol residual en la estabilización de suelos arcillosos, Trujilloos en caminos no pavimentados. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/104855>
- Obeso Cerna, J. J. (2022). Adición de polvo de concha de abanico para mejorar la subrasante, avenida Francisco Bolognesi, Tambo Real Viejo, Santa, Ancash, 2022. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50443>
- Ramos Isidoro, Y. E., & Trauco Barrera, F. C. (2021). Estabilización de la subrasante empleando ceniza de concha de abanico para pavimentación en el AA.HH. Dunas del Sur, Nuevo Chimbote – 2021.
- Rozalen, M., Sánchez-Polo, M., & Ruiz-Sánchez, A. (2019). Waste marble dust: An interesting residue to produce cement. *Construction and Building Materials*, 224, 99. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.07.031>
- Ruiz Burga, F. Y. (2023). *Evaluación de la incorporación de polvo de piedra chancada en la subrasante deteriorada por deformación, carretera Chota – Shitacucho*. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/337>



Salcedo Saavedra, I. F. (2022). Estabilización de la subrasante con ceniza de concha de abanico con fines de pavimentación en el Centro Poblado San Dionisio, Distrito de Santa—Ancash.

Salinas Flores, Y. O. (2018). *Bases teóricas para la descripción del suelo de la parcela El Puquio, Otuzco, 2018.*

Vasquez Soto, C. G. (2022). Mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante, con polvo de mármol y cal, Av. California – Chosica, Lima 2022.



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es la variación del efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol sobre las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Comparar la variación del efecto de la incorporación de la ceniza de concha de abanico y polvo de mármol sobre las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La variación del efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol será regular uno al otro, optimizando las propiedades de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Ceniza de concha de abanico y polvo de mármol.</p> <p>Dimensiones: <i>Ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8%.</i></p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades del suelo de subrasante.</p> <p>Dimensiones: <i>Índice de plasticidad</i> <i>Grado de compactación</i> <i>Capacidad de soporte.</i></p>	<p>Báscula Electrónica, Plantilla de recopilación de datos.</p> <p>Equipos y herramientas de laboratorio.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el grado de compactación de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?</p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el CBR de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p> <p>Examinar los efectos de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el índice de plasticidad de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p> <p>Examinar efectos de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el grado de compactación de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p> <p>Examinar los efectos de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% sobre el CBR de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya, se calificarán como suelos de subrasante inadecuados.</p> <p>El efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% disminuirá el índice de plasticidad de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p> <p>El efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% mejorará el grado de compactación de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p> <p>El efecto de la incorporación de ceniza de concha de abanico y polvo de mármol en proporciones de 4% y 8% incrementará el CBR de la subrasante de la vía Caminaca - Achaya.</p>		



Anexo 2. Certificados de laboratorio



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANIGO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

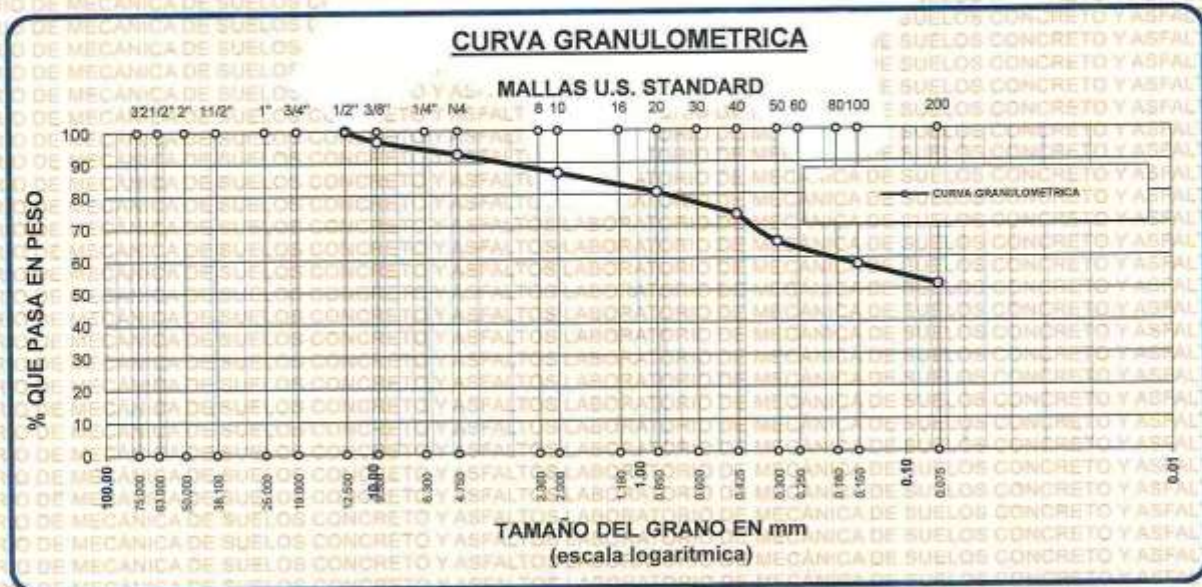
UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 1000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 484.56
2"	50.000						P.P.= 515.44
1 1/2"	38.100						% W= 17.65
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.= 40.06
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P.= 21.89
3/8"	9.500	31.56	3.16	3.16	96.84		I.P.= 18.16
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	40.25	4.03	7.18	92.82		D10= --- Cu= ---
No8	2.360						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	59.87	5.99	13.17	86.83		D60= 0.19
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	61.54	6.15	19.32	80.68		I.G. =
No30	0.600						SUSCS ; SC:
No40	0.425	70.56	7.06	26.38	73.62		ASSTHO
No50	0.300	85.68	8.57	34.95	65.05		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	71.56	7.16	42.10	57.90		
No200	0.075	83.54	6.35	48.46	51.54		
BASE		515.44	51.54	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA							



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

LABORATORIO M.S.C.A.

BIE- B007- 00046193



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	93.26
SUELO SECO + TARRO	gr	82.87
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	10.39
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.87
HUMEDAD %	%	17.65

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	56.37	55.98	54.72	22.64	21.87
SUELO SECO + TARRO	gr	46.04	46.00	45.00	20.02	19.37
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	10.33	9.98	9.72	2.62	2.50
PESO DEL SUELO SECO	gr	25.04	25.00	24.00	12.02	11.37
HUMEDAD %	%	41.25	39.92	40.50	21.80	21.99
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 40.06 **LIMITE PLASTICO** : 21.89

INDICE PLASTICO : 18.16

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
ESC. DE INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

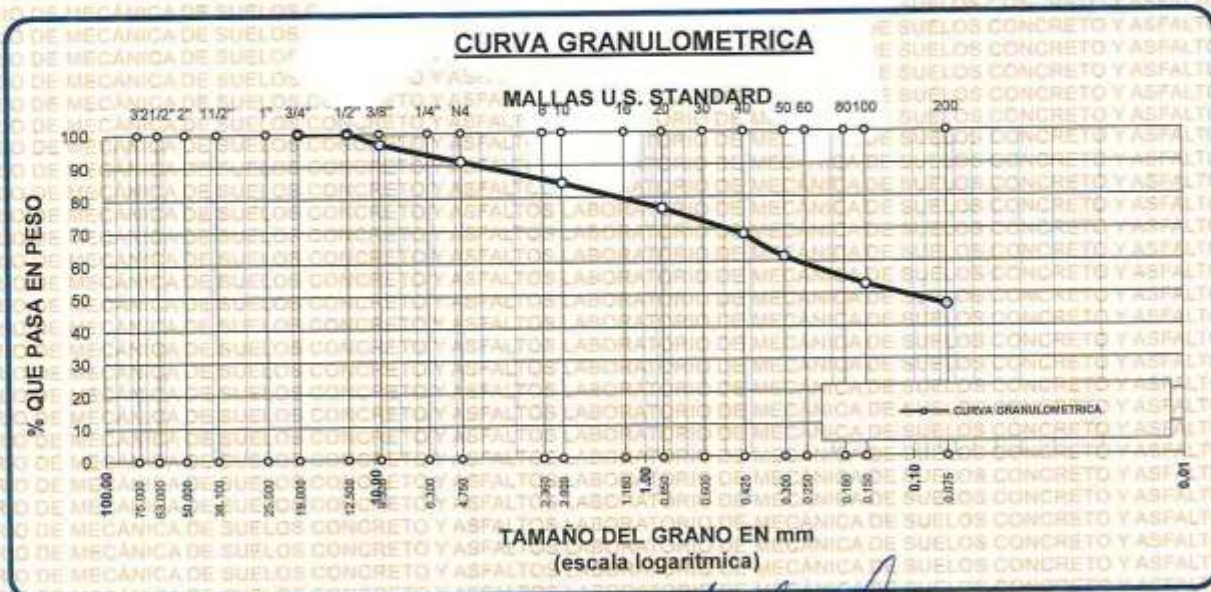
UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATÁ 02

