TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2026

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR

PRIMER MIEMBRO : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS : Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 0021-2026-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de enero del 2026

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-13635** presentado por el (la) Bachiller: **DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI** 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. **DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, 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. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
- **1er Miembro** : Dr. LEONEL SUASACA PELINCO
- **2do Miembro** : Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.** de acuerdo al siguiente detalle:

- **FECHA** : miercoles 14 de enero del 2026
- **HORA** : 11:00 horas
- **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

Dr. Ronald Madera Feran
DECANO (e)
CIP: 55975

Dr. Fritz W. Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2026

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1225-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de octubre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-8904** por el señor (a): **DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 899-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 122 - 2025** del integrante del comité de investigación **1225** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Dr. 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° 122 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN.**

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025** 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. ARNALDO YANA TORRES.**

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 CS. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fred Willy Manani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 895-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 1544, presentado por el señor (a) DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO – N° 689-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 088-2025 del integrante del comité de investigación EPIC de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI ha presentado su propuesta de investigación Titulada: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Dr. 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° 088-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025.

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 señor (a): DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025 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. ARNALDO YANA TORRES.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Dr. OSCAR V. MAMANI CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 20-25
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

FORTALECIMIENTO DEL USO DE LA LENGUA MATERNA EN LE PROCESO DE APRENDIZAJE EN NIÑOS DE EDUCACIÓN INICIAL, CRUZ PATA – CRUCERO, 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	3%	12%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
7	repositorio.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75894260
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-6662-1792
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRITZ WILLY MAMANI APAZA

Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - **P17**
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Azángaro Latitud: S 14° 54′ 35" Longitud: O 70° 50′ 50"  https://maps.app.goo.gl/dkugBgkTMhLihxp59
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2025 – Enero 2026
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	**Ingeniería civil** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 **Ingeniería de la construcción** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI, identificado con DNI Nro. 75894260, 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:

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

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 suyas 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 28 de abril del 2026

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

A mis queridos padres,

quienes han sido mi principal fuente de inspiración, apoyo y amor incondicional a lo largo de mi vida. Gracias por siempre creer en mí, por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia, y por brindarme las herramientas necesarias para alcanzar mis sueños. Esta tesis es el reflejo de su sacrificio y su confianza en mí.

Con todo mi amor y gratitud.

.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

AGRADECIMIENTO

En primer lugar deseo agradecer de todo corazón a Dios, fuente de toda sabiduría y fortaleza. Gracias por haberme dado la oportunidad de llegar hasta este momento y por haberme guiado a través de cada desafío. Su gracia infinita me ha permitido superar obstáculos y seguir adelante, confiando siempre en Su plan para mi vida.

También agradezco a todas las personas que con su generosidad y apoyo han sido parte fundamental de este proceso. A mis familiares por su amor incondicional y su constante apoyo. A mis amigos y compañeros de camino, por su colaboración y palabras de aliento en cada etapa. Y especialmente, a mis profesores y tutores, cuyo conocimiento, orientación y paciencia han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática 13
1.2 Planteamiento del problema 14
1.2.1 Problema general 14
1.2.2 Problemas específicos 14
1.3 Objetivos de la investigación 15
1.3.1 Objetivo general 15
1.3.2 Objetivos específicos 15
1.4 Justificación de la investigación 15
1.4.1 Justificación técnica 15
1.4.2 Justificación económica 16
1.4.3 Justificación social 16
1.4.4 Justificación ambiental 16
1.5 Hipótesis de la investigación 17
1.5.1 Hipótesis general 17
1.5.2 Hipótesis específicas 17
1.6 Variables e indicadores 17
1.6.1 Variable independiente 17
1.6.2 Variable dependiente 18

1.7 Operacionalización de variables 19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 20
2.1.1 Antecedentes internacionales 20
2.1.2 Antecedentes nacionales 22
2.1.3 Antecedentes locales 24
2.2 Bases teóricas 27
2.2.1 Afirmado 27
2.2.1.1 Tipos de afirmado 28
2.2.1.2 Composición óptima del afirmado 31
2.2.1.3 Aplicaciones del afirmado 32
2.2.1.4 Determinación del espesor del afirmado 33
2.2.2 Estabilización de suelos 34
2.2.2.1 Técnicas y métodos comunes de estabilización 35
2.2.3 Subrasante 35
2.2.3.1 Estabilización de subrasantes 37
2.2.4 CBR 38
2.2.5 Cenizas volantes 39
2.2.5.1 Características técnicas de las cenizas volantes 41
2.2.6 Estabilización de suelos mediante el uso de cenizas volantes 42
2.3 Marco conceptual 43

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación 45
3.2 Tipo de investigación 46
3.3 Nivel de investigación 46
3.4 Diseño de la investigación 47
3.5 Método de la investigación 47

3.6 Población y muestra de la investigación 48
3.6.1 Población 48
3.6.2 Muestra 49
3.7 Técnicas e instrumentos 50
3.7.1 Técnicas 50
3.7.2 Instrumentos 51
3.8 Validación y confiabilidad del instrumento 52
3.8.1 Validación 52
3.8.2 Confiabilidad 52
3.9 Plan de recolección de datos 53
3.9.1 Análisis e interpretación de los resultados 58

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos 60
4.1.1 Capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro 60
4.1.2 Impacto de la incorporación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante en las vías de la provincia de Azángaro 76
4.1.3 Espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante, en las vías de la provincia de Azángaro 84
4.2 Discusión de Resultados 87
CONCLUSIONES 91
RECOMENDACIONES 93
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 94
ANEXOS 99

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables* 19

Tabla 2 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo* 60

Tabla 3 *Valores del CBR de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo* 63

Tabla 4 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo* 64

Tabla 5 *Valores del CBR del afirmado del Jr. Cesar Vallejo* 67

Tabla 6 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui* 68

Tabla 7 *Valores del CBR de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui* 71

Tabla 8 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui* 72

Tabla 9 *Valores del CBR del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui* 75

Tabla 10 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo* 76

Tabla 11 *Valores del CBR de la subrasante con CEV del Jr. Cesar Vallejo* 79

Tabla 12 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui* 80

Tabla 13 *Valores del CBR de la subrasante con CEV del Jr. Carlos Mariátegui* 83

Tabla 14 *Comparativa de espesores* 85

Tabla 15 *Comparativa de espesores* 87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *Afirmado* 28

Figura 2 *Subrasante* 36

Figura 3 *Vía a nivel de afirmado del Jr Cesar Vallejo* 49

Figura 4 *Vía a nivel de afirmado del Jr Carlos Mariátegui* 50

Figura 5 *Cenizas volantes* 54

Figura 6 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo (PEC-01)* 61

Figura 7 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo (PEC-02)* 61

Figura 8 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo (PEC-03)* 62

Figura 9 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo* 62

Figura 10 *Valores del CBR de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo* 64

Figura 11 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo (PEC-01)* 65

Figura 12 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo (PEC-02)* 65

Figura 13 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo (PEC-03)* 66

Figura 14 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo* 66

Figura 15 *Valores del CBR del afirmado del Jr. Cesar Vallejo* 68

Figura 16 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-01)* 69

Figura 17 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-02)* 69

Figura 18 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-03)* 70

Figura 19 *Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui* 70

Figura 20 *Valores del CBR de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui* 72

Figura 21 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-01)* 73

Figura 22 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-02)* 73

Figura 23 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-03)* 74

Figura 24 *Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui* 74

Figura 25 *Valores del CBR del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui* 76

Figura 26 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con 3% CEV* 77

Figura 27 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con 6% CEV* 77

Figura 28 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con 12% CEV* 78

Figura 29 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con CEV del Jr. Cesar Vallejo* 78

Figura 30 *Valores del CBR de la subrasante con CEV Jr. Cesar Vallejo* 80

Figura 31 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con 3% CEV* 81

Figura 32 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con 6% CEV* 81

Figura 33 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con 12% CEV* 82

Figura 34 *Densidad y humedad óptima de la subrasante con CEV del Jr. Carlos Mariátegui* 82

Figura 35 *Valores del CBR de la subrasante con CEV Jr. Carlos Mariátegui* 84

RESUMEN

El estudio titulado "Efecto de la aplicación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro 2025", tuvo como objetivo evaluar la influencia de la incorporación de ceniza volante en la capacidad de soporte de la subrasante y en el espesor del afirmado de las vías no pavimentadas. Se utilizó un diseño experimental con enfoque cuantitativo, nivel explicativo y tipo aplicado. Los resultados mostraron que el CBR al 95% de la MDS de la subrasante fue de 7.45% en el Jr. César Vallejo y 8.59% en el Jr. Carlos Mariátegui. El CBR al 100% del afirmado fue de 33.13% en el Jr. César Vallejo y 35.45% en el Jr. Carlos Mariátegui, indicando que el afirmado no cumple con el mínimo del 40% requerido por el MTC. La incorporación de ceniza volante en proporciones de 3%, 6% y 12% incrementó significativamente el CBR de la subrasante. En el Jr. César Vallejo, el CBR al 95% aumentó de 7.45% a 17.01%, y en el Jr. Carlos Mariátegui de 8.59% a 18.42%. Finalmente, la estabilización de la subrasante redujo el espesor del afirmado en ambas vías. En el Jr. César Vallejo, el espesor pasó de 26 cm a 15 cm, y en el Jr. Carlos Mariátegui de 25 cm a 15 cm. Este resultado evidencia que la estabilización de la subrasante con ceniza volante optimiza los recursos y reduce significativamente el espesor necesario del afirmado, contribuyendo a la eficiencia y sostenibilidad en la construcción de vías.

Palabras Clave: Ceniza volante, Capacidad de soporte, Subrasante, Espesor de afirmado.

ABSTRACT

The research entitled "Effect of fly ash application on subgrade bearing capacity and its effect on the thickness of unpaved road bases in the province of Azángaro 2025" aimed to evaluate the influence of fly ash incorporation on subgrade bearing capacity and the thickness of unpaved road bases. An experimental design with a quantitative approach, explanatory level, and applied type was used. The results showed that the CBR at 95% of the subgrade MDS was 7.45% on Jr. César Vallejo and 8.59% on Jr. Carlos Mariátegui. The CBR at 100% of the subgrade was 33.13% in Jr. César Vallejo and 35.45% in Jr. Carlos Mariátegui, indicating that the subgrade does not meet the minimum of 40% required by the MTC. The incorporation of fly ash in proportions of 3%, 6%, and 12% significantly increased the CBR of the subgrade. On Jr. César Vallejo, the CBR at 95% increased from 7.45% to 17.01%, and on Jr. Carlos Mariátegui from 8.59% to 18.42%. Finally, the stabilization of the subgrade reduced the thickness of the pavement on both roads. On Jr. César Vallejo, the thickness went from 26 cm to 15 cm, and on Jr. Carlos Mariátegui from 25 cm to 15 cm. This result shows that stabilizing the subgrade with fly ash optimizes resources and significantly reduces the necessary thickness of the pavement, contributing to efficiency and sustainability in road construction.

Keywords: Fly ash, bearing capacity, subgrade, pavement thickness.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el desarrollo de infraestructuras viales sostenibles y de bajo costo constituye uno de los principales retos en zonas rurales del Perú, especialmente en regiones altoandinas como la provincia de Azángaro, ubicada en el departamento de Puno. La red vial no pavimentada de esta provincia cumple un papel fundamental en la conectividad entre comunidades y centros de producción, sin embargo, presenta deficiencias estructurales debido a las condiciones geotécnicas del terreno y a la limitada capacidad portante de sus subrasantes.

Ante esta problemática, la inclusión de materiales alternativos, entre ellos la ceniza volante un subproducto de la combustión del carbón en plantas termoeléctricas ha despertado interés en el campo de la ingeniería civil por sus propiedades estabilizadoras y su potencial para mejorar el comportamiento mecánico de suelos de baja calidad. Diversos estudios han demostrado que la incorporación de ceniza volante en suelos naturales puede incrementar significativamente su capacidad de soporte, representada por el CBR (California Bearing Ratio), lo cual influye directamente en la reducción del espesor necesario de capas superiores, como el afirmado, en estructuras de pavimento no asfaltado.

Esta investigación busca principalmente evaluar el efecto de la inclusión de cenizas volantes sobre la capacidad relativa de soporte de la subrasante en la provincia de Azángaro, así como analizar su incidencia en el establecimiento del espesor de afirmado requerido para vías no pavimentadas. A través de ensayos de laboratorio y métodos de diseño vial, se busca establecer una solución práctica y económicamente accesible para la mejora de caminos rurales, contribuyendo así al desarrollo sostenible y a la mejora de la calidad de vida de las poblaciones beneficiadas.

El estudio se realiza tomando como caso de análisis la provincia de Azángaro en el año 2025, donde se seleccionan suelos típicos representativos de la zona para ser

estabilizados con distintos porcentajes de ceniza volante, permitiendo así establecer una correlación técnica entre la mejora del CBR y la reducción del espesor estructural del afirmado.

Este trabajo tiene como propósito principal generar conocimiento técnico aplicado que sirva como base para futuras intervenciones viales en zonas con condiciones similares, proponiendo una solución innovadora.

La presente tesis se estructura en IV capítulos que desarrollan los componentes esenciales de la investigación de manera coherente y progresiva. El Capítulo I aborda la problemática de baja capacidad de soporte de subrasantes en vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro, plantea la justificación, las preguntas científicas, los objetivos generales y específicos, las hipótesis y las variables de la investigación. En el Capítulo II se encuentra el marco teórico, donde se analizan los antecedentes y se definen conceptos teóricos sobre estabilización de suelos, características de la ceniza volante y su uso en ingeniería vial. En el Capítulo III se aborda la metodología, el tipo y nivel de investigación, los procedimientos de muestreo, ensayos de laboratorio y técnicas de análisis para determinar el CBR y el espesor estructural del afirmado. Finalmente, el Capítulo IV muestra los resultados experimentales alcanzados, analiza el comportamiento del suelo estabilizado con ceniza volante, las mejoras obtenidas en relación al suelo natural y las implicaciones técnicas y económicas, para finalizar con unas directrices para futuras implementaciones en vías rurales.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel mundial muchos países luchan por conservar y mejorar sus vías no pavimentadas, vitales para el acceso de las comunidades rurales. En áreas donde el suelo es poco portante, las condiciones climáticas extremas y el paso reiterado aceleran su deterioro, interrumpiendo el transporte de bienes, servicios y personas. Ante esta situación se han desarrollado tecnologías de estabilización de suelos utilizando materiales de diseño como la ceniza volante, con buenos resultados en países como India, Sudáfrica y Estados Unidos, mejorando la resistencia del suelo y disminuyendo los costos de mantenimiento vial y fomentando prácticas amigables con el ambiente (Jimenez, 2024).