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 1000.00
2"	50.000						P.L.= 533.71
1 1/2"	38.100						P.P.= 466.29
1"	25.000						% W = 18.36
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		L.L.= 40.80
3/8"	9.500	32.56	3.26	3.26	96.74		L.P.= 21.86
1/4"	6.300						I.P.= 18.93
No4	4.750	54.68	5.47	8.72	91.28		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	67.81	6.78	15.51	84.50		D30= --- Cc= ---
No16	1.180						D60= 0.27
No20	0.850	78.64	7.86	23.37	76.63		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	80.51	8.05	31.42	68.58		SUSCS : SM-SC
No.50	0.300	70.56	7.06	38.48	61.52		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	85.67	8.57	47.04	52.96		
No200	0.075	63.28	6.33	53.37	46.63		
BASE		466.29	46.63	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PERDIDA		46.63					



FIC - CARRERA INGENIERIA CIVIL



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.65
SUELO SECO + TARRO	gr	81.89
PESO DEL TARRO	gr	23.30
PESO DEL AGUA	gr	10.76
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.59
HUMEDAD %	%	18.36

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	50.12	51.26	50.87	22.87	22.97
SUELO SECO + TARRO	gr	41.69	42.35	42.11	20.19	20.30
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	8.43	8.91	8.76	2.68	2.67
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.69	21.35	21.11	12.18	12.29
HUMEDAD %	%	40.74	41.73	41.50	22.00	21.72
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 40.80 **LIMITE PLASTICO** : 21.86

INDICE PLASTICO : 18.93

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CAD INGENIERIA



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE GENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

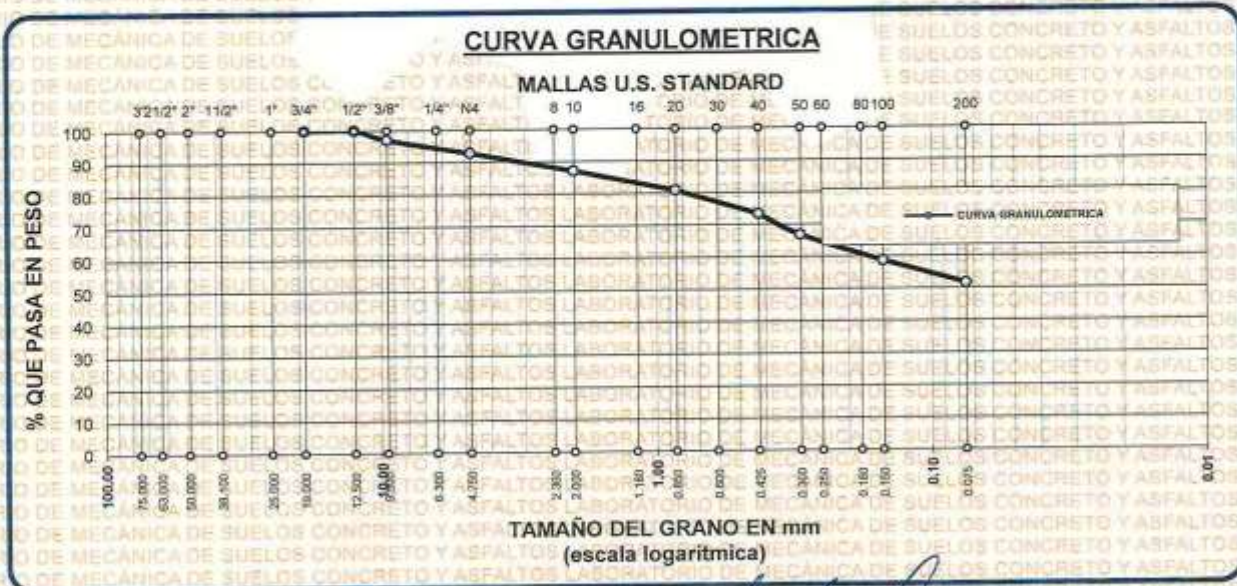
UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA P.L.= 1000.00 P.L.= 483.81 P.P.= 516.19 % w = 18.89
2 1/2"	63.000						
2"	50.000						
1 1/2"	38.100						
1"	25.000						
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA: LL.= 40.07 LP.= 21.67 IP.= 18.40	
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00		
3/8"	9.500	29.84	2.98	2.98	97.02		
1/4"	6.300						
No4	4.750	41.56	4.16	7.14	92.86		
No8	2.360					CARACT. GRANULOMETRICAS: D10= — Cu= — D30= — Cc= — D60= 0.17	
No10	2.000	58.61	5.86	13.00	87.00		
No16	1.180						
No20	0.850	61.87	6.19	19.19	80.81		
No30	0.600						
No40	0.425	74.57	7.46	26.65	73.36	CLASIFICACION: I.G. = SUSCS ; SM-SC ASSTHO	
No 50	0.300	65.74	6.57	33.22	66.78		
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	81.27	8.13	41.35	58.65		
No200	0.075	70.35	7.04	48.38	51.62	OBSERVACIONES:	
BASE		516.19	51.62	100.00	0.00		
TOTAL		1000.00	100.00				
% PÉRDIDA		51.62					



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

BIE: B007-00046193



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA
SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO
UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATA 3
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	96.57
SUELO SECO + TARRO	gr	84.98
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	11.59
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.34
HUMEDAD %	%	18.89

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	49.87	50.64	49.67	22.78	22.68
SUELO SECO + TARRO	gr	41.67	41.99	41.35	20.00	20.22
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.01	8.01
PESO DEL AGUA	gr	8.20	8.65	8.32	2.78	2.46
PESO DEL SUELO SECO	gr	20.67	20.99	20.35	11.99	12.21
HUMEDAD %	%	39.67	41.21	40.88	23.19	20.15
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 40.07 **LIMITE PLASTICO** : 21.67

INDICE PLASTICO : 18.40

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



[Handwritten Signature]
INGENIERO ANDINO NESTOR CERRES VELASQUEZ
R.C.P. - C.A. INGENIERIA CIVIL



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



PROYECTO

ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE

BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

UBICACIÓN

VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

CALICATA 01 +4% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO

FECHA

22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	92.87
SUELO SECO + TARRO	gr	82.77
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	10.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.77
HUMEDAD %	%	17.19

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	47.94	48.67	48.95	21.68	21.85
SUELO SECO + TARRO	gr	40.76	41.19	41.30	19.39	19.45
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	7.18	7.48	7.65	2.29	2.40
PESO DEL SUELO SECO	gr	19.76	20.19	20.30	11.39	11.45
HUMEDAD %	%	36.34	37.05	37.68	20.11	20.96
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO	:	36.54	LIMITE PLASTICO	:	20.53
-----------------------	---	--------------	------------------------	---	--------------

INDICE PLASTICO : **16.01**

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

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



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

Md. Armando Yanga Torres
C.I. 103267

BIE: 8007-00046193



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO
SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO
UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA
LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATA 01 +8% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	91.58
SUELO SECO + TARRO	gr	82.15
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.43
PESO DEL SUELO SECO	gr	58.15
HUMEDAD %	%	16.22

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.87	42.68	42.57	20.12	20.36
SUELO SECO + TARRO	gr	36.73	37.34	37.18	18.24	18.31
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	5.14	5.34	5.39	1.88	2.05
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.73	16.34	16.18	10.24	10.31
HUMEDAD %	%	32.68	32.68	33.31	18.36	19.88
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 32.47 **LIMITE PLASTICO** : 19.12

INDICE PLASTICO : 13.35

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Marta Arrianda Yana Torres
C.P. 103257

RUE: B007-00046193



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 +4% DE POLVO DE MARMOL

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.65
SUELO SECO + TARRO	gr	80.94
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	56.94
HUMEDAD %	%	17.05