En el contexto nacional, el Perú presenta una amplia red de caminos rurales no pavimentados, especialmente en la sierra y selva, que constituyen cerca del 70% de la infraestructura vial total. Estas vías, al carecer de un diseño estructural adecuado y construirse sobre suelos con baja capacidad de soporte, sufren un deterioro acelerado, particularmente en épocas de lluvia. La falta de inversión en tecnologías de estabilización y el limitado aprovechamiento de residuos industriales como la ceniza volante representan una oportunidad desaprovechada para mejorar la eficiencia y sostenibilidad de las soluciones viales en zonas rurales. Aunque existen normas técnicas como el Manual de

Carreteras del MTC, su aplicación efectiva en zonas altoandinas sigue siendo limitada por factores económicos y técnicos (Flores, 2024).

A nivel local, la provincia de Azángaro, en el departamento de Puno, se caracteriza por su geografía accidentada, clima riguroso y suelos predominantemente arcillosos con baja capacidad de soporte. Las vías no pavimentadas en esta región son la principal forma de conexión entre centros poblados, mercados y servicios básicos. Sin embargo, presentan serias deficiencias estructurales debido a la mala calidad del suelo de subrasante, lo cual se traduce en caminos con deformaciones, encharcamientos y alta frecuencia de mantenimiento. El bienestar de la población se ve afectado de manera directa por esta situación y limita el desarrollo económico local. Ante ello, el uso de ceniza volante como material estabilizante surge como una alternativa técnica y ambientalmente viable, que podría mejorar las condiciones estructurales de estas vías y optimizar el diseño del afirmado, reduciendo su espesor sin comprometer su desempeño.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro 2025?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es la capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro?
2. ¿Cuál es el impacto de la incorporación de ceniza volante en porcentajes controlados sobre la capacidad de soporte de la subrasante en las vías de la provincia de Azángaro?

3. ¿Cuál es el espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante, considerando los ejes equivalentes actuales en las vías de la provincia de Azángaro?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías en la provincia de Azángaro 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar la capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro.
2. Evaluar el impacto de la incorporación de ceniza volante en porcentajes controlados sobre la capacidad de soporte de la subrasante en las vías de la provincia de Azángaro.
3. Establecer el espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante, considerando los ejes equivalentes actuales en las vías de la provincia de Azángaro.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

El uso de ceniza volante como aditivo estabilizante en suelos representa una solución técnica viable para mejorar la capacidad de soporte de subrasantes en vías no pavimentadas. Esta tesis busca evaluar de forma científica el impacto de su aplicación en suelos de baja calidad presentes en la provincia de Azángaro, utilizando el ensayo CBR

como herramienta de medición. Desde el punto de vista ingenieril, esto permite optimizar el diseño estructural de las vías al determinar el espesor adecuado del afirmado según las nuevas propiedades mecánicas del suelo tratado, cumpliendo con normativas vigentes como el MTC y mejorando la eficiencia estructural de las vías rurales.

1.4.2 Justificación económica

La estabilización de suelos con ceniza volante puede ser una alternativa económica en comparación con otros métodos convencionales (cal o cemento). Esta investigación puede estimar el ahorro que se puede lograr en la reducción del espesor del afirmado, menor uso de material de cantera y menores costos de mantenimiento a futuro. Además, se fomenta la utilización de un diseño industrial que normalmente no es aprovechado, disminuyendo los costos de disposición final y creando valor agregado en proyectos viales de bajo costo.

1.4.3 Justificación social

Las vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro constituyen un eje fundamental para el desarrollo social, permitiendo el acceso a servicios básicos, mercados y centros educativos. Mejorar su estructura mediante técnicas eficientes y sostenibles garantiza mayor conectividad, reduce el aislamiento de comunidades rurales y mejora la calidad de vida de sus habitantes. Esta tesis, al proponer una solución técnica accesible, busca beneficiar de manera directa a la población, especialmente en zonas rurales donde el mal estado de los caminos es una limitante para el desarrollo humano.

1.4.4 Justificación ambiental

El uso de ceniza volante en la estabilización de suelos promueve una gestión más sostenible de los residuos industriales, reduciendo la cantidad de material que debe ser dispuesto en rellenos o vertederos. Al sustituir parcialmente materiales vírgenes en la construcción vial, se disminuye la extracción de recursos naturales, la huella de gases

contaminantes y el deterioro ambiental asociado al transporte y procesamiento de agregados. Esta tesis contribuye al enfoque de economía circular, integrando prácticas ambientalmente responsables en el ámbito de la ingeniería vial.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

La influencia de la incorporación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías en la provincia de Azángaro 2025, será positiva.

1.5.2 Hipótesis específicas

1. La capacidad relativa de soporte CBR del suelo de subrasante y el afirmado existente en vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro, estará por debajo de las especificaciones mínimas de calidad, requiriendo estabilización.
2. La influencia de la adición de ceniza volante en porcentajes controlados será positiva ya que mejorará la capacidad relativa de soporte de la subrasante en vías en la provincia de Azángaro.
3. El espesor del afirmado resultante mediante estabilización de subrasante y la consideración de los ejes equivalentes actuales en vías en la provincia de Azángaro, estará por debajo 15 cm que es lo recomendado.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

- Ceniza volante.
  - Inclusión del 3%, 6% y 12%.

1.6.2 Variable dependiente

- Capacidad de soporte de la subrasante.
  - MDS
  - OCH
  - CBR.

- Espesor de Afirmado

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definiciones	Dimensiones	Indicadores	Valor final	Instrumentos	Tipo
V.I.: Ceniza volante	Las cenizas volantes son un residuo finamente dividido resultante de la combustión, transportado por los gases de escape.	Proporciones de inclusión.	Inclusión del 3%, 6% y 12%.	3% - 12%	Balanza	Numérica: Continua
V.D.:						
Capacidad de soporte de la subrasante.	Medida de la resistencia de la subrasante al esfuerzo de carga.	Capacidad de soporte.	MDS OCH CBR.	Gr/cm3 % %	Equipos y herramientas del laboratorio. Cinta métrica.	Numérica: Continua
Espesor de Afirmado.	Medida del espesor necesario para cubrir la subrasante y distribuir la carga.	Optimización de espesor	Espesor	Cm		Numérica: Continua

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Melese et al. (2024) en su trabajo titulado "Mejoramiento del suelo de subrasante arcilloso expansivo mediante cenizas volantes de residuos sólidos urbanos: enfoque experimental y numérico", se enfoca en suelos expansivos, los cuales han ocasionado daños significativos en estructuras ligeras debido a su capacidad de expansión y contracción como respuesta a variaciones en el contenido de humedad. En este contexto, la investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de las cenizas volantes provenientes de residuos sobre las características ingenieriles de estos suelos, específicamente cuando se utilizan como subrasante, y su influencia en la alteración de la conformación del pavimento. Como parte de la metodología de estabilización, se incorporaron cenizas en proporciones variables (5%, 10%, 15%, 20%, 25% y 30% respecto al peso seco del suelo). Según la clasificación AASHTO, el suelo original se catalogó como tipo A-7, presentando un alto potencial de expansión libre, un bajo valor de CBR empapado y un elevado hinchamiento bajo esta misma condición, lo que lo excluye como material adecuado para subrasante conforme al Manual de Especificaciones Técnicas del ERA. Los resultados de los ensayos mostraron mejoras sustanciales en las propiedades del suelo estabilizado. El

límite líquido disminuyó de 95,59 % a 57,99 %, y el índice de plasticidad se redujo de 58,41 a 27,94 %, conforme se incrementó la proporción de cenizas volantes hasta el 30 %. Asimismo, el valor de CBR empapado se elevó de 1,07 % a 6,96 %, mientras que el hinchamiento bajo esta condición se redujo de 5,69 % a 1,33 % con la adición de hasta un 25 % de cenizas volantes. No obstante, al superar este porcentaje, se observó una inversión en la tendencia: el hinchamiento volvió a incrementarse y el CBR disminuyó. En general, la estabilización de suelos expansivos con cenizas volantes de RSU resultó en mejoras significativas en sus propiedades mecánicas, así como en el desempeño estructural del pavimento. Por lo tanto, se concluye que el uso de este aditivo en proporciones óptimas permite emplear el suelo tratado como material de subrasante en la construcción de carreteras, cumpliendo con los requerimientos establecidos por la normativa correspondiente.

Según Liu et al. (2024) en su investigación denominada "Evaluación de cenizas volantes para estabilizar subrasantes arcillosas expansivas", evaluó por primera vez la viabilidad del uso de ceniza volante (BCFA) para estabilizar suelos de subrasante compuestos por arcilla expansiva, los cuales representan un desafío técnico en la construcción de pavimentos debido a su alta sensibilidad al contenido de humedad. Los resultados indicaron que la adición de BCFA potenció considerablemente las características de resistencia del suelo suelo tratado, como el incremento de la resistencia no confinada (UCS), el MR, el CBR empapado, y la cohesión, mientras que redujo la deformación por contracción e hinchamiento. En particular, se identificó que una proporción del 3% de BCFA representaba el contenido óptimo, logrando un módulo resiliente de 82,52 MPa y un CBR empapado de 3,41 %. Estas mejoras fueron atribuidas a múltiples mecanismos: reacciones puzolánicas, intercambio catiónico, el comportamiento no plástico del BCFA, su efecto de relleno de vacíos y la disminución de la succión del suelo por el menor contenido de agua retenida. Estos hallazgos respaldan el uso técnico de ceniza volante de baja calidad como material estabilizante eficaz en contextos donde se requiere

mejorar suelos con baja capacidad portante. Este estudio constituye un importante precedente internacional que refuerza la pertinencia de evaluar, el efecto de la ceniza volante en subrasantes de características similares, y su influencia sobre el diseño estructural del afirmado en vías no pavimentadas.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Carrasco (2025) en su estudio "Efecto en el comportamiento mecánico del suelo de fundación del corredor vial Nueva Esperanza - Echarati - Cusco estabilizado con ceniza volante de palma aceitera, valorado a través de la metodología MCT", tiene como objetivo evaluar la contribución de la Ceniza volantes en el comportamiento mecánico de suelos arcillosos, utilizando la metodología MCT. Para clasificar los suelos según la metodología del MTC, se llevaron a cabo ensayos de compactación Mini-MCV y de pérdida de masa por inmersión. Además, para evaluar las propiedades mecánicas en condiciones sumergidas y bajo sobrecarga, se realizaron los ensayos de compactación Proctor, CBR y de expansión. El análisis de las muestras indicó que los suelos estudiados son no lateríticos y, por lo tanto, no son aptos para ser utilizados como capa vial. De las calicatas tomadas de los bancos representativos, se seleccionaron las muestras C-2 y C-6 para desarrollar el procedimiento de dosificación de CPA en porcentajes de 7.5%, 10%, 12.5% y 15%, respecto al peso del suelo seco. Los resultados mostraron que la dosificación de 15% de CPA acrecentó la capacidad de soporte Mini-CBR en condiciones sumergidas en más del 100% y redujo la expansión del suelo en más del 80%, en comparación con los valores del suelo natural. En conclusión, la combinación de 85% de suelo y 15% de CPA se presenta como la proporción óptima para garantizar tanto una mayor capacidad de soporte como un adecuado control volumétrico, logrando así la estabilización de los suelos para su uso en obras viales.

Según Salazar (2024) en su estudio "Implementación de cenizas de carbón para mejorar la estabilización de la subrasante en el tramo Km 30+000-Km 31+000 de la

carretera Luya Ocumal, Amazonas", el objetivo principal de la presente investigación fue evaluar el uso de cenizas de carbón como un material estabilizante para mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante en el tramo correspondiente. Para llevar a cabo este estudio, se realizaron ensayos de suelos en la subrasante mediante la ejecución de calicatas, de las cuales se obtuvieron muestras tanto alteradas como inalteradas. Las muestras fueron tomadas del terreno natural y luego se les incorporaron cenizas de carbón en diferentes porcentajes de adición, específicamente 15%, 20% y 25%, con el fin de evaluar el impacto de estas proporciones en la mejora de las características del suelo. Los datos obtenidos de los ensayos fueron registrados utilizando formatos estandarizados, lo que permitió una recopilación organizada y sistemática de la información. Posteriormente, los datos fueron procesados y analizados mediante gráficas de barras, las cuales facilitaron la visualización comparativa de los resultados. Para el análisis estadístico de los datos, se aplicó el método de Tukey, que permitió identificar las diferencias significativas en los valores del CBR en función de los porcentajes de ceniza de carbón aplicados. Los resultados revelaron que el valor medio del CBR al 95% en el estado natural de la subrasante fue de 6.350%, mientras que al adicionar un 20.0% de ceniza, el promedio aumentó considerablemente a 19.550%. Sin embargo, al incorporar un 25% de ceniza de carbón, el promedio del CBR disminuyó a 13.55%. Estos resultados sugieren que la adición de 20% de ceniza es la dosificación más eficaz para mejorar las características de la subrasante, ya que permite un fortalecimiento sustancial de la capacidad estructural del suelo. Con base en estos hallazgos, se concluye que la mezcla más eficaz para asegurar la estabilidad de la subrasante en el tramo estudiado es 20% de ceniza, ya que ofrece el mayor incremento en el valor del CBR sin comprometer la calidad de la mezcla.

Según Diaz (2024)en su estudio denominado "Influencia del porcentaje de ceniza de carbón en la estabilización de la subrasante en la carretera Chachapoyas - Huancas, Amazonas, 2024", el objetivo de esta investigación es analizar el impacto del porcentaje de ceniza de carbón en la estabilización de la subrasante de la carretera Chachapoyas-

Huancas, ubicada en el departamento de Amazonas, Perú. Para llevar a cabo este estudio, con enfoque aplicado y diseño experimental cuasi-experimental, se utilizó la técnica de revisión documental para la recolección de datos. Este proceso incluyó la consulta de artículos y estudios científicos relevantes, así como la observación a través de estudios de suelos, que proporcionaron información crucial sobre la granulometría, los límites de Atterberg, el ensayo de Proctor modificado y el índice CBR. En el desarrollo de este estudio, se realizaron 20 calicatas, en las cuales se efectuaron los ensayos de suelos. De estas 20 calicatas, solo en 5 se realizaron los ensayos de Proctor y CBR. Los resultados obtenidos de estas 5 calicatas mostraron que en 2 de ellas los valores de CBR estaban por debajo de los valores recomendados por la normativa del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). Estas dos calicatas fueron sometidas a un proceso de estabilización mediante la adición de ceniza de carbón, utilizando tres combinaciones de porcentaje: 15%, 20% y 25%. Los resultados revelaron que al añadir ceniza de carbón al suelo en su estado natural, la capacidad portante del suelo mejoró significativamente, siendo más efectiva la estabilización con un 25% de ceniza. En cuanto al diseño del pavimento, se utilizó la metodología AASHTO93, que resultó en una recomendación para la construcción de una carpeta de 8cm, una base de 15 cm y una subbase de 20 cm.