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.78	42.37	41.58	20.65	21.87
SUELO SECO + TARRO	gr	36.19	36.69	36.12	18.68	19.41
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	5.59	5.68	5.46	1.97	2.46
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.19	15.69	15.12	10.68	11.41
HUMEDAD %	%	36.80	36.20	36.11	18.45	21.56
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 35.92 **LIMITE PLASTICO** : 20.00

INDICE PLASTICO : 15.92

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Mgtr. Arnelido Yana Torres
 C.I.P. 310227

BIE: 8007-00046193



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA, ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSÉ LUIS ARI HUANATICO

UBICACIÓN : VÍA CAMINACA ACHAYA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 +8% DE POLVO DE MARMOL

FECHA : 22 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	90.24
SUELO SECO + TARRO	gr	81.14
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.10
PESO DEL SUELO SECO	gr	57.14
HUMEDAD %	%	15.93

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	40.15	40.68	40.73	20.04	19.84
SUELO SECO + TARRO	gr	35.42	35.94	35.87	18.08	18.00
PESO DEL TARRO	gr	21.00	21.00	21.00	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	4.73	4.74	4.86	1.96	1.84
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.42	14.94	14.87	10.08	10.00
HUMEDAD %	%	32.80	31.73	32.68	19.44	18.40
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	31.99	LIMITE PLASTICO	:	18.92	

INDICE PLASTICO : 13.07

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERCO" VELASQUEZ
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Ing. Yago Torres
 10/2024

BIE: 8007-00046193



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

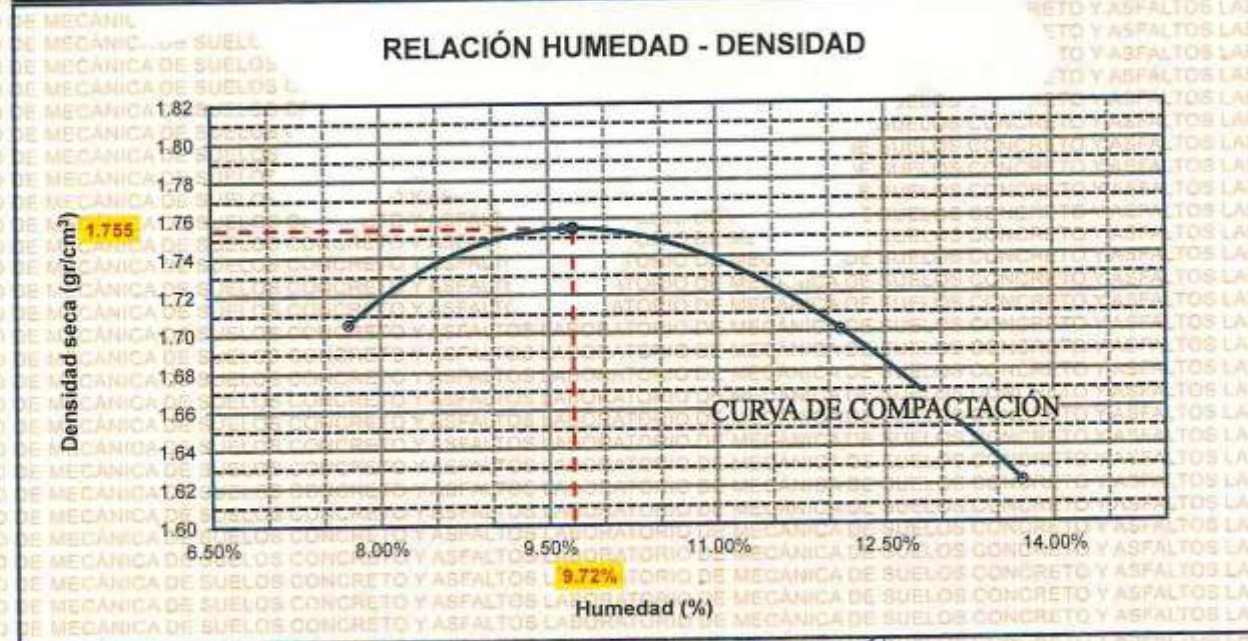
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MARMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA
SOLICITANTE	: BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO
UBICACIÓN	: VÍA CAMINACA - ACHAYA
MUESTRA	: CALICATA 1
FECHA	: 23 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2145 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 58 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9924	10075	10110	9940
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	3940	4091	4126	3958
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	1.837	1.907	1.924	1.844

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	452.64	449.24	486.89	450.16	453.47	441.54	444.76	408.35
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	430.79	415.91	438.57	410.74	428.67	400.00	388.67	376.67
Peso del Agua	gr.	21.85	33.33	48.12	39.42	24.80	41.54	55.49	31.78
Peso de la Capsula	gr.	84.52	84.21	63.32	64.51	66.42	65.96	65.84	66.62
Peso del Suelo Seco	gr.	366.27	351.70	375.25	346.23	362.25	334.44	322.83	310.05
% de Humedad	%	5.97%	9.48%	12.82%	11.39%	8.85%	12.42%	17.19%	10.25%
Promedio de Humedad	%	7.72%		12.10%		9.63%		13.72%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.705		1.701		1.755		1.622	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.755 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.72%



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

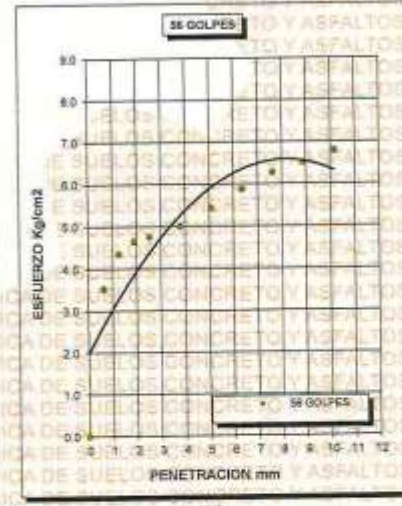
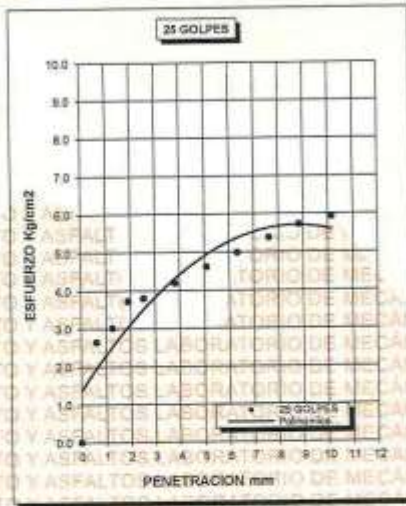
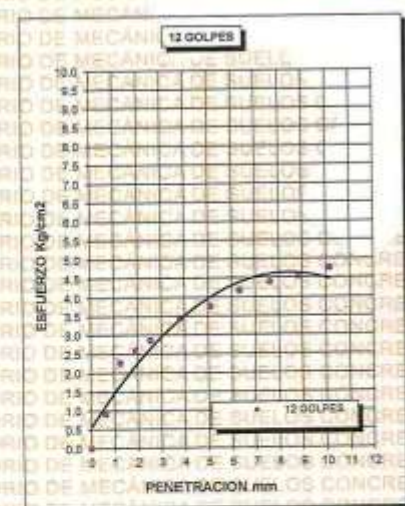
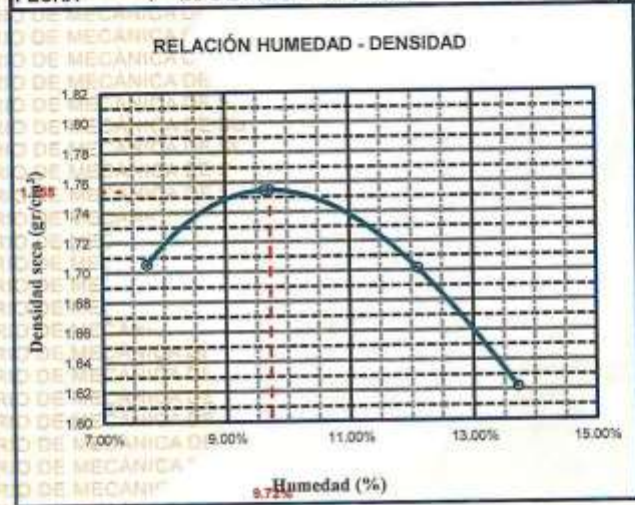
M.S.C.A. [Signature]