2.1.3 Antecedentes locales

Según Hancco (2024) en su investigación titulada " Valoración del espesor de afirmado mediante el reforzamiento de la capacidad de soporte de la subrasante mediante concreto reciclado triturado en la carretera Capachica – Ccotos 2024", con el objetivo de evaluar el espesor del pavimento mediante la aplicación de hormigón reciclado triturado (CRT) para mejorar la capacidad portante de la subbase. El estudio utilizó una metodología de investigación aplicada caracterizada por un enfoque cuantitativo, un diseño experimental y niveles tanto descriptivos como explicativos, siguiendo el método científico. Según los valores más comunes en el área de estudio, la capacidad de carga de la carretera Capachica-Ccotos fue la siguiente: el CBR de la alcantarilla número uno fue del

4,60 % al 95 %. En las pruebas de laboratorio con muestras que contenían hormigón reciclado triturado (CRC), el CBR medio aumentó un 33 %, un 154 % y un 173 % para concentraciones de CRC del 5 %, el 10 % y el 15 %, respectivamente. Estos resultados muestran que el CRT hace que el suelo sea más resistente y cohesivo, lo que le permite soportar mejor el peso y le da una base más estable y sólida. El CRT no solo ayuda al medio ambiente al reutilizar materiales de desecho, sino que también hace que la construcción de carreteras sea más rentable y estructuralmente sólida. Se descubrió que el mejor espesor para la capa base es de 13,25 cm, calculando el mejor valor CBR. Este espesor garantiza que la subbase, estabilizada con hormigón reciclado triturado, pueda soportar sin problemas las cargas que se le aplican. Esto mantiene el pavimento estable y duradero.

Según Juchani (2023) su investigación titulada "Influencia de la ceniza de fondo para la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasantes", tiene como objetivo principal determinar la influencia de la Ceniza de Fondo en la estabilización de suelos arcillosos, específicamente en su aplicación a nivel de subrasante. Para ello, se adoptó una metodología cuasi experimental con un enfoque cuantitativo y comparativo, con el fin de evaluar cómo la adición de este material afecta las propiedades mecánicas del suelo. Posteriormente, se prepararon mezclas de suelo estabilizado con ceniza de fondo, utilizando diferentes porcentajes de adición: 10%, 15% y 20%. Los comportamientos de los límites de Atterberg, Proctor y CBR de estas mezclas fueron analizados, y con los resultados obtenidos, se realizó el diseño de pavimento utilizando la metodología MTC 2014, tanto para el suelo natural como para las mezclas estabilizadas. Los resultados indicaron que el suelo de la subrasante es de tipo CL (arcilla ligera), y se observó que los límites de Atterberg disminuyen de manera proporcional al porcentaje de ceniza de fondo añadido. La densidad seca no experimentó variaciones significativas con la adición de la ceniza, mientras que el CBR aumentó considerablemente a medida que se incrementó el porcentaje de ceniza de fondo. El diseño de pavimento reveló un espesor mínimo de

21.58cm para el pavimento estabilizado con 20% de ceniza de fondo. Con base en estos resultados, se concluyó que las cenizas de fondo mejora sustancialmente el CBR de los suelos arcillosos tipo CL, estabilizando y mejorando las propiedades mecánicas del suelo. Se recomienda la adición de 10.0%, 15.0% y 20.0% de ceniza de fondo como estabilizante para el uso de estos suelos en la subrasante de vías, optimizando su capacidad portante y adaptabilidad para el diseño de pavimentos.

Además Maquera y Aquino (2021) en su investigación titulada "Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno – 2021", tuvo como objetivo principal determinar el impacto de la adición de cal y ceniza volante en la estabilidad de suelos arcillosos, específicamente en caminos vecinales. El enfoque de la investigación fue cuantitativo y de tipo aplicada, utilizando un diseño cuasi-experimental, con el fin de analizar de manera detallada cómo la combinación de cal y ceniza volante influye en las características del suelo. En cuanto a los resultados obtenidos, se observaron diferencias notables entre el suelo natural y las muestras modificadas con cal y ceniza volante. El suelo natural presentó una resistencia al corte no confinado de 1.85Kg/cm², una (DMS) de 18.55kN/m³, y un CBR al 100% de MDS de 28%. Además, su límite de contracción fue de 29%, con una humedad óptima de 11.55% y un IP de 15.56%. En contraste, al aplicar la dosificación 5% de cal (C) y 16% de cenizas volantes (CV), se obtuvieron resultados significativamente mejorados: la resistencia al corte no confinado aumentó a 9.11Kg/cm², la DMS ascendió a 19.30 kN/m³, y el CBR al 100% de MDS alcanzó un 87%, lo que indica una mejora considerable en la capacidad de carga del suelo. Adicionalmente, el límite de contracción se redujo al 8%, la humedad óptima aumentó a 14.90%, y el índice plástico disminuyó a 5.14%. Estos resultados demuestran que la combinación de cal y ceniza volante mejora significativamente las propiedades del suelo arcilloso, especialmente en lo que respecta a la capacidad de carga, compactación y reducción de la plasticidad, lo que favorece su utilización en la construcción de afirmados. En conclusión, se establece que la mejor

dosificación de 5% de cal y 16% de ceniza volante es la que presenta los mejores resultados para mejorar las características del suelo, lo que confirma su efectividad en la estabilización de suelos para caminos vecinales.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Afirmado

La capa de afirmado constituye una estructura fundamental dentro de las vías no pavimentadas, ya que está formada por una mezcla cuidadosamente compactada de materiales con características específicas. Esta mezcla integra tres tipos de componentes principales: fragmentos de roca (materiales pétreos), partículas con tamaño de grano medio (arena) y un porcentaje menor de materiales más finos, comúnmente de naturaleza arcillosa. El comportamiento estructural y funcional de esta capa depende de la proporción adecuada y la mezcla de estos materiales, ya que cada uno le confiere características específicas para la resistencia, estabilidad y durabilidad del afirmado. Una sobreabundancia o carencia de cualquiera de ellos puede alterar su compactación, drenaje o capacidad de soporte y, por lo tanto, el desempeño del camino ante el tráfico y el clima (Pantigozo, 2023).

En el ámbito de la ingeniería vial, el término afirmado hace referencia a una capa estructural elaborada a partir de materiales naturales, seleccionados cuidadosamente y sometidos a procesos de tratamiento o acondicionamiento según requerimientos técnicos específicos. Esta capa se ubica directamente sobre la subrasante, cumpliendo un rol esencial como superficie de rodamiento provisional y, al mismo tiempo, proporcionando soporte estructural al tránsito vehicular, especialmente en carreteras que aún no han sido pavimentadas (Conde, 2022).

Figura 1

Afirmado



Nota. Tomada de (Conde, 2022).

La composición del afirmado depende en gran medida de los recursos disponibles en la región donde se ejecuta la obra. Es común que los materiales provengan de fuentes naturales locales, como canteras de cerros o lechos de ríos. Su selección y granulometría varían de acuerdo con la función que desempeñará en la estructura del camino, ya sea como capa superficial expuesta al tránsito o como capa inferior que actúa como base estructural o colchón filtrante. Estas diferencias determinan aspectos clave como el tamaño máximo de los agregados y el contenido necesario de materiales finos o arcillosos (Astete, 2024).

2.2.1.1 Tipos de afirmado

- **Afirmado tipo 1**

El afirmado tipo 1 está compuesto por materiales sueltos originados por la fragmentación de rocas debido a procesos naturales de erosión, los cuales han sido seleccionados cuidadosamente mediante técnicas de cribado para asegurar su idoneidad. Este tipo de afirmado se distingue por utilizar materiales con un índice de plasticidad

controlado, que en condiciones estándar no debe superar un valor de 9. Esta característica es fundamental para mantener la estabilidad y la resistencia de la superficie, especialmente en vías que no soportan un volumen elevado de tráfico (Flores, 2024).

Su uso está específicamente recomendado para caminos de bajo tránsito vehicular, como los clasificados en las categorías T0 y T1. En estas rutas, el (IMD) previsto no supera los 50 vehículos por día. Para su aplicación, el grosor de la capa de rodadura se define conforme a las especificaciones técnicas del manual de diseño dirigido a carreteras no pavimentadas con baja carga vehicular, el cual establece los criterios de diseño y ejecución que deben seguirse para garantizar un desempeño adecuado bajo estas condiciones operativas (Reyna, 2024).

Existen casos excepcionales en los que se permite una ligera flexibilización del parámetro del índice de plasticidad, pudiendo admitirse hasta un valor de 12. Sin embargo, esta modificación solo puede autorizarse si está debidamente sustentada mediante un análisis técnico detallado, que demuestre su viabilidad sin comprometer la funcionalidad del camino (Ccallo, 2022).

La elección y aplicación adecuada del afirmado tipo 1 resulta esencial para asegurar la calidad y la vida útil de las vías rurales o de bajo tráfico. Esta decisión debe tomar en cuenta las condiciones geotécnicas y climáticas específicas de la zona de intervención, así como las necesidades particulares del proyecto vial, con el fin de lograr una infraestructura estable, segura y sostenible en el tiempo (Guerrero y Vergara, 2021).

- **Afirmado tipo 2**

El afirmado tipo 2 se compone de agregados naturales o gravas controladas, las cuales son sometidas a un proceso de cribado para garantizar una granulometría adecuada y eliminar partículas que no cumplan con las especificaciones técnicas. Una de las características principales de este tipo de material es su bajo índice de plasticidad, que en condiciones normales no debe ser superior a 9. Esta propiedad es fundamental para

garantizar la estabilidad y durabilidad de la superficie, especialmente en caminos que, aunque no soportan tráfico pesado, son utilizados con regularidad (Mendoza, 2024).

Este tipo de afirmado está diseñado para aplicarse en caminos rurales o terciarios clasificados como T2, cuyo tránsito diario proyectado (IMD) se encuentre entre 51 y 100 vehículos/día. Estas vías, aunque no están expuestas a un tráfico pesado, necesitan de una estructura que soporte el paso continuo de automóviles ligeros y vehículos medianos sin deteriorarse rápidamente. (Angeles y Chacon, 2021).

En ciertos casos o bajo ciertas condiciones de suelo y clima se puede permitir una pequeña relajación en los límites del índice de plasticidad. En estos casos se podrá aumentar este valor hasta 12, siempre y cuando este cambio esté justificado con un estudio técnico detallado que asegure que el comportamiento estructural del afirmado no se verá afectado (Ticlla, 2021).

La elección adecuada de este tipo de afirmado y su correcta ejecución en obra son determinantes para garantizar la durabilidad y serviciabilidad de la vía, en especial en áreas de tránsito moderado. Usar afirmado tipo 2, de acuerdo a especificaciones técnicas, no solo mejora la calidad estructural del camino, sino que extiende su vida útil y disminuye los costos de mantenimiento a futuro, convirtiéndose en una solución sostenible para la infraestructura vial en zonas rurales o periurbanas (Ticlla, 2021).

- **Afirmado tipo 3**

El afirmado tipo 3 está conformado por agregados naturales, tales como gravas clasificadas por medio de cribado para lograr una granulometría uniforme, la cual es apropiada para capas estructurales de caminos. Una de las características que deben cumplir estos materiales es que su índice de plasticidad sea menor o igual a 9, garantizando su estabilidad y resistencia bajo carga vehicular (Lonazco, 2022).

Este afirmado está pensado para utilizarse en vías catalogadas como T3, es decir, vías de tráfico moderado. En estas vías el IMD estimado oscila entre 101 y 200 vehículos/día en 24 horas, lo que ya supone una exigencia estructural superior a las

categorías de menor tránsito, pero sin llegar a los extremos de las vías de alta carga (Reyna, 2024).

En casos singulares en que las condiciones del suelo o la disponibilidad de materiales lo justifiquen, se puede permitir un índice de plasticidad ligeramente superior, hasta un máximo de 12. Sin embargo, este ajuste no puede realizarse de manera arbitraria. Para ello se requiere de una evaluación técnica que respalde su factibilidad y que asegure que la modificación no alterará el comportamiento y la vida útil de la capa de afirmado (Mendoza, 2024).

La elección y ejecución adecuadas del afirmado tipo 3 son determinantes para la funcionalidad y durabilidad de carreteras de tránsito medio. Usar correctamente este tipo de capa estructural ayuda a mejorar la resistencia al desgaste, el confort al rodamiento y disminuir las intervenciones de mantenimiento, siendo una solución para la infraestructura vial en entornos rurales y urbanos con alto flujo vehicular, pero aún manejable (Bejar y Pacheco, 2019).

2.2.1.2 Composición óptima del afirmado

El desempeño funcional del afirmado está estrechamente vinculado a la proporción adecuada entre tres componentes esenciales: partículas gruesas (piedra), arena y materiales finos (como arcillas o limos). La interacción entre estos elementos determina la calidad y estabilidad de la mezcla. Una distribución desequilibrada entre ellos puede resultar en una capa inestable, propensa al deterioro prematuro (Mendoza, 2024).

- La piedra o agregado grueso tiene la función de resistir las cargas aplicadas por el tránsito, actuando como el esqueleto estructural de la capa.
- La arena, preferiblemente bien graduada, cumple la misión de llenar los espacios entre las partículas de mayor tamaño, incrementando la densidad del afirmado y su capacidad para distribuir esfuerzos.

- Los finos, que incluyen materiales arcillosos de cierta plasticidad, son indispensables para cohesionar los agregados. Actúan como un agente aglutinante natural que mantiene unidas las partículas, brindando cohesión a la mezcla.

Una combinación deficiente entre estos tres componentes puede generar problemas como el desprendimiento de material, formación de baches o pérdida de volumen durante las lluvias, afectando negativamente la transitabilidad y durabilidad de la vía (Mendoza, 2024).

2.2.1.3 Aplicaciones del afirmado

El afirmado puede cumplir dos funciones principales dentro de una estructura vial:

- Superficie de rodadura: En vías de tierra, el afirmado sirve como capa final sobre la cual circulan directamente los vehículos. Para este uso, es fundamental que la mezcla contenga una proporción controlada pero suficiente de materiales finos plásticos, los cuales aseguran la cohesión y estabilidad superficial. En ausencia de estos elementos, el afirmado pierde su integridad con facilidad, volviéndose suelto e inestable, especialmente bajo condiciones climáticas variables o tránsito repetitivo.
- Capa inferior o colchón anticontaminante: Cuando el afirmado se utiliza como base en una estructura de pavimento o como filtro para impedir la contaminación entre capas, la mezcla debe presentar un mayor tamaño máximo de los agregados y un contenido muy reducido de finos. Esto se debe a que, en estas capas inferiores, la prioridad es garantizar una alta resistencia mecánica y facilitar el drenaje del agua, evitando así problemas de humedad que puedan comprometer el desempeño del pavimento superior (Pacheco, 2024)

El afirmado es mucho más que una simple mezcla de materiales sueltos; es una capa funcionalmente crítica en la construcción y mantenimiento de caminos rurales o no pavimentados. Su correcto diseño, selección de materiales y aplicación permiten que cumpla su función estructural y operativa de forma eficiente, ofreciendo estabilidad, resistencia y durabilidad a bajo costo. El éxito de su desempeño está directamente

relacionado con el equilibrio granulométrico entre piedra, arena y finos, así como con su adecuada compactación y mantenimiento (Chalco, 2022).

2.2.1.4 Determinación del espesor del afirmado

El diseño estructural de pavimentos que utilizan exclusivamente afirmado como capa de rodadura requiere una metodología específica que asegure su capacidad para soportar las cargas del tránsito proyectado. El afirmado, entendido como una mezcla de materiales granulares naturales o tratados, actúa como la superficie directa de contacto con los vehículos y debe estar correctamente dimensionado para garantizar resistencia, durabilidad y un comportamiento adecuado ante las condiciones de operación (Gonzales, 2024).

Este enfoque de diseño se fundamenta en la comprensión integral de tres factores principales:

- La calidad del suelo de la subrasante, usualmente expresada mediante su valor CBR (California Bearing Ratio).
- El volumen de tránsito pesado acumulado durante el período de diseño, representado como número de repeticiones de ejes equivalentes (EE).
- Las características mecánicas de los materiales granulares que componen la capa de afirmado, que deben ser conformes con criterios técnicos establecidos en las especificaciones normativas vigentes para la construcción de carreteras.

Adicionalmente, pueden intervenir técnicas de mejoramiento o estabilización de la subrasante, así como tratamientos aplicados al afirmado (por ejemplo, para el control de polvo), que influyen en su rendimiento y en la necesidad de modificar el espesor (Jara, 2024)

Para estimar el espesor adecuado de la capa de afirmado, se adopta una expresión empírica ampliamente reconocida a nivel internacional, originalmente formulada por la (NASSRA), hoy conocida como AUSTROADS. Esta ecuación permite relacionar el valor CBR de la subrasante con la intensidad del tránsito expresada en repeticiones de ejes

equivalentes (Nrep), generando así una base técnica sólida para definir el espesor estructural necesario (Jara, 2024).

La fórmula se expresa de la siguiente manera:

$$e = [219 - 211x(Log_{10}CBR) + 58x(log_{10}CBR)^2]xLog_{10}(\frac{Nrep}{120})$$

Donde:

e : Espesor de la capa de afirmado, expresado en milímetros (mm).

CBR : Índice de capacidad de soporte del suelo de la subrasante (%).

$Nrep$: Número total de repeticiones de ejes equivalentes que circularán por el carril de diseño durante el periodo de análisis.

2.2.2 Estabilización de suelos

Es una práctica fundamental dentro de la ingeniería civil y geotécnica, cuyo propósito es mejorar de forma significativa las propiedades de los terrenos naturales que presentan condiciones desfavorables para la construcción. Esta intervención tecnológica implica someter el suelo a tratamientos específicos (físicos, químicos o mecánicos) para mejorar su comportamiento estructural y hacerlo más resistente frente a cargas dinámicas (tráfico) o ambientales (lluvias, sequías, ciclos hielo-deshielo) (Martínez et al., 2025).

En esencia, estabilizar un suelo implica modificar sus condiciones originales para aumentar su capacidad de soporte, reducir su vulnerabilidad ante la humedad, minimizar su plasticidad y mejorar su cohesión interna. Esta modificación transforma un material potencialmente inestable en una base estable y confiable para capas de soporte en pavimentos, plataformas y otras estructuras.

La estabilización no solo es una medida preventiva para suelos débiles, sino también una solución correctiva para mejorar suelos deteriorados o estructuralmente deficientes. Su uso es ideal cuando se quiere alargar la vida útil de una vía o infraestructura sin tener que hacer costosos cambios de material (Chiroque y Moreno, 2023).

2.2.2.1 Técnicas y métodos comunes de estabilización

Existen diversas estrategias para llevar a cabo este proceso, cada una adaptada al tipo de suelo y a los objetivos específicos del proyecto:

- Compactación mecánica: Es uno de los métodos más comunes, y consiste en aplicar energía a través de maquinaria especializada (como rodillos o apisonadoras) para reducir los espacios vacíos dentro del suelo, aumentando su densidad y, por ende, su resistencia. Este proceso mejora notablemente la capacidad de carga del terreno.
- Mezcla de suelos: Otra técnica frecuente es la combinación de materiales granulares estables, como arenas o gravas, con suelos finos o cohesivos que presentan una estructura débil. Al mezclar ambos tipos de suelo, se logra una matriz más equilibrada que ofrece mejor soporte y menor deformación ante cargas repetitivas.
- Adición de estabilizantes químicos: En algunos casos, se incorporan productos como cal, cemento, asfaltos o polímeros, que reaccionan con las partículas del suelo para mejorar su rigidez, reducir su plasticidad y hacer que el material sea menos susceptible a la humedad (Gallegos, 2021).

2.2.3 Subrasante

En el ámbito de la ingeniería vial, la subrasante se considera un componente esencial dentro de la estructura de una carretera, ya que constituye el nivel inferior sobre el cual se apoya todo el sistema de pavimentación o, en su caso, el afirmado. Esta capa corresponde a la superficie final resultante tras los trabajos de movimiento de tierras, es decir, después de llevar a cabo labores de corte, relleno o nivelación del terreno (Cubas, 2024).

Se puede describir también como la capa superior del terraplén compactado o el fondo de la excavación en suelos naturales, la cual está destinada a recibir las cargas transmitidas por el tránsito, una vez que estas se han distribuido a través de las capas superiores del pavimento. Por esta razón, su estabilidad, resistencia y comportamiento

ante esfuerzos mecánicos son determinantes para el buen desempeño y durabilidad de toda la infraestructura vial (Mamani et al., 2023).

La subrasante actúa como la fundación natural del pavimento, por lo que su función principal es brindar soporte adecuado a las cargas verticales e impactos generados por los vehículos, distribuyéndolas de forma uniforme hacia las capas inferiores del suelo. Si esta capa no posee la resistencia ni las condiciones físicas adecuadas, pueden presentarse asentamientos diferenciales, deformaciones, agrietamientos u otros tipos de fallas prematuras en la superficie del camino (Vasquez y Mejía, 2025).

Para que la subrasante cumpla eficientemente su función, se requiere que esté conformada por suelos seleccionados cuidadosamente, que presenten características geotécnicas compatibles con los requerimientos del diseño vial. Estos suelos deben ser debidamente compactados en capas sucesivas hasta alcanzar una densidad óptima, lo cual mejora su capacidad portante y reduce la posibilidad de cambios volumétricos por efectos de humedad o carga (Jimenez, 2024).

Figura 2

Subrasante



Nota. Tomada de (Jimenez, 2024).

Una subrasante bien diseñada y construida extiende la vida útil de una carretera. No solo sirve como base para las capas superiores, sino que también reduce los costos futuros de mantenimiento, al prevenir fallas estructurales. Por eso su diseño se debe basar

en estudios geotécnicos, ensayos de laboratorio y un riguroso control de calidad en la construcción.

La subrasante es la capa fundamental sobre la cual se apoya todo el sistema de pavimentación o afirmado. Su resistencia, homogeneidad y capacidad portante son determinantes para certificar la funcionalidad y durabilidad de una carretera. Invertir en una subrasante bien conformada es garantizar un pavimento eficiente, seguro y duradero, por eso en su diseño y construcción se deben de seguir altos estándares técnicos y de calidad (Barretto, 2024).

2.2.3.1 Estabilización de subrasantes

Es una técnica fundamental en ingeniería vial y geotécnica que busca mejorar las características de suelos naturales que no satisfacen los requisitos para soportar cargas de tráfico. Este proceso se vuelve especialmente importante cuando se actúa sobre suelos geotécnicos desfavorables, como suelos de baja resistencia al corte, muy plásticos o muy compresibles (Carmen y Escate, 2025).

En términos generales, estabilizar un suelo implica alterarlo o sustituirlo por materiales de mejor comportamiento o, en su lugar, mejorarlo en el sitio, al mezclarse con sustancias estabilizantes. De este modo, se convierte un material deficiente en una subrasante estable, resistente y duradera, que sirva de soporte a la estructura del pavimento (Avilez, 2025).

Antes de aplicar cualquier método de estabilización, es necesario caracterizar el suelo a través de ensayos de laboratorio para determinar parámetros como la plasticidad, humedad, densidad máxima seca, CBR, entre otros. Estos datos son esenciales para determinar el mejor tratamiento y anticipar el comportamiento del suelo estabilizado (Avilez, 2025).

El (MTC), mediante sus especificaciones técnicas, indica que la estabilización de subrasantes se deberá ejecutar en aquellos lugares donde se encuentren suelos con insuficiente capacidad portante o inadecuados para soportar la estructura del pavimento.

Además, recalca la importancia de usar materiales certificados y hacer pruebas de control de calidad en cada fase, desde la selección de materiales hasta la compactación final (Amari y Román, 2025).

2.2.4 CBR

El CBR, o en español Índice de Capacidad de Soporte, es un parámetro fundamental en la ingeniería geotécnica y de pavimentos, utilizado para evaluar la resistencia de un suelo frente a la penetración de una carga, simulando las condiciones reales de tránsito vehicular. Esta prueba permite cuantificar CBR de un terreno natural o de un material compactado, y se expresa como un porcentaje comparativo con respecto a un material patrón (generalmente una grava triturada de alta calidad) (Carmen y Escate, 2025).

El ensayo fue desarrollado por el California Department of Transportation, y es un estándar mundial para el diseño de pavimentos rígidos y flexibles. Su valor permite agrupar los suelos con base en su comportamiento estructural, facilitando la formulación de decisiones en el diseño de capas de afirmado, subbase y base de carreteras (Maraza, 2023).

El CBR se obtiene mediante un ensayo de penetración que consiste en introducir un pistón estándar (de 50mm de diámetro) en una muestra de suelo previamente compactada dentro de un molde cilíndrico. La carga requerida para alcanzar una cierta profundidad (usualmente 2.5mm y 5.0mm) se contrasta con la carga requerida para penetrar la misma distancia en el material de referencia (Jimenez, 2024).

❖ **<u>Importancia y aplicaciones del CBR</u>**

- Diseño de pavimentos: Es una herramienta clave para determinar el espesor necesario de las capas del pavimento, en función del tipo de suelo de subrasante y del tránsito proyectado.

- Clasificación de suelos: Ayuda a categorizar los suelos según su capacidad portante, lo que permite seleccionar el tratamiento más adecuado (mejoramiento, estabilización o reemplazo).
- Control de calidad en obras: Se utiliza como criterio de aceptación de rellenos compactados y materiales granulares (Avilez, 2025).

El índice CBR es un método sencillo, fiable y económico para determinar la capacidad estructural de suelos y materiales granulares, proporcionando información crucial para el diseño de carreteras. Su uso adecuado garantiza la estabilidad, durabilidad y seguridad de los pavimentos, en cualquier tipo de terreno y clima (Avilez, 2025).

2.2.5 Cenizas volantes

Son materiales inorgánicos pulverizados, residuos sólidos de la combustión del carbón pulverizado en centrales termoeléctricas para la generación de energía. Estos desechos no se liberan al aire, sino que se capturan con sistemas de filtrado sofisticados (precipitadores electrostáticos o filtros de mangas) en los escapes de las plantas. Gracias a estos mecanismos se pueden retener las partículas más ligeras y sutiles que quedan en suspensión en los gases de combustión (Ramos, 2025).

Estas partículas se presentan en forma de un polvo de gran finura, cuya naturaleza mineralógica y química puede variar significativamente, dependiendo de múltiples factores, entre ellos, el tipo de carbón empleado, su grado de pureza, la cantidad de impurezas asociadas y las condiciones específicas bajo las cuales se realiza la combustión (Ramos, 2025).

Subproducto generado durante la combustión de carbón pulverizado, utilizado principalmente en procesos industriales como la generación de energía. También pueden originarse en forma de partículas finas como residuo de la trituración de materiales pétreos, como agregados, piedra o roca, en plantas de procesamiento mineral. Estos residuos, que se recolectan a través de sistemas de filtrado o separadores mecánicos en los ductos de

escape de las plantas, representan aproximadamente el 75% del total de las cenizas generadas en estos procesos (Carrasco, 2025).

Este tipo de material tiene un valor técnico y ambiental importante, no solo por su volumen, sino también por su posible reutilización en aplicaciones como la estabilización de suelos, la fabricación de cementos y concretos, entre otros usos constructivos y ambientales (Carrasco, 2025).

Una de las características más relevantes de las cenizas volantes es que no presentan una composición uniforme. Sus propiedades físicas y químicas pueden variar significativamente, no solo de una planta a otra dependiendo del tipo de combustible o roca utilizada, sino también dentro de una misma instalación a lo largo del tiempo. Esta variabilidad está estrechamente relacionada con factores como el tipo de carbón, el origen geológico del material procesado, las condiciones operativas de combustión y los métodos de recolección empleados (Flores y Gonzales, 2024).

En términos generales, las cenizas volantes derivadas del procesamiento de roca en canteras tienden a ser más gruesas, con una alta presencia de partículas provenientes directamente del material triturado. En cambio, las cenizas generadas en plantas de procesamiento industrial, como en centrales termoeléctricas, suelen ser mucho más finas, con un tamaño de partícula reducido y una superficie específica promedio de 3500 cm^2/g, pudiendo incluso superar los 5000 cm^2/g. Esta finura las hace comparables o incluso más finas que el cemento Portland, lo cual amplía su potencial como componente en mezclas cementicias o estabilizantes (Flores y Gonzales, 2024).