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



PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91:	
SOLICITADO :	BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.):	1.755
UBICACIÓN :	VÍA CAMINACA - ACHAYA	HUMEDAD OPTIMA (%):	9.72%
MUESTRA :	SUELO NATURAL - CALICATA 1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%):	6.59
FECHA :	23 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%):	5.74
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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

Miguel Arriando Yana Torres
CIP: 103257

M.S.C.A. - INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL

BIE: 8007-00046193



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MARMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA
SOLICITANTE	: BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO
UBICACIÓN	: VÍA CAMINACA - ACHAYA
MUESTRA	: CALICATA 2
FECHA	: 23 DE ABRIL DEL 2024

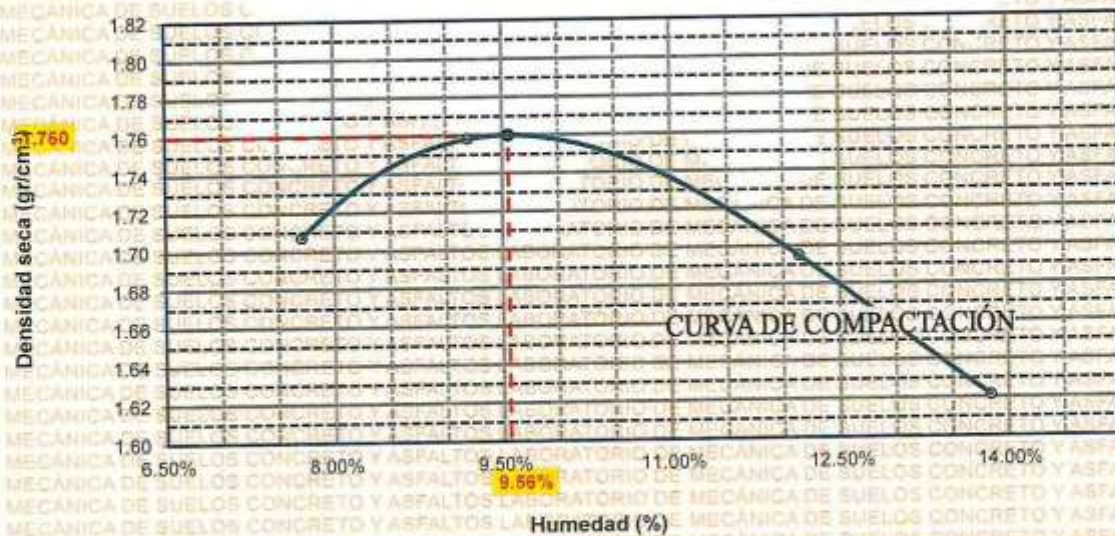
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2145 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9928	10061	10102	9943
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3944	4077	4118	3959
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.839	1.901	1.920	1.846

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	451.97	449.34	486.69	451.13	453.62	440.87	443.73	409.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	431.61	414.71	437.54	412.38	429.29	401.64	396.67	378.65
Peso del Agua	gr.	20.36	34.63	49.15	38.75	24.33	39.23	57.06	30.97
Peso de la Capsula	gr.	84.11	84.38	63.64	64.29	66.73	65.84	66.33	66.62
Peso del Suelo Seco	gr.	367.50	350.33	373.90	348.09	362.56	335.80	321.34	312.03
% de Humedad	%	5.54%	9.88%	13.15%	11.13%	6.71%	11.68%	17.78%	9.93%
Promedio de Humedad	%	7.71%		12.14%		9.20%		13.84%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.707		1.695		1.758		1.621	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.760 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.56%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 M.S.C.A.
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257

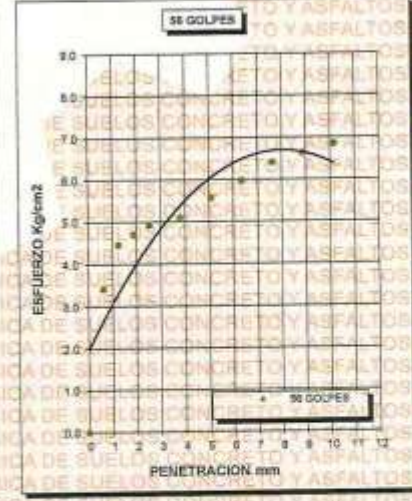
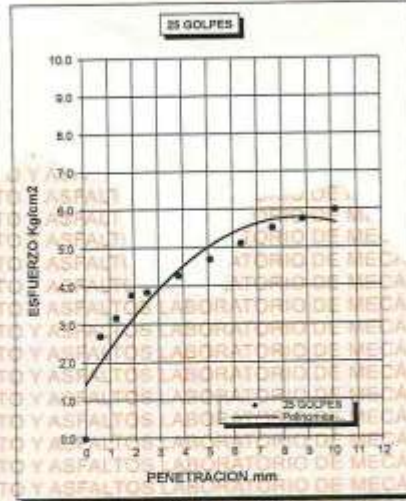
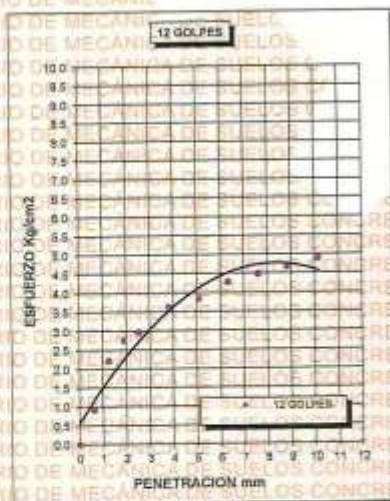
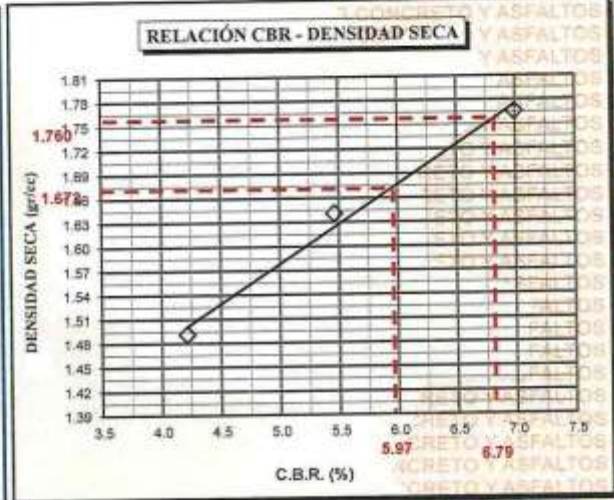
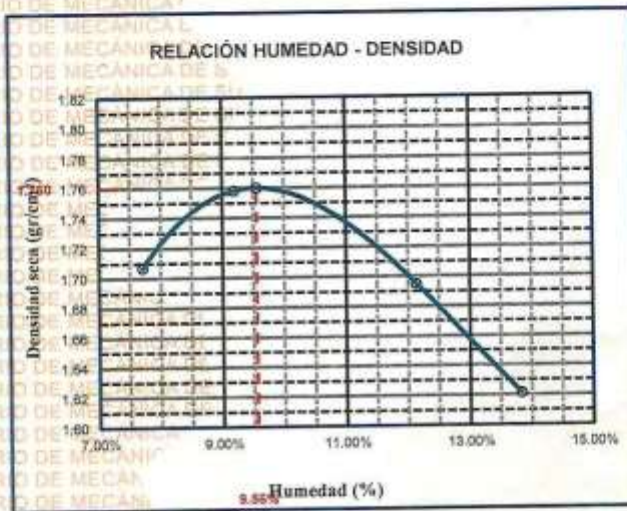
BIE: B007-00046193



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



PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINATA ACHAYA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.760
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA - M1	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.56%
FECHA : 23 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 6.79
	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 5.97
	EMBEBIDO :



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
E.I.C.P. - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