Desde el punto de vista morfológico, las cenizas volantes están compuestas principalmente por partículas esféricas. Muchas de estas partículas poseen una apariencia vítrea, resultado de procesos de fusión parcial durante la combustión. Además, pueden contener material no completamente quemado, como residuos carbonosos, así como partículas de forma irregular, lo cual influye en su comportamiento físico y su capacidad de reacción en aplicaciones como la mejora de suelos o la fabricación de concretos (Flores y Gonzales, 2024).

Es precisamente esta variedad en la forma, tamaño y composición lo que determina la calidad y el uso final de las cenizas volantes. Algunas, por ejemplo, tienen propiedades puzolánicas, es decir, reaccionan químicamente con la cal en presencia de agua, formando compuestos cementantes que pueden mejorar la resistencia y durabilidad de mezclas cementicias o capas de base estabilizadas (Camelo y González, 2021).

Las cenizas volantes, aunque originalmente consideradas un residuo industrial, han cobrado gran relevancia por su versatilidad y aplicabilidad en múltiples campos de la ingeniería civil y ambiental. Su aprovechamiento no solo contribuye a mejorar materiales de construcción, sino que también representa una alternativa sostenible para la gestión de residuos industriales. Sin embargo, su uso eficiente requiere una caracterización técnica detallada, dada la variabilidad en sus propiedades según su origen y condiciones de producción (Camelo y González, 2021).

2.2.5.1 Características técnicas de las cenizas volantes

Las cenizas volantes han cobrado una gran importancia en el campo de la ingeniería civil, particularmente como material cementante suplementario (SCM), tanto en la fabricación de concretos como en la estabilización de suelos. Su valor radica en las propiedades físico-químicas que les permiten participar activamente en los procesos de hidratación, ya sea en combinación con cemento Portland o directamente al interactuar con componentes del suelo (Rincón y Cortes, 2020).

La capacidad reactiva de las cenizas volantes, es decir, su habilidad para formar compuestos cementantes en presencia de agua y ciertos activadores como la cal está estrechamente vinculada a una serie de características intrínsecas que determinan su comportamiento en diferentes aplicaciones (Flores, 2024).

- Grado de finura

Una de las propiedades más determinantes en el rendimiento de las cenizas volantes es su finura. Para que estas puedan desarrollar su potencial como aglutinante,

deben presentar una textura extremadamente fina, similar o incluso superior a la del cemento Portland. Esta finura se logra a partir de procesos de molienda intensiva o por el propio proceso de recolección en plantas termoeléctricas, donde las partículas más ligeras quedan suspendidas y pueden ser capturadas por sistemas de filtrado (Flores, 2024).

Cuando las cenizas volantes se originan por la trituración de piedra chancada en canteras, es esencial que mantengan una granulometría constante y fina, cercana a la textura activa del cemento, para que puedan rellenar eficientemente los poros y vacíos microscópicos de una mezcla, especialmente si se utilizan como espesantes o materiales de relleno (Flores, 2024).

La norma ASTM C618, referente internacional para la clasificación de este tipo de materiales, establece que no más del 34% de las partículas debe quedar retenida en un tamiz de 45 micras (Malla #325). Esta especificación asegura un tamaño de partícula adecuado para garantizar una buena integración en mezclas cementicias o estabilizadas (Mamanchura, 2022).

2.2.6 Estabilización de suelos mediante el uso de cenizas volantes

Es una técnica largamente utilizada para la mejoría las características de materiales naturales que, por sí solos, no cumplen con los requisitos estructurales necesarios para soportar cargas de tráfico o condiciones climáticas exigentes. En este contexto, las cenizas volantes emergen como una opción eficaz, económica y ambientalmente sostenible para reforzar la resistencia y estabilidad de los suelos (Navarro, 2018).

Este material, llamado técnicamente subproducto de la combustión de carbón pulverizado, es un polvo muy fino compuesto por sílice, alúmina, óxidos metálicos y alcalinos. Su principal característica es su capacidad puzolánica, es decir, que reacciona químicamente con la cal hidratada en presencia de humedad, creando compuestos similares al cemento que provocan el endurecimiento gradual del suelo tratado.

Por su naturaleza reactiva, las cenizas volantes se han llegado a emplear mezcladas con cal para estabilizar capas estructurales en pavimentos de base y sub-base.

Según investigaciones y técnicas prácticas, las mezclas que contienen entre un 10% y un 35% de cenizas y entre un 2% y un 10% de cal mejoran las características del suelo nativo. Estas mejoras se traducen en mayor capacidad de carga, menor deformación plástica, mayor durabilidad, mejor comportamiento en presencia de humedad (Rincón y Cortes, 2020).

Esta forma de estabilización no sólo mejora el comportamiento estructural del suelo, sino que también permite utilizar residuos industriales, haciendo una ingeniería civil más sustentable. La aplicación de cenizas volantes en la estabilización de suelos es una excelente alternativa para mejorar la infraestructura vial, en proyectos donde se busca optimizar recursos y generar prácticas más sostenibles. Al mezclarlas con cal se consigue un mortero muy resistente y duradero, capaz de soportar condiciones extremas. Además, la presencia de cenizas tipo C evidencia la posibilidad de usar materiales de desecho industrial con ciertas propiedades que permiten su estabilización sin necesidad de aditivos externos, potenciando el valor técnico y ecológico de este método constructivo (Jimenez, 2024).

2.3 Marco conceptual

a.- Capacidad de soporte: El Índice CBR es un parámetro estándar utilizado para medir la resistencia de un suelo al corte bajo condiciones de carga controlada. Cuanto mayor sea el valor de CBR, mayor será la capacidad de soporte del suelo. Este valor se emplea como base para el diseño estructural del afirmado.

b.- Ceniza volante: Subproducto de la combustión de carbón en plantas termoeléctricas. Es un material puzolánico con propiedades estabilizantes, que puede mejorar las características mecánicas y de durabilidad de suelos de baja capacidad de soporte. Su aplicación puede reducir la plasticidad, aumentar la densidad y mejorar la resistencia al corte de la subrasante.

c.- **Estabilización de suelos:** La estabilización consiste en modificar las propiedades del suelo para mejorar su comportamiento como material de construcción. La incorporación de aditivos como la ceniza volante busca aumentar la resistencia, reducir la expansión y mejorar el desempeño a largo plazo del suelo subrasante.

d.- **Espesor de afirmado:** El espesor del afirmado es el resultado del diseño estructural de una vía no pavimentada. Este depende principalmente del valor de CBR de la subrasante. Al aumentar la capacidad de soporte mediante estabilización, es posible reducir el espesor requerido del afirmado, optimizando recursos y costos de construcción.

e.- **Subrasante: C**apa inferior del sistema estructural de un pavimento, compuesta por el suelo natural compactado. Su función es proporcionar soporte a las capas superiores del pavimento. La capacidad de soporte de la subrasante influye directamente en el desempeño y durabilidad de las vías, especialmente en aquellas no pavimentadas.

f.- **Vías no pavimentadas:** Son carreteras o caminos rurales que no cuentan con una superficie rígida o asfáltica. Estas vías son comunes en regiones rurales como la provincia de Azángaro, y su diseño estructural depende en gran medida de las características del suelo y del tráfico previsto.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Se refiere al conjunto organizado de procedimientos, principios y técnicas que orientan la manera en que se aborda un fenómeno o problema de estudio. Su propósito principal es estructurar de forma lógica y sistemática el camino que debe seguir un investigador para obtener conocimientos válidos, confiables y objetivos. En esencia, no se trata únicamente del "cómo" se investiga, sino del "por qué" se elige cierto enfoque, método o instrumento para alcanzar resultados verificables. Esta metodología es capaz de elegir y justificar cada paso de una investigación, desde el planteamiento del problema hasta la interpretación de los resultados. Más que una guía técnica, la metodología es el soporte que otorga rigor al proceso científico. A través de ella se asegura que la manera en que se recolectan, analizan e interpretan los datos se haga con estándares académicos (Alfonso et al., 2020).

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo hace uso de números y estadísticas para analizar fenómenos observables de manera objetiva y sistemática. A través de este método el investigador manipula datos cuantificables para así poder representarlos en números, fracciones y relaciones matemáticas. El proceso se basa en la recolección estructurada de

información, la cual es procesada con herramientas estadísticas para describir patrones, establecer correlaciones o validar hipótesis previamente formuladas. Esta estrategia busca minimizar el sesgo del observador y garantizar que los resultados obtenidos puedan replicarse y generalizarse a poblaciones más amplias (Alfonso et al., 2020).

Se enmarca dentro de un enfoque cuantitativo porque se basó en la recolección y análisis de datos numéricos para evaluar los efectos de la aplicación de ceniza volante en las propiedades del suelo.

3.2 Tipo de investigación

La investigación aplicada, se orienta hacia la resolución de problemas concretos dentro de contextos reales. La investigación aplicada busca utilizar ese conocimiento para enfrentar desafíos específicos en ámbitos como la salud, la educación, la ingeniería, o la gestión pública, entre otros. Este tipo parte de preguntas que nacen de necesidades del entorno y propone soluciones viables, que puedan ser implementadas en el corto o mediano plazo, contribuyendo al bienestar colectivo o a la mejora de procesos y servicios. Este tipo de investigación se distingue por su carácter funcional y su vinculación directa con el entorno social, productivo o institucional. Su metodología puede incorporar tanto enfoques cuantitativos como cualitativos, dependiendo de la naturaleza del problema a abordar (Pimienta et al., 2018).

Se clasifica como aplicada porque busca resolver un problema práctico particular relacionado con la mejora de las vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro.

3.3 Nivel de investigación

El nivel explicativo en la investigación es el nivel en el que se busca entender las causas de un fenómeno o las razones de su comportamiento. El nivel explicativo da un análisis que no solo ayuda a entender la realidad, sino a prever situaciones similares en otros lugares. Este diseño se usa cuando se quiere hacer inferencias causales entre

variables, lo que requiere alto control experimental y validez interna. Es habitual en investigaciones científicas que requieren no solo demostrar la existencia de relaciones, sino también evidenciar que una variable influye directamente en otra. El nivel explicativo posibilita hacer teorizaciones más fuertes y es una manera de generar nuevo conocimiento (Pimienta et al., 2018).

Se clasifica como de nivel explicativo porque busco identificar y comprender las causas de un fenómeno específico: cómo la aplicación de ceniza volante afecta la capacidad de soporte de la subrasante y el espesor del afirmado en las vías no pavimentadas.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño experimental es una metodología de investigación en la que el investigador manipula variables en condiciones controladas y preestablecidas. Su objetivo es definir explícitamente la relación de causa y efecto entre una o más variables independientes manipuladas y una variable dependiente medida como respuesta. Este diseño se caracteriza por establecer grupos experimentales y de control, y utilizar la asignación aleatoria para controlar variables extrañas. Gracias a esta exactitud en la planificación, el diseño experimental es un modelo fiable para probar hipótesis y sacar conclusiones basadas en evidencias cuantificables (Alfonso et al., 2020).

Se clasifica como un diseño experimental porque busca evaluar el impacto directo de una variable específica (la adición de ceniza volante) sobre dos factores clave: la capacidad de soporte de la subrasante y el espesor del afirmado en las vías no pavimentadas.

3.5 Método de la investigación

El método científico es una serie de pasos organizados que nos ayudan a generar conocimiento confiable, sistemático y verificable. Se basa en la observación cuidadosa de

fenómenos, la formulación de preguntas o hipótesis, la recolección de datos mediante experimentación o análisis empírico, y la interpretación de resultados para sacar conclusiones objetivas. Y este proceso no solo sirve para explicar la realidad, sino también para predecir lo que sucederá en el futuro en condiciones específicas. El método científico es un proceso racional, susceptible de verificación empírica y susceptible de ser repetido por otros investigadores, lo que garantiza la validez y la consistencia del conocimiento (Pimienta et al., 2018).

Se encuadra en el método científico al seguir una secuencia de pasos ordenada y rigurosa y organizado para obtener, analizar e interpretar datos con el fin de responder a una pregunta de investigación específica.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

En el ámbito de la investigación científica, la población de estudio se refiere al conjunto total de individuos, elementos u objetos que comparten características específicas relacionadas con el problema que se pretende analizar. Esta agrupación constituye el universo sobre el cual se desea obtener conclusiones o generar conocimiento. Dependiendo del enfoque del estudio, la población puede ser finita o infinita, homogénea o heterogénea, y su correcta definición resulta esencial para asegurar la pertinencia y validez de los resultados. Identificar con precisión esta población permite determinar los criterios de inclusión y exclusión, lo cual influye directamente en la calidad del diseño metodológico. Por lo general, cuando es inviable trabajar con todos los elementos que integran la población, se recurre al uso de muestras representativas que permitan extrapolar los hallazgos al grupo completo (Alfonso et al., 2020).

La población en este caso está compuesta por todas las vías no pavimentadas a nivel de afirmado en la provincia de Azángaro que puedan ser susceptibles de análisis y tratamiento mediante la aplicación de ceniza volante.

3.6.2 Muestra

Subconjunto representativo extraído de una población previamente delimitada, con el objetivo de obtener información que permita inferir características generales del grupo total. Debido a que en muchos casos resulta inviable estudiar a todos los integrantes de una población por razones de tiempo, costos o accesibilidad, se recurre al uso de muestras como estrategia práctica y eficiente. La validez de los resultados obtenidos en una investigación depende, en gran parte, de que este subconjunto sea seleccionado de manera rigurosa y bajo criterios metodológicos que garanticen su representatividad y ausencia de sesgos. Existen diferentes tipos de muestreo, que pueden ser probabilísticos o no probabilísticos, según la naturaleza del estudio y los objetivos planteados. En los métodos probabilísticos, todos los elementos de la población tienen una posibilidad conocida y calculable de ser seleccionados, lo cual favorece la generalización de los resultados (Alfonso et al., 2020).

La muestra está compuesta por dos vías ubicadas en la provincia de Azángaro: el Jr. César Vallejo y el Jr. Carlos Mariátegui. En cada una de estas vías, se realizaron tres calicatas con el fin de llevar a cabo el ensayo de CBR. Además, se incorporaron cenizas volantes en proporciones de 3%, 6% y 12% para la estabilización de la subrasante, evaluando así el efecto de estas adiciones sobre la capacidad de soporte y por ende en el espesor del afirmado.