[Firma]
Msc. Arnoldo Yana Torres
P. 139257

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

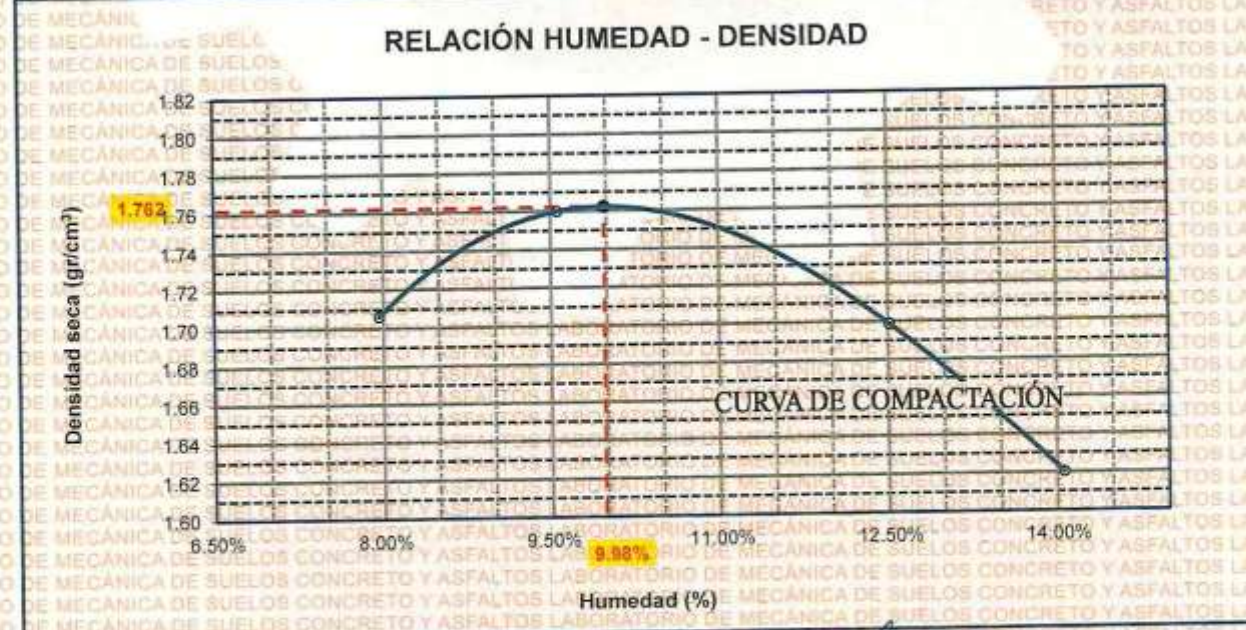
TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA
SOLICITANTE	: BACHILLER JOSE LUIS ARI RUANATICO
UBICACIÓN	: VÍA CAMINACA - ACHAYA
MUESTRA	: CÁLICATA 3
FECHA	: 23 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2145 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9935	10084	10120	9948
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3951	4100	4136	3964
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.842	1.911	1.928	1.848

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	454.71	447.46	486.38	453.29	454.66	441.34	446.75	408.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	432.15	413.24	438.64	410.67	428.42	403.29	387.31	378.54
Peso del Agua	gr.	22.56	34.22	47.74	42.62	28.24	38.05	59.44	30.08
Peso de la Capsula	gr.	64.15	64.13	63.11	64.47	66.62	65.84	65.76	66.62
Peso del Suelo Seco	gr.	368.00	349.11	375.53	346.20	359.80	337.45	321.55	311.92
% de Humedad	%	6.13%	9.80%	12.71%	12.31%	7.85%	11.28%	18.49%	9.64%
Promedio de Humedad	%	7.97%		12.51%		9.56%		14.06%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.706		1.699		1.760		1.620	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.762 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.98%



Ing. Arnaldo Fano Torres
 CIP: 109217

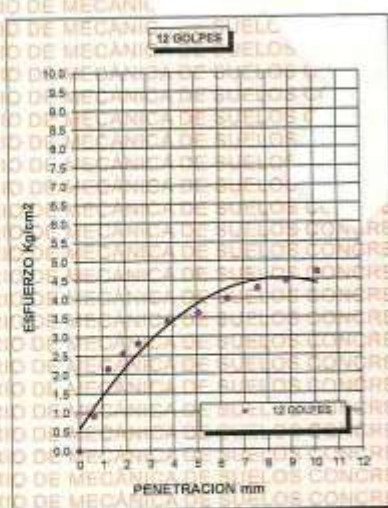
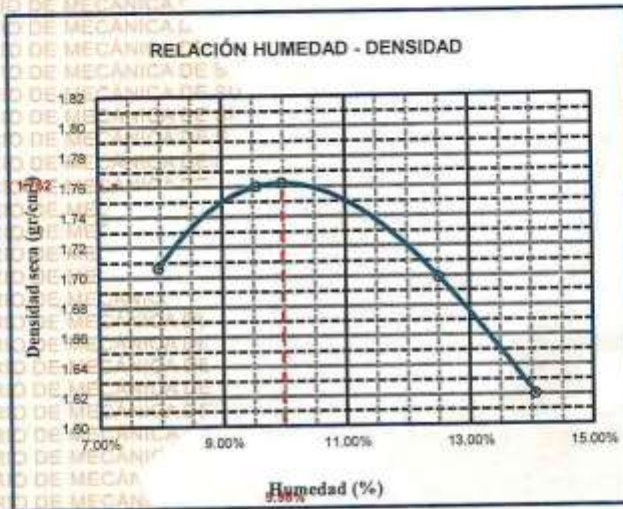
BIE: B007-00046193



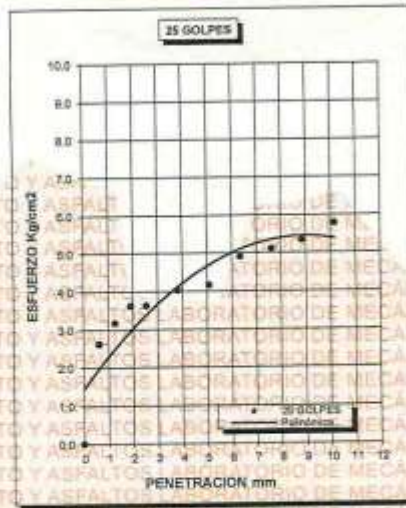
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



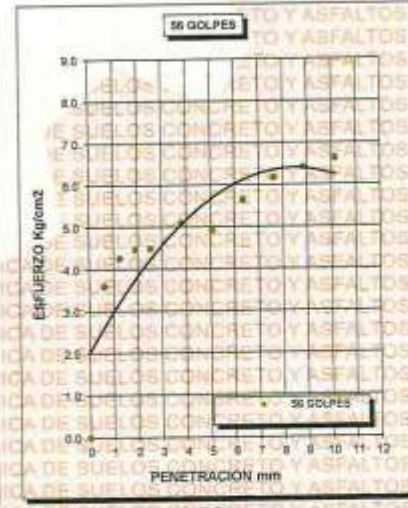
PROYECTO : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.): 1.762
UBICACIÓN : VÍA CAMINACA - ACHAYA	HUMEDAD OPTIMA (%): 9.98%
MUESTRA : SUELO NATURAL - CALICATA 03	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 6.25
FECHA : 23 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 5.50
	AASHTO :
	EMBEBIDO :



CBR 4.00



CBR 5.16



CBR 6.38



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

Alc. Arnaldo Yana Torres
C.I. 103257

BIE: B007-00046193



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA
SOLICITANTE	: BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO
UBICACIÓN	: VÍA CAMINACA - ACHAYA
MUESTRA	: CALICATA 1 - CON 4% DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO
FECHA	: 23 DE ABRIL DEL 2024