Figura 3

Vía a nivel de afirmado del Jr. Cesar Vallejo



Nota. Tomada de Google Maps.

Se presenta la primera vía de estudio, que corresponde al Jr. César Vallejo, con una longitud de 1.07 km. En esta vía, se realizaron tres calicatas, las cuales fueron distribuidas de manera estratégica a 300 metros de distancia entre cada una, con el fin de obtener muestras representativas del material de la subrasante a lo largo del tramo estudiado.

Figura 4

Vía a nivel de afirmado del Jr. Carlos Mariátegui



Nota. Tomada de Google Maps.

Se presenta la primera vía de estudio, que corresponde al Jr. Carlos Mariátegui, con una longitud de 825.31 m. En esta vía, se realizaron tres calicatas, las cuales fueron distribuidas de manera estratégica a 250 metros de distancia entre cada una, con el fin de obtener muestras representativas del material de la subrasante a lo largo del tramo estudiado.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Las técnicas de investigación son herramientas operativas que permiten al investigador aplicar de forma concreta los métodos previamente definidos en su diseño metodológico. Estas técnicas representan los procedimientos específicos mediante los

cuales se recogen, organizan y analizan los datos necesarios para responder a las preguntas planteadas en el estudio. Su selección depende del enfoque adoptado (cuantitativo, cualitativo o mixto), del tipo de información que se requiere y del contexto en que se desarrolla la investigación. El uso correcto de estas técnicas es crucial para garantizar la fiabilidad y validez de los resultados obtenidos. No solo permiten acceder a información relevante de manera estructurada, sino que también influyen en la calidad del análisis que se realizará posteriormente (Pino, 2019).

- Observación directa
- Recolección de datos de campo.
- Análisis experimental.

3.7.2 Instrumentos

Las herramientas de investigación son elementos esenciales en todo proceso de investigación, ya que posibilitan materializar la recolección de datos de manera estructurada. Estos instrumentos son los intermediarios entre el investigador y la información requerida para dar respuesta a los objetivos de la investigación. Su objetivo es recopilar, registrar y almacenar información de interés en formatos estructurados o semiestructurados, en función del tipo de investigación y el enfoque metodológico. Ejemplos usuales de instrumentos son los cuestionarios, las entrevistas, las guías de observación, las escalas o las fichas documentales. Cada uno debe estar diseñado con claridad, coherencia y precisión, de modo que facilite la validez y confiabilidad de los resultados. La elección adecuada del instrumento depende tanto del fenómeno a investigar como de las características de la población o del entorno donde se aplicará. (Pino, 2019).

- Prueba de CBR.
- Equipos y herramientas de laboratorio.
- Manual de estimación de espesor.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación

La validación en investigación se refiere al proceso mediante el cual se evalúa la precisión, consistencia y legitimidad de los instrumentos, procedimientos y resultados de un estudio. Este paso es crucial para asegurar que los datos obtenidos reflejen de manera fiel la realidad del fenómeno analizado, y que las conclusiones a las que se llega sean efectivamente sustentables. Validar implica comprobar que los instrumentos de medición efectivamente captan lo que se proponen medir y que los métodos utilizados son apropiados en función del tipo de estudio. Esta práctica garantiza que el conocimiento generado tenga un respaldo técnico y metodológico que permita su aceptación y aplicación en otros contextos académicos o profesionales (Pimienta et al., 2018).

3.8.2 Confiabilidad

La fiabilidad de una investigación se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados cuando un procedimiento de medición se aplica repetidamente en condiciones similares. Es decir, que un instrumento o técnica es fiable si da los mismos resultados al aplicarse en situaciones semejantes o en grupos equivalentes. Esta propiedad es esencial para asegurar que los datos recopilados no estén sesgados por el azar o errores sistemáticos, fortaleciendo la validez de la investigación. La fiabilidad es un indicador de exactitud metodológica y su valoración apoya la validez del análisis posterior. Una investigación confiable no garantiza por sí sola que los resultados sean válidos, pero sí asegura que dichos resultados no son producto del azar o de variaciones no deseadas. Por lo cual, ser fiable es un paso crucial para que los resultados puedan ser replicados, comparados y sirvan de base para futuras investigaciones (Pimienta et al., 2018).

3.9 Plan de recolección de datos

En primer lugar, se realizó la ubicación de las dos vías de estudio: Jr. César Vallejo y Jr. Carlos Mariátegui", ambas localizadas en la provincia de Azángaro. En estas vías se excavaron calicatas para tomar muestras representativas de la subrasante y del afirmado de las carreteras. Las calicatas fueron excavadas a una profundidad de 90 cm, lo que permitió obtener una muestra adecuada para realizar los ensayos necesarios para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Una vez realizadas las calicatas, las muestras fueron envasadas en bolsas plásticas para prevenir cualquier alteración en las propiedades del suelo durante el traslado al laboratorio. Dicho proceso de embalaje es esencial para que las muestras llegaran en condiciones óptimas para realizar los ensayos pertinentes sin alterar sus características por factores externos. Alcanzado el laboratorio, las muestras fueron sometidas a los ensayos CBR y demás ensayos para establecer la capacidad portante de la subrasante y la calidad del afirmado.

En cuanto a las cenizas volantes, se obtuvieron de la combustión del carbón en un horno a 300 °C; la combustión del carbón se llevó a cabo en condiciones controladas, alcanzando altas temperaturas para crear las cenizas volantes. Estas cenizas se recogieron de las paredes interiores del horno y de la superficie del mismo, una vez finalizada la quema.

Una vez que se obtuvieron los resultados iniciales de los ensayos y se validaron las propiedades del suelo, se procedió a incorporar las cenizas volantes en diferentes proporciones al material de la subrasante. Las proporciones de ceniza volante añadidas fueron 3%, 6% y 12% en relación al peso del material de la subrasante, con el objetivo de evaluar su impacto en la mejora de las propiedades mecánicas y de estabilidad del suelo. Estas proporciones fueron seleccionadas de acuerdo a estudios previos y la naturaleza del

material de la subrasante, para poder determinar la dosificación más adecuada que optimice la capacidad de soporte del suelo.

Figura 5

Cenizas volantes



La cantidad de cenizas volantes utilizadas en este estudio fue aproximadamente de 8 kilogramos.

Según Bhatt et al. (2019) las cenizas volantes presentan los siguientes componentes químicos:

- SiO_2 (Dióxido de Silicio)
- Al_2O_3 (Óxido de Aluminio)
- Fe_2O_3 (Óxido de Hierro III)
- CaO (Óxido de Calcio)
- MgO(Óxido de Magnesio)

Ensayos realizados

❖ **Proctor Modificado ASTM.D-1557, MTC.E-115**

El procedimiento conocido como Proctor Modificado, regulado por las normativas ASTM D-1557 y MTC E-115, representa una herramienta fundamental en los estudios

geotécnicos, ya que permite analizar la calidad de la compactación del suelo. Esta técnica busca determinar cuál es el contenido óptimo de humedad que debe tener el terreno para alcanzar su máxima densidad seca cuando se le aplica una energía de compactación estandarizada. Alcanzar esta condición es esencial para asegurar un comportamiento estructural adecuado del suelo en obras de ingeniería.

Pasos preliminares y preparación de la muestra

Antes de iniciar el análisis, verificar que el material a utilizar no haya sido compactado previamente en ensayos de laboratorio. Para suelos inicialmente húmedos se deberá proceder a su secado. Este puede hacerse al aire libre de manera natural o con equipos de secado, evitando que la temperatura sobrepase los 60 °C, y es necesario deshacer totalmente los terrones sin romper los granos del suelo.

Una vez seca y disgregada, la muestra se tamiza por mallas de diferentes tamaños: Nº 4, 3/8" y 3/4". Luego, se deben preparar como mínimo cuatro probetas para el ensayo.

El material granular que pasa por el tamiz de 3/4 de pulgada se emplea para llenar moldes de 6 pulgadas de diámetro. A su vez, es necesario triturar adecuadamente los agregados para garantizar que una proporción suficiente atraviese el tamiz de 3/8 de pulgada. Por lo general, se emplea una masa aproximada de 2,3 kilogramos por muestra para las técnicas A o B. En el caso de aplicar la técnica C, se requerirá cerca de 5,9 kilogramos de suelo previamente tamizado.

Es fundamental adicionar cantidades precisas de agua para alcanzar el contenido de humedad necesario en cada muestra. Para suelos con baja humedad natural (suelos secos o áridos), se recomienda humedecer cuidadosamente la tierra y mantener controlado el proceso de humectación para asegurar uniformidad y exactitud en los resultados.

Procedimiento de compactación del suelo

- Mezclar adecuadamente las fracciones de suelo retenidas en los tamices de 3/8 de pulgada y Nº 4, así como aquellas que logran pasar por la malla Nº 4.

- Registrar con precisión el peso del molde vacío que se utilizará durante el ensayo.
- Ensamblar y fijar firmemente el molde junto con su collar al soporte correspondiente.
- Agregar el suelo preparado, mezclándolo hasta obtener una textura húmeda homogénea.
- Dividir la muestra en cinco partes iguales para asegurar una compactación uniforme.
- Introducir el material en el molde por capas, compactando cada una con 56 golpes utilizando el equipo adecuado.
- Tras finalizar la compactación, se retira el collar y se deja lisa la superficie superior de la muestra.
- Determinar el peso total del molde más el suelo húmedo.
- Extraer una porción representativa del suelo y colocarla en un recipiente previamente pesado para calcular su contenido de humedad.
- Registrar el peso del recipiente con la muestra húmeda y colocarlo en un horno.
- Después de 24 horas de secado, se pesa nuevamente el conjunto seco para determinar el contenido exacto de humedad del suelo.

❖ **CBR Norma ASTM.D-1883, MTC.E-132**

El ensayo de CBR, comúnmente conocido como el Índice de Capacidad Soportante de California, es un método ampliamente reconocido en ingeniería geotécnica por su eficiencia y costo reducido frente a otros procedimientos más complejos, como las pruebas triaxiales. Su popularidad se debe en gran medida a la facilidad para correlacionar sus resultados con diversos parámetros de diseño estructural de pavimentos, lo que permite estimaciones semi-empíricas confiables sobre la resistencia del suelo ante cargas vehiculares.

Este procedimiento, estandarizado por la norma ASTM D-1883, permite evaluar la capacidad de un suelo para resistir esfuerzos de penetración aplicados mediante un pistón, y así compararla con un material de referencia, que en este caso es una grava triturada estándar. La relación obtenida, expresada en porcentaje, se denomina índice CBR, y representa la resistencia relativa del suelo frente al esfuerzo de penetración.

Desarrollo del ensayo CBR:

- La muestra de suelo debe ser seleccionada a partir del material tamizado en el ensayo de Proctor Modificado, asegurando que pase por las mallas Nº 4, 3/8 y 3/4 de pulgada.
- Se preparan tres especímenes, utilizando aproximadamente 5 kg de suelo por cada molde del ensayo CBR.
- Cada muestra debe ser humedecida con el contenido de agua óptimo antes de ser compactada en su respectivo molde.
- En el fondo del recipiente se coloca una base metálica, sobre la cual se posiciona un espaciador circular. Encima de este se instala una membrana filtrante.
- A cada molde se le aplica una energía de compactación distinta para simular diferentes condiciones de densificación.
- Finalizada esta etapa, se enraza la superficie del suelo y se desmonta el molde de su base.
- Se gira el molde, colocando la parte superior hacia abajo y se retira el disco espaciador y el filtro inferior.
- Se instala una plataforma perforada con un eje regulable sobre la muestra compactada y se colocan las pesas adicionales necesarias.
- Se calibra el sistema de medición a cero y se registra la lectura inicial. Este procedimiento se repite para cada una de las muestras.
- Los moldes se sumergen completamente en agua durante un lapso continuo de 96 horas para lograr una saturación total.

- Luego del proceso de saturación, se retiran los moldes, se drenan y se eliminan los pesos y discos superiores.
- Se reinician los dispositivos de medición y se ajustan a cero.
- Se comienza a aplicar la carga al suelo mediante el pistón a una velocidad controlada de 0,005 pulgadas por minuto.
- Las lecturas de presión se toman a intervalos específicos, registrando los valores necesarios.
- Una vez concluido el ensayo, se retiran los pesos adicionales y se extrae una fracción del suelo para determinar su contenido de humedad.
- Finalmente, se elabora la gráfica de presión versus penetración, y se calculan los valores del CBR para penetraciones de 0,1 y 0,2 pulgadas, lo cual permite definir la capacidad portante del suelo en términos porcentuales respecto al material de referencia.

3.9.1 Análisis e interpretación de los resultados

El análisis de datos en la investigación es una etapa fundamental para organizar, revisar y manipular los datos recogidos y así poder descubrir patrones, relaciones o tendencias que den respuesta a los objetivos de la investigación. En esta etapa se convierten los datos en información interpretable por medio de métodos estadísticos, gráficos o cualitativos, de acuerdo con la naturaleza de la investigación. Su aplicación adecuada asegura que los resultados reflejen la realidad estudiada, minimizando errores en la interpretación y garantizando la consistencia entre los resultados y las hipótesis planteadas. Un análisis cuidadoso permite que los investigadores tomen decisiones informadas y basadas en evidencia.

Ahora bien, interpretar los datos significa explicarlos en términos de la teoría y los antecedentes que informan la investigación. No basta con exponer números o tendencias; hay que saber interpretarlos en términos del fenómeno que se investiga, cómo se conectan

con estudios anteriores y qué implican para la práctica o para futuras investigaciones. Interpretar no es sólo narrar, sino reflexionar, poner en contexto los resultados y valorar si confirman o refutan las expectativas iniciales. Esta última etapa permite al investigador elaborar conclusiones y contribuir con conocimiento desde la mirada analítica y reflexiva.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

Los resultados se presentan a través de tablas y gráficos, con el fin de facilitar la comprensión de cómo la aplicación de cenizas volantes en proporciones de 3%, 6% y 12% influye en el CBR de la subrasante y cómo afecta al espesor del afirmado. Estas representaciones visuales permiten analizar de manera más clara y detallada el impacto de las cenizas volantes sobre las propiedades mecánicas del suelo y su capacidad de soporte, así como su efecto en la estructura de la vía.