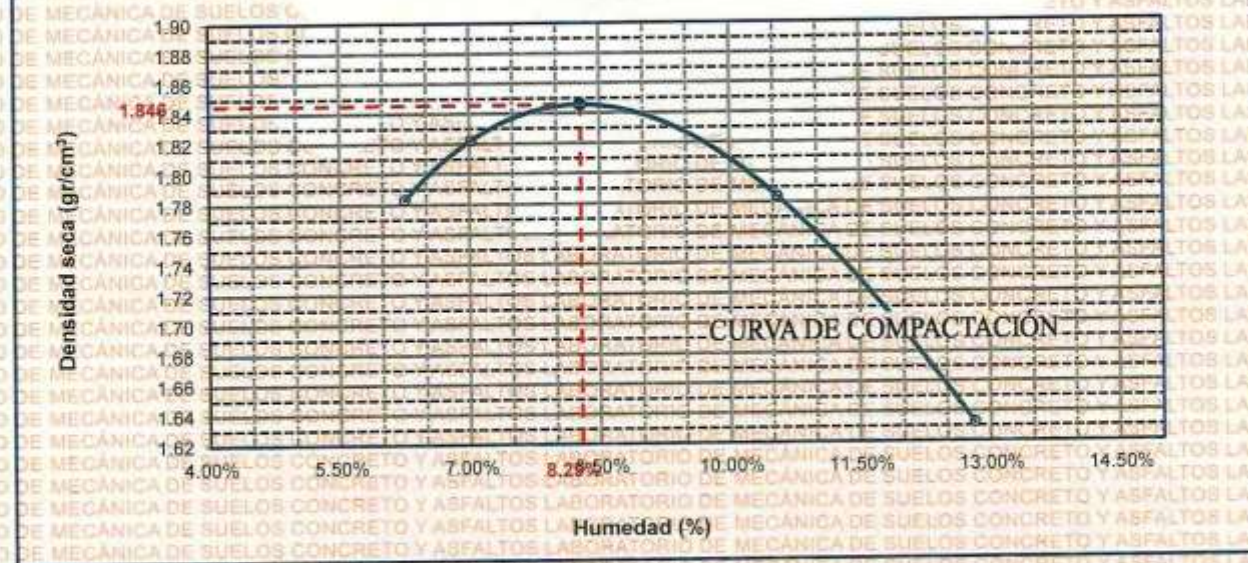
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2145 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10048	10167	10214	9934
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4064	4183	4230	3950
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.895	1.950	1.972	1.841

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	440.87	423.97	454.81	429.73	447.88	428.73	425.84	397.82
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	413.58	407.74	428.95	405.87	413.81	391.76	375.74	369.80
Peso del Agua	gr.	27.29	16.23	25.86	23.86	33.87	36.97	51.10	27.72
Peso de la Capsula	gr.	63.64	63.56	61.92	64.67	66.76	65.81	65.76	66.92
Peso del Suelo Seco	gr.	349.94	344.16	367.03	341.02	347.05	325.95	309.98	302.98
% de Humedad	%	7.80%	4.72%	7.05%	7.00%	9.78%	11.34%	16.48%	9.16%
Promedio de Humedad	%	6.26%		7.02%		10.55%		12.82%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.783		1.822		1.784		1.632	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.846 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.29%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



LABORATORIO M.S.C.A.
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

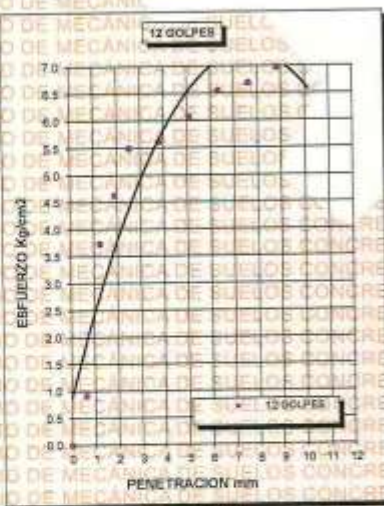
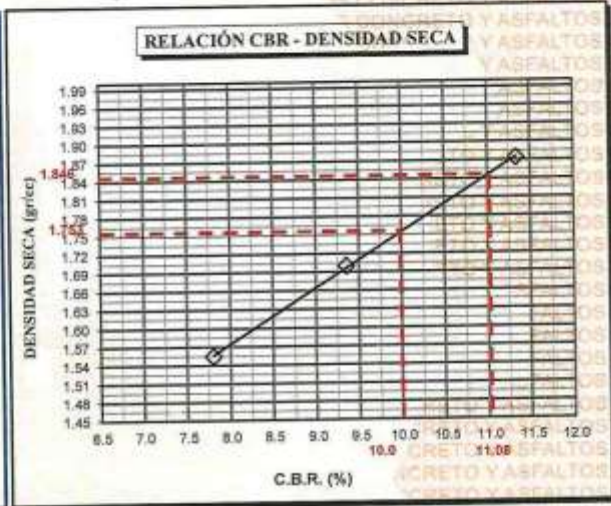
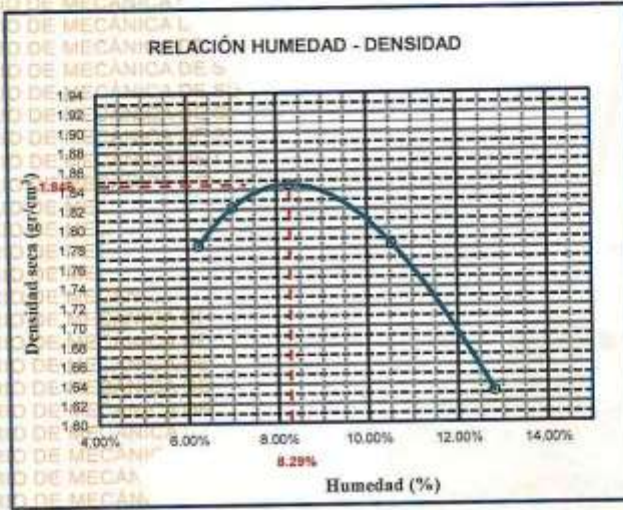
BIE: B007-00046193



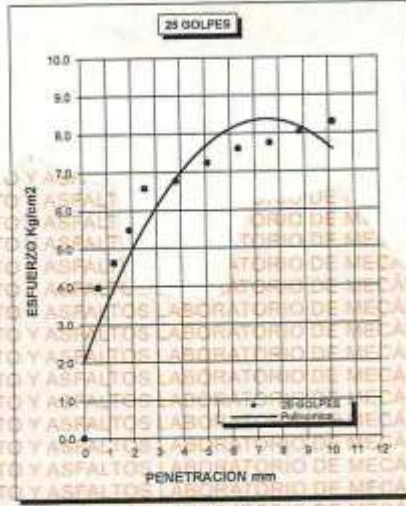
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



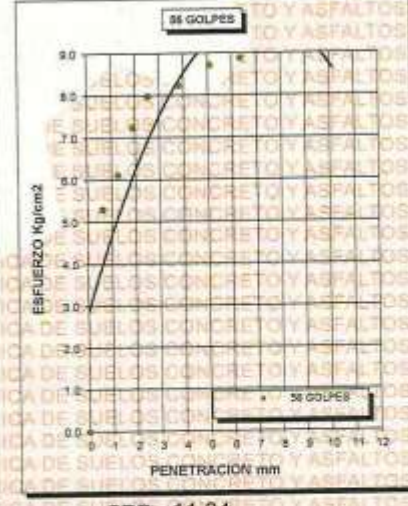
PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER JOSÉ LUÍS ARI HUANATICO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.846
UBICACIÓN :	VÍA CAMINACA - ACHAYA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.29%
MUESTRA :	SUELO + 4% CCA - CALICATA 1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 11.08
FECHA :	23 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10.00
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 7.81



CBR 9.36



CBR 11.34

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

[Firma]

M.Sc.A. JEFATURA

M^{te} Armando Yana Torres

BIE: B007-00046193



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE GENIZA DE CONCHA DE ABANIGO Y POLVO DE MARMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA		
SOLICITANTE	BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO		
UBICACIÓN	VÍA CAMINACA - ACHAYA		
MUESTRA	CALICATA 1 - CON 8% DE GENIZA DE CONCHA DE ABANIGO		
FECHA	23 DE ABRIL DEL 2024		

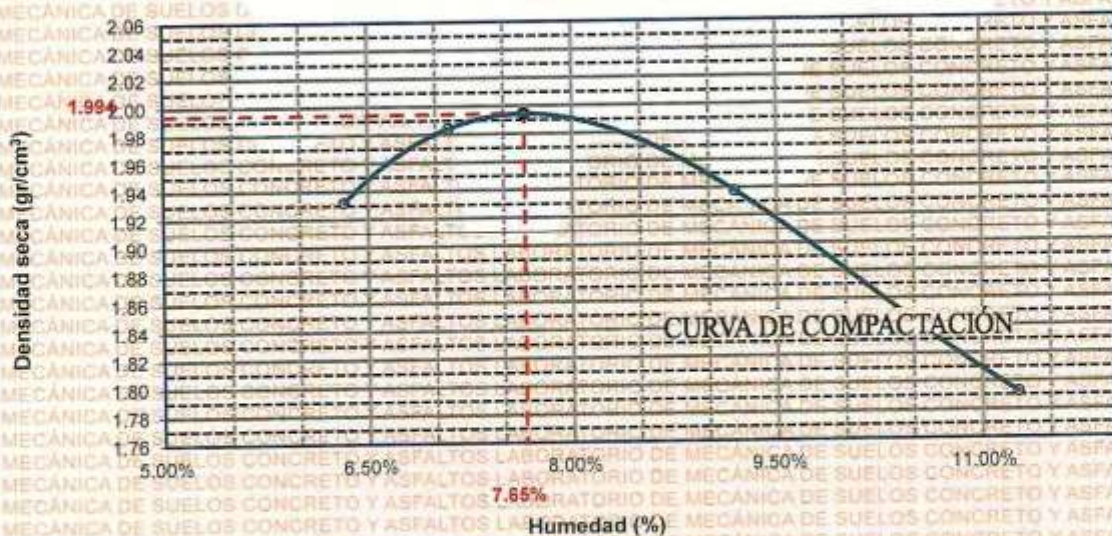
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2145 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10390	10542	10522	10262
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4406	4558	4538	4278
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.054	2.125	2.116	1.994