4.1.1 Capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro

- **CBR de la subrasante y el afirmado del Jr. Cesar Vallejo**

Tabla 2

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo

OCH Y MDS-Subrasante		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
PEC-01	10.77	1.959
PEC-02	10.69	1.958
PEC-03	10.93	1.952
Promedio	10.80	1.956

Figura 6

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo (PEC-01)

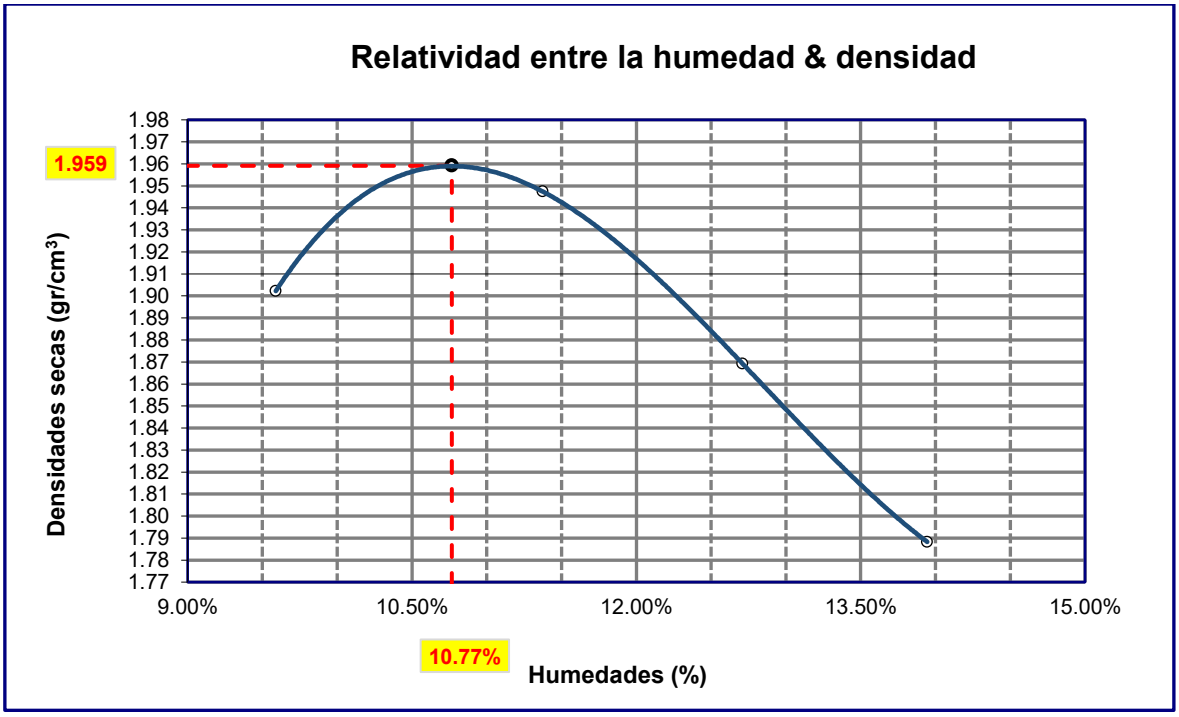


Figura 7

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo (PEC-02)

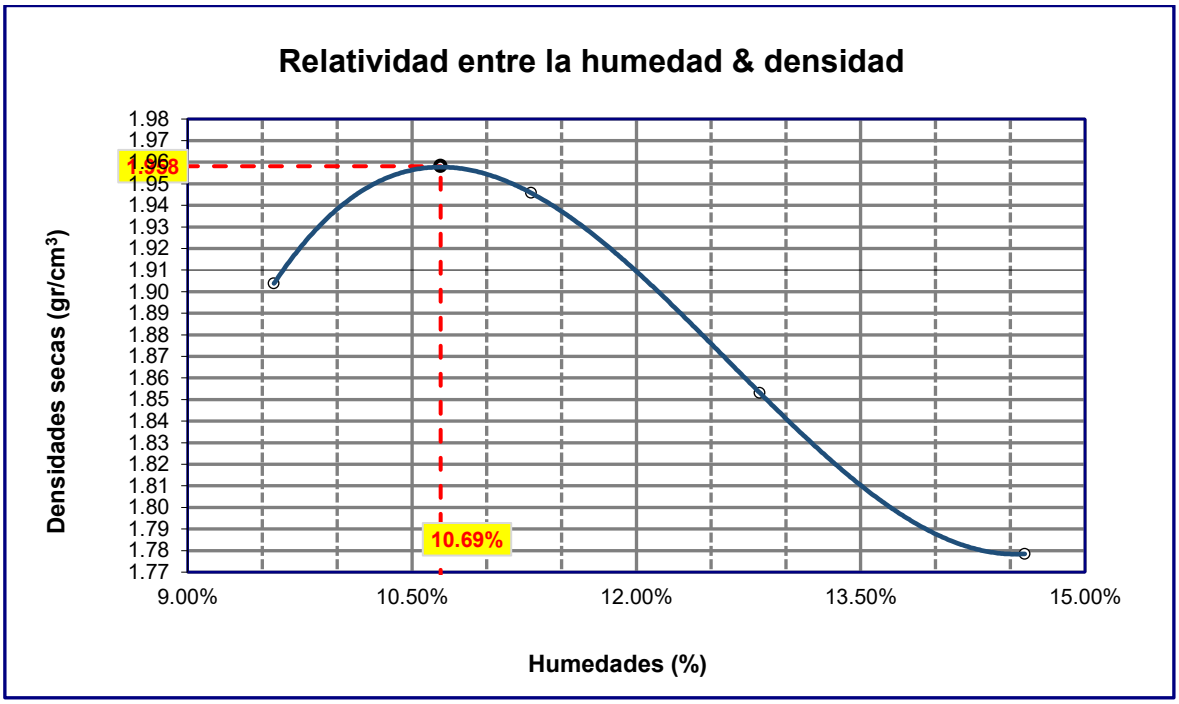


Figura 8

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo (PEC-03)

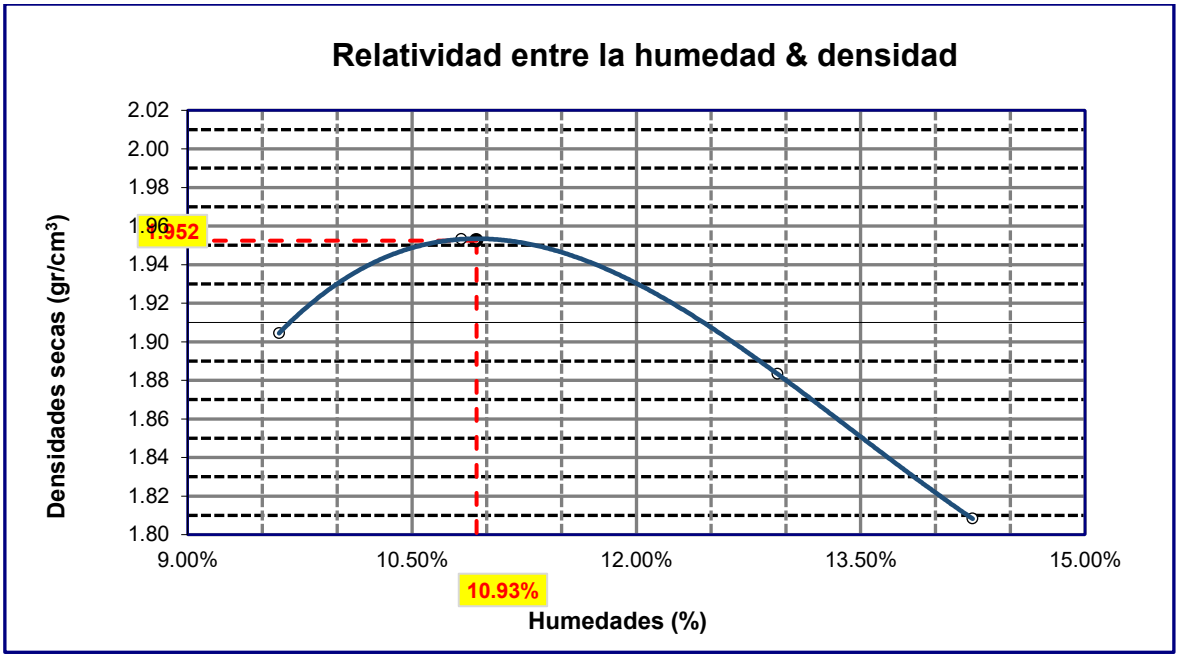
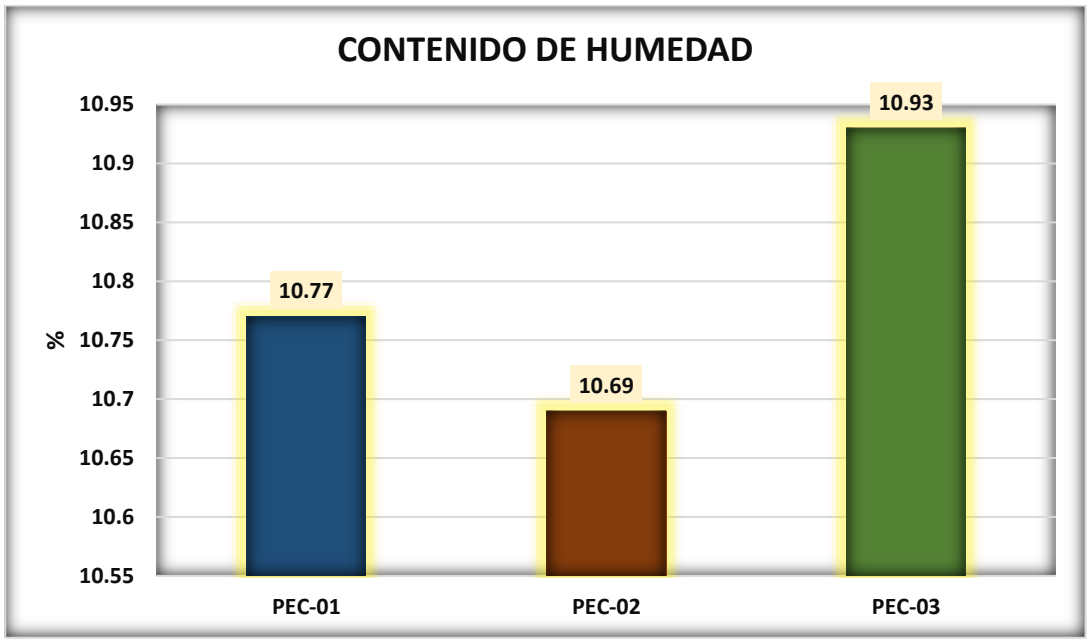


Figura 9

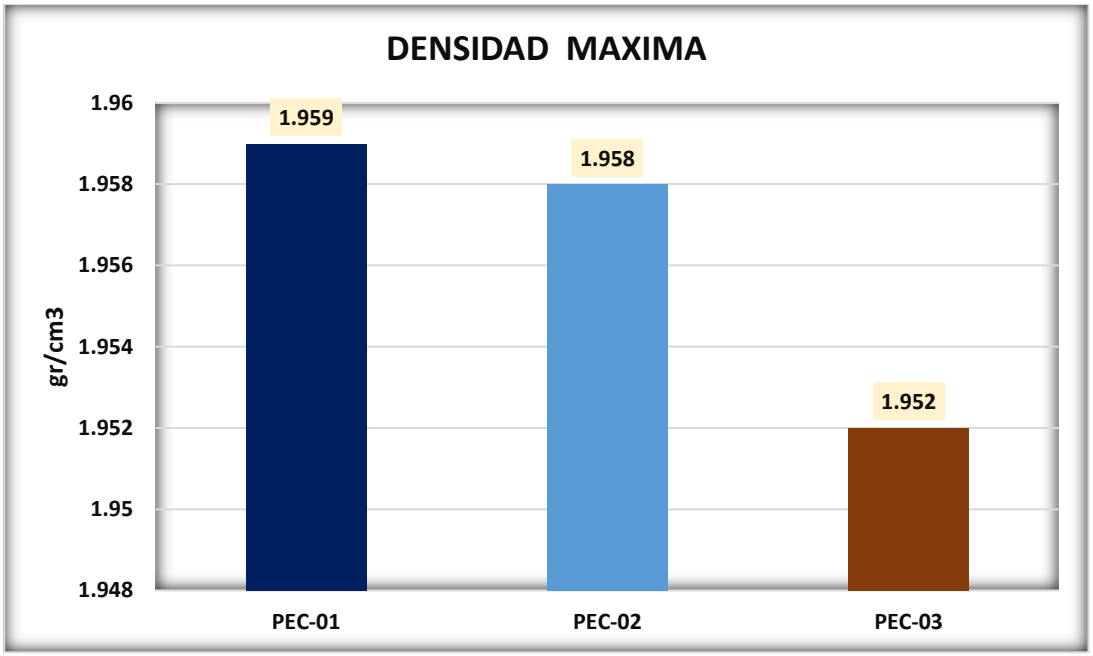
Humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra el (OCH) de la subrasante en el Jr. César Vallejo. Se observa que el contenido óptimo de humedad varía entre 10.77% y 10.93% en las diferentes muestras de la provincia de Azángaro.

Figura 10

Densidad de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra la (MDS) de la subrasante en el Jr. César Vallejo. Se observa que las densidades máximas secas fluctúan entre 1.952 y 1.959 gr/cm³ en las diferentes muestras de la provincia de Azángaro.