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	435.87	416.87	442.42	430.66	435.35	437.67	420.31	456.57
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	410.54	396.73	427.87	396.64	411.32	399.54	385.18	370.37
Peso del Agua	gr.	25.13	18.14	14.55	34.02	24.04	38.33	35.13	35.20
Peso de la Capsula	gr.	63.34	63.61	62.54	63.38	65.46	64.52	65.54	65.61
Peso del Suelo Seco	gr.	347.20	335.12	365.33	333.26	345.86	335.02	319.84	304.76
% de Humedad	%	7.24%	5.41%	3.98%	10.21%	6.95%	11.44%	10.98%	11.55%
Promedio de Humedad	%	6.33%		7.10%		9.20%		11.27%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.932		1.984		1.937		1.792	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.994 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	7.65%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



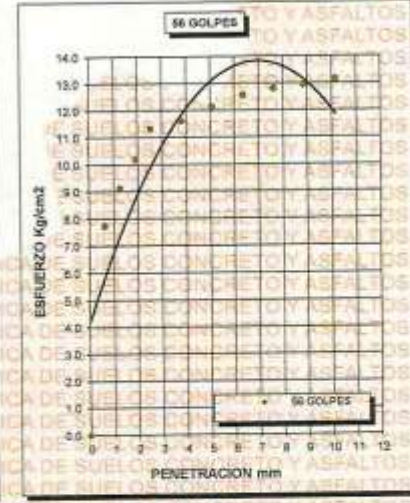
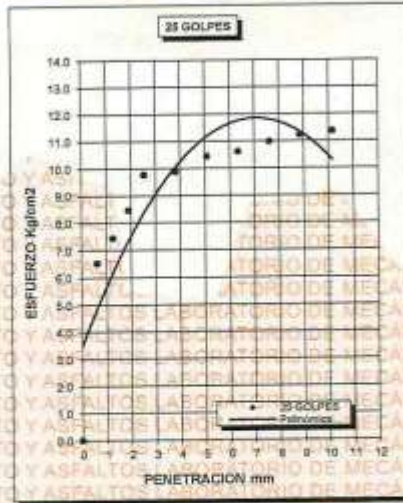
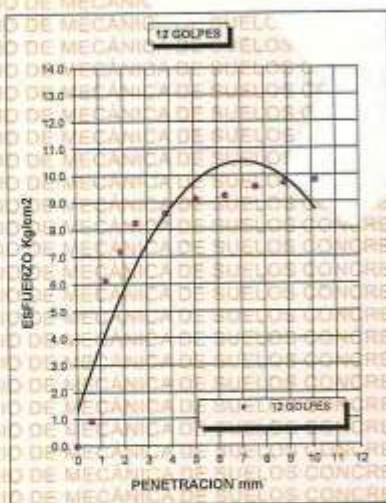
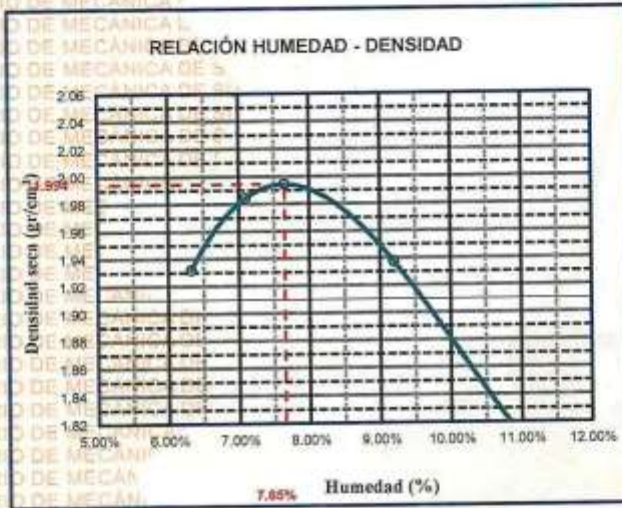
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA



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



PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER JOSÉ LUIS ARI HUANATICO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.994
UBICACIÓN :	VÍA CAMINACA - ACHAYA	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.65%
MUESTRA :	SUELO + 8% CCA - CALICATA 1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	15.58
FECHA :	23 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	14.35
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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

[Firma]

Mg. Arnoldo Yana Torres
C.P. 303257

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

RIE: 8007-00046193



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MARMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA
SOLICITANTE	BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO
UBICACIÓN	VÍA CAMINACA - ACHAYA
MUESTRA	CALICATA 1 - CON 4% DE POLVO DE MARMOL
FECHA	23 DE ABRIL DEL 2024

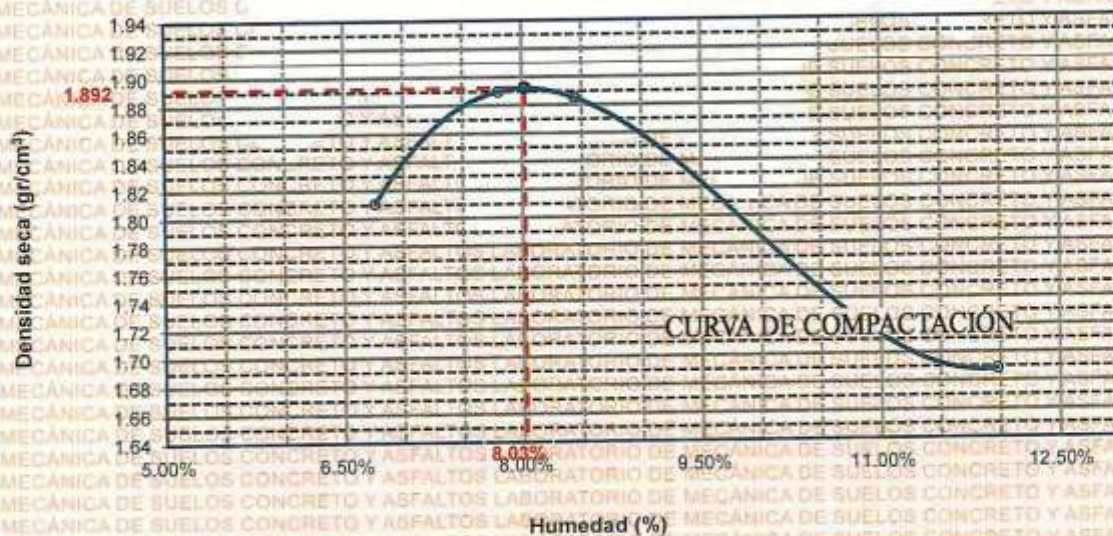
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2145 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10130	10369	10354	10039
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4146	4385	4370	4055
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.933	2.044	2.037	1.890

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	451.67	434.15	468.43	444.71	451.62	435.43	428.61	408.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	423.43	414.21	436.10	415.81	429.92	402.48	383.34	377.62
Peso del Agua	gr.	28.24	19.94	32.33	28.90	21.70	32.95	45.27	30.66
Peso de la Capsula	gr.	63.32	63.44	62.57	64.64	63.37	62.43	65.57	61.81
Peso del Suelo Seco	gr.	360.11	350.77	373.53	351.17	366.55	340.05	317.77	316.01
% de Humedad	%	7.84%	5.68%	8.66%	8.23%	5.92%	9.69%	14.25%	9.70%
Promedio de Humedad	%	6.76%		8.44%		7.80%		11.97%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.810		1.885		1.890		1.688	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.892 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.03%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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

M.S.C.A. JEFATURA

[Firma]

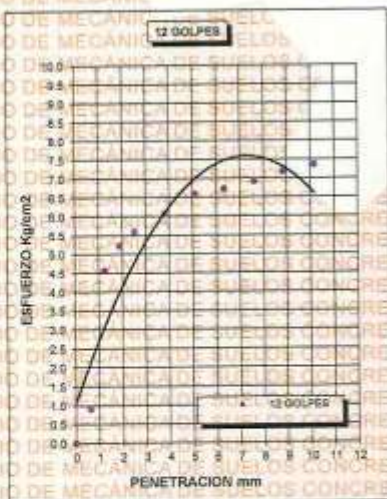
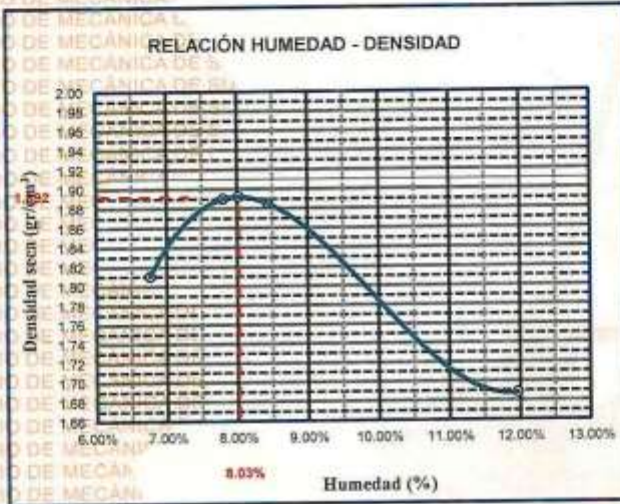
BIE: B007-00046193



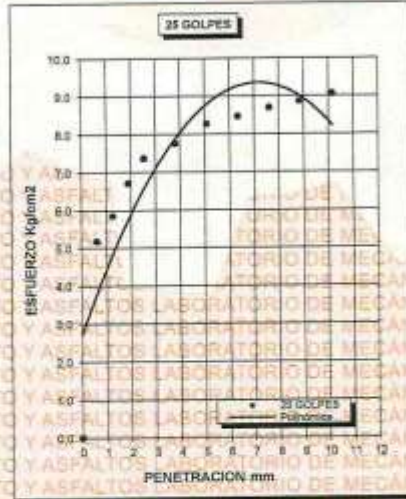
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



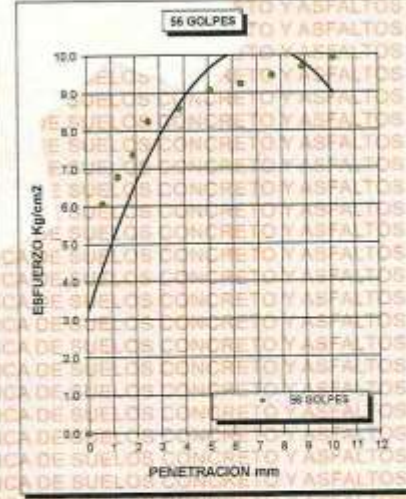
PROYECTO :	ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.892
UBICACIÓN :	VÍA CAMINACA - ACHAYA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.03%
MUESTRA :	SUELO + 4% PM - CALICATA 1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 11.45
FECHA :	23 DE ABRIL DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 10.32
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 7.95



CBR 10.48



CBR 11.74

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICR - CAP. INGENIERÍA CIVIL
M.S.C.A. JEFATURA
Ing. Yana Torres
C.I. 113257

015-8007-00046103



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS : ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y POLVO DE MARMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

SOLICITANTE : BACHILLER JOSE LUIS ARI HUANATICO

UBICACIÓN : VÍA CAMINACA - ACHAYA

MUESTRA : CALICATA 1 - CON 8% DE POLVO DE MARMOL

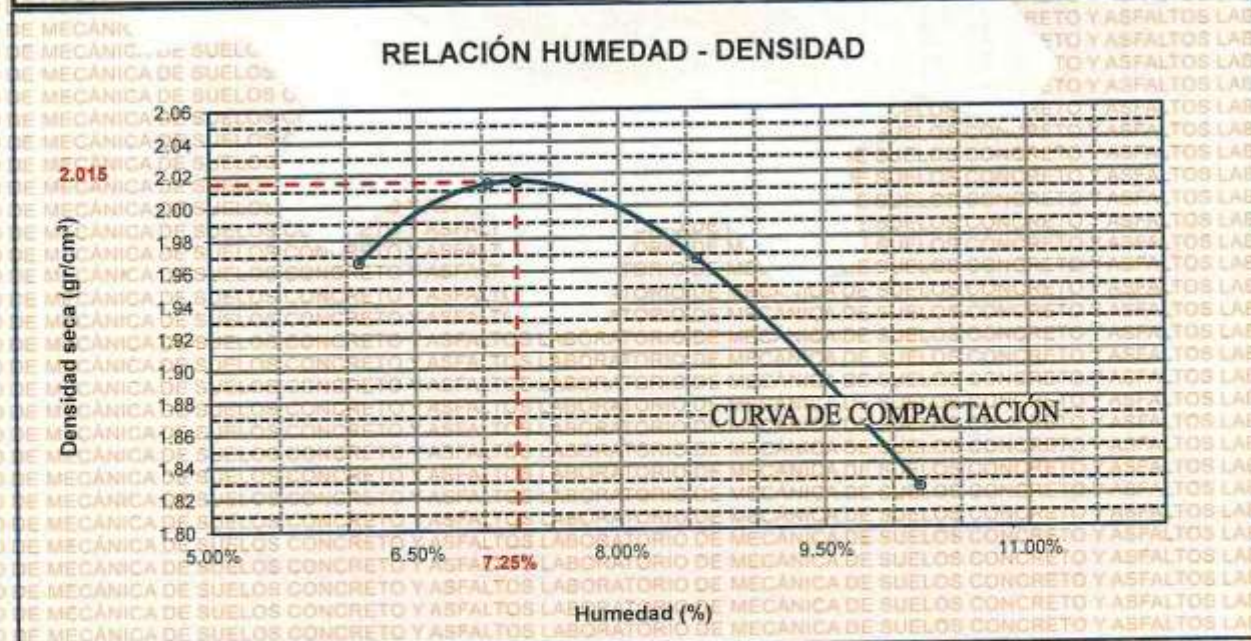
FECHA : 23 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2145 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10458	10609	10565	10298
Peso del Molde	gr.	5984	5984	5984	5984
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	4474	4625	4581	4314
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.086	2.156	2.136	2.011

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	428.65	421.49	442.71	433.74	435.70	437.62	415.42	413.54
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	412.84	398.92	430.83	397.54	415.81	398.99	388.57	375.62
Peso del Agua	gr.	16.81	24.57	11.88	36.20	19.89	38.63	26.85	37.92
Peso de la Capsula	gr.	62.79	63.87	63.62	63.89	63.75	62.84	63.98	62.99
Peso del Suelo Seco	gr.	350.05	333.05	366.91	333.65	352.06	336.15	324.59	312.63
% de Humedad	%	4.80%	7.38%	3.24%	10.85%	5.65%	11.49%	8.27%	12.13%
Promedio de Humedad	%	6.09%		7.04%		8.57%		10.20%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.966		2.014		1.967		1.825	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.015 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.25%



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

[Signature]

M.S.C.A. *[Signature]*

BIF: B007-00046193

Anexo 3. Fotografías



Fotografía 1. Pesaje y contenido de humedad



Fotografía 2. Análisis granulométrico



Fotografía 3. Límites de consistencia



Fotografía 4. Límites de consistencia



Fotografía 5. Proctor modificado



Fotografía 6. CBR



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 23-09-2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JOSE LUIS ARI HUANATICO

Dirección: PARCIALIDAD HUINIHUI

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74354045

Teléfono: 955 221 958 email: ari693745@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ESTUDIO COMPARATIVO DEL EFECTO DE CENIZA DE CONCHA DE ABANICO Y

POLVO DE MÁRMOL SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA SUBRASANTE

DE LA VÍA CAMINACA ACHAYA

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA DE CONCHA DE ABANICO. POLVO DE MÁRMOL, 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, entré 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 Titulo 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

23-09-2024

Fecha