Tabla 3

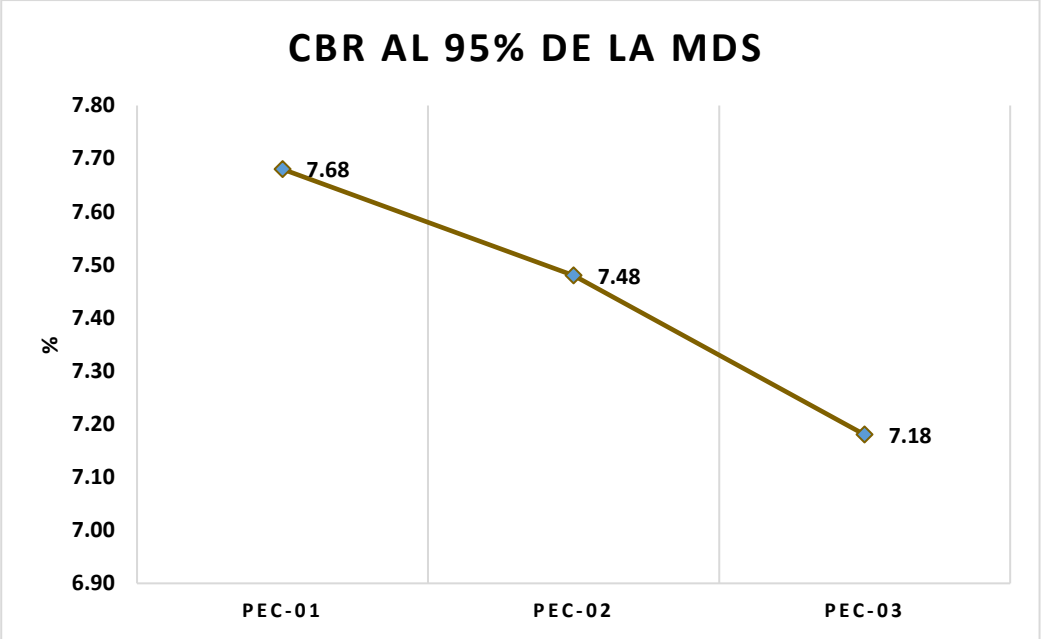
Valores del CBR de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo

CBR-Subrasante		
Punto Exploratorio	CBR al 95%	CBR al 100%
PEC-01	7.68	10.19
PEC-02	7.48	9.92
PEC-03	7.18	9.94
Promedio	7.45	10.02

Se presenta los valores del CBR de la subrasante en tres puntos exploratorios ubicados en el Jr. César Vallejo. Se muestran los valores del CBR al 95% y al 100% de la MDS. El promedio del CBR al 95% es 7.45 y al 100% es 10.02.

Figura 11

Valores del CBR de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra los valores del CBR al 95% de la MDS en tres puntos exploratorios del Jr. César Vallejo. Se observa una disminución progresiva del CBR desde el primer punto (7.68) hasta el tercero (7.18).

- **Afirmado**

Tabla 4

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo

OCH Y MDS - Afirmado		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
PEC-01	8.39	2.198
PEC-02	8.33	2.196
PEC-03	8.06	2.192
Promedio	8.26	2.195

El promedio de la humedad es de 8.26% en cuanto a la densidad seca máxima es de 2.195 gr/cm3.

Figura 12

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo (PEC-01)

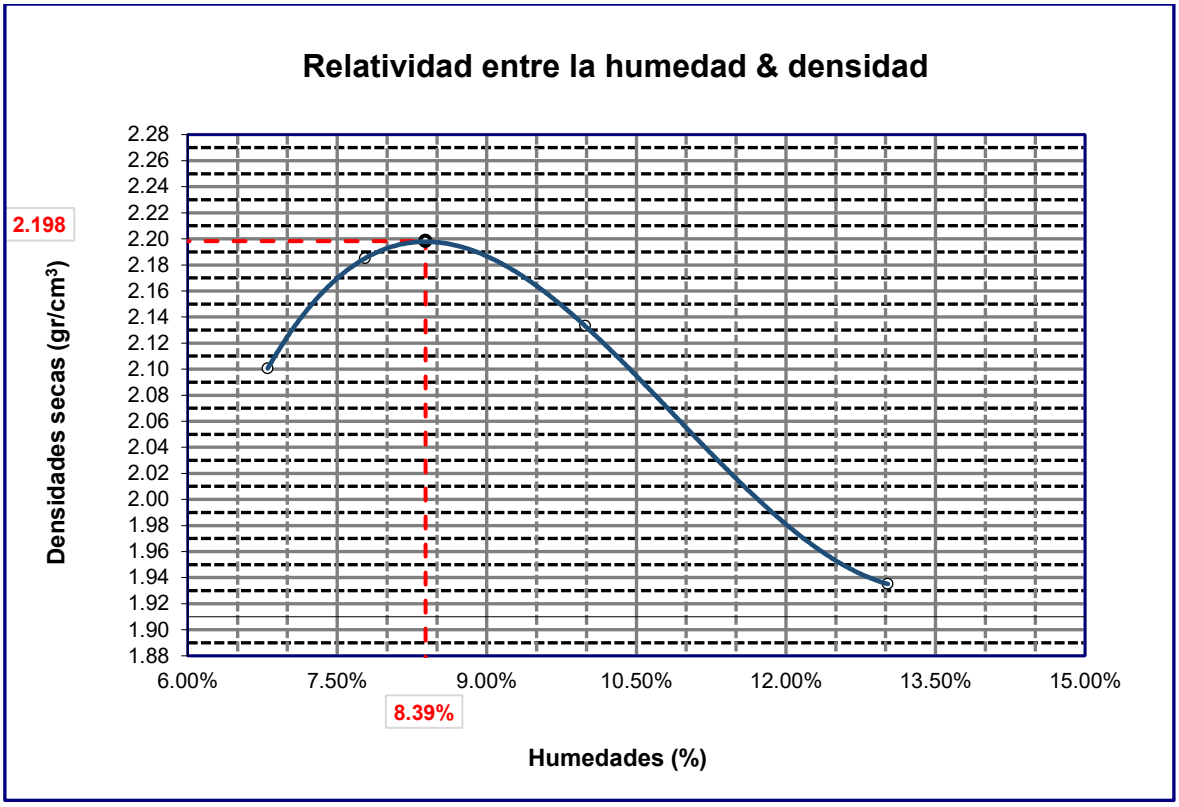


Figura 13

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo (PEC-02)

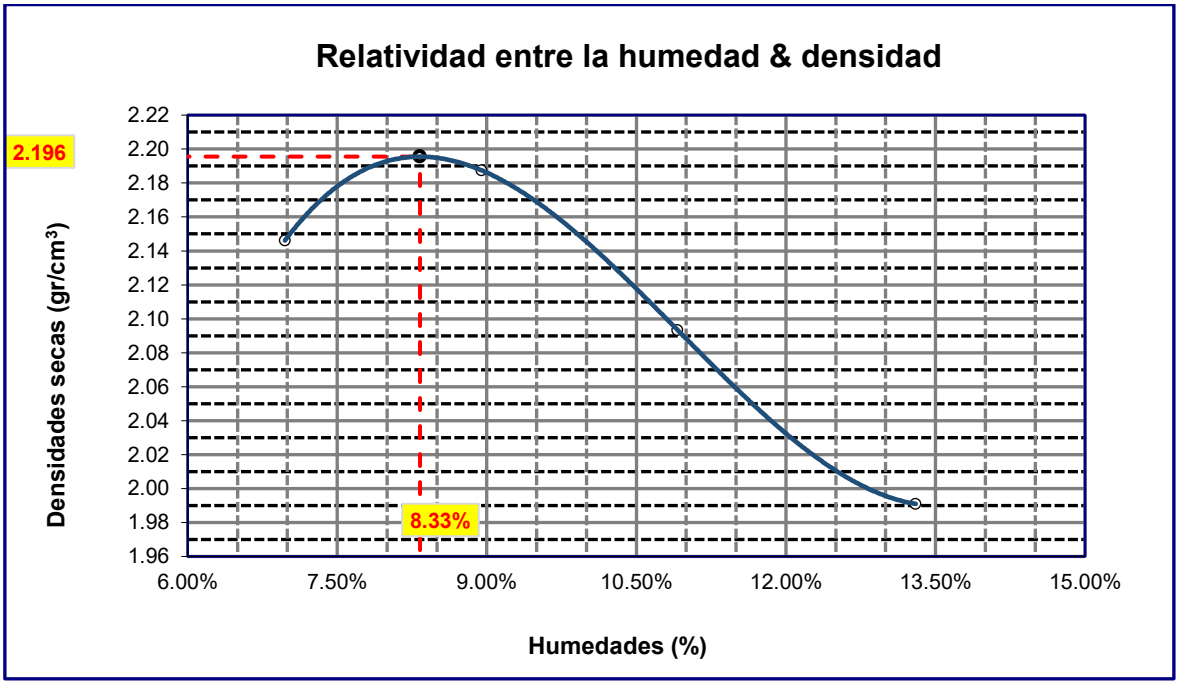


Figura 14

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo (PEC-03)

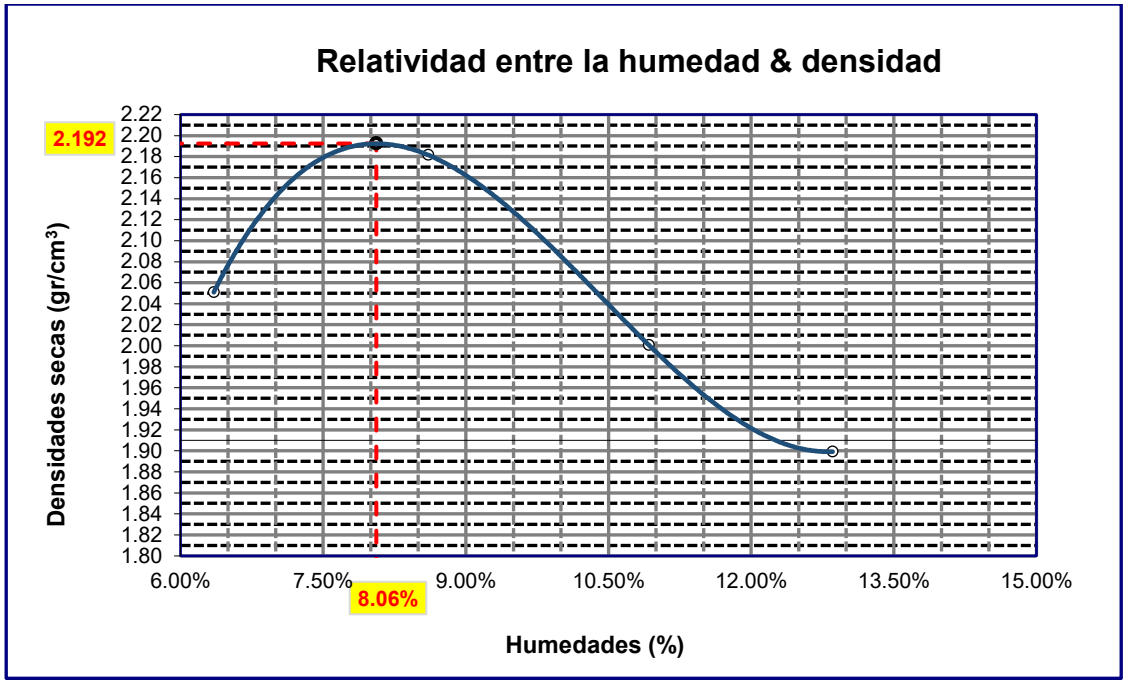
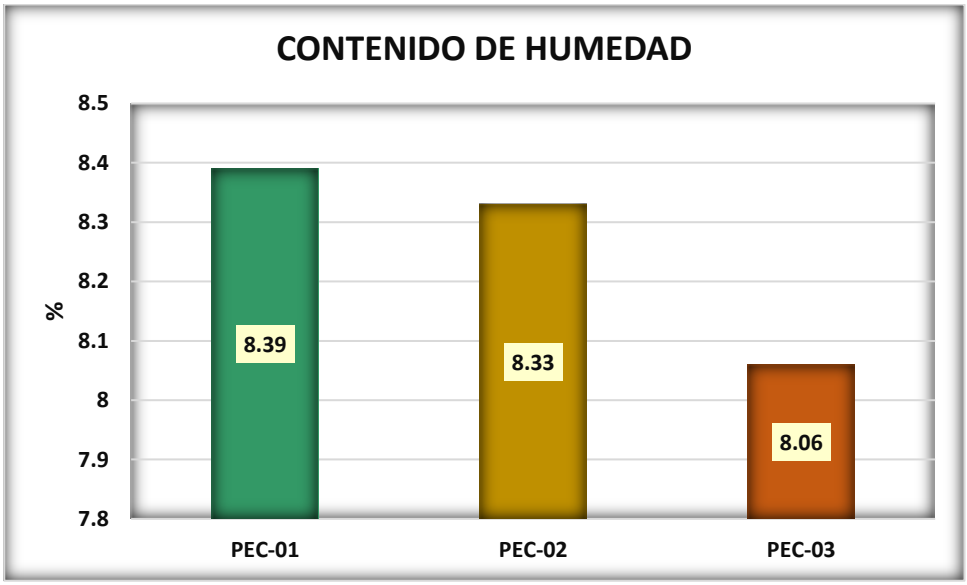


Figura 15

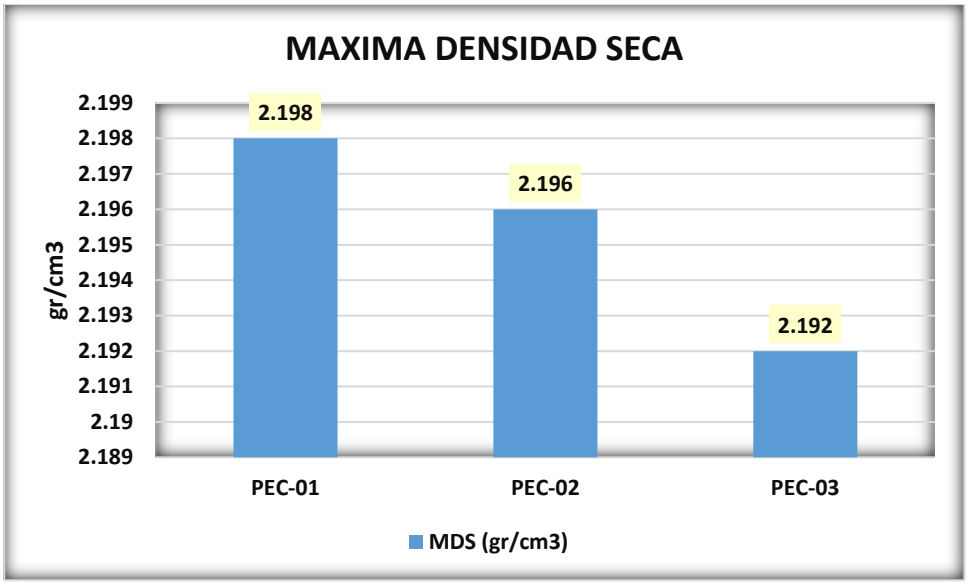
Humedad óptima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra el (OCH) del afirmado del Jr. César Vallejo. El contenido óptimo de humedad varía entre 8.39% y 8.06% en las diferentes muestras.

Figura 16

Densidad máxima del afirmado del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra los valores de la densidad máxima seca (MDS) del afirmado en tres puntos exploratorios del Jr. César Vallejo. Se observa que el punto PEC-01 tiene la mayor densidad máxima seca (2.198 g/cm³), seguido por PEC-02 (2.196 g/cm³) y PEC-03 con la menor densidad (2.192 g/cm³).

Tabla 5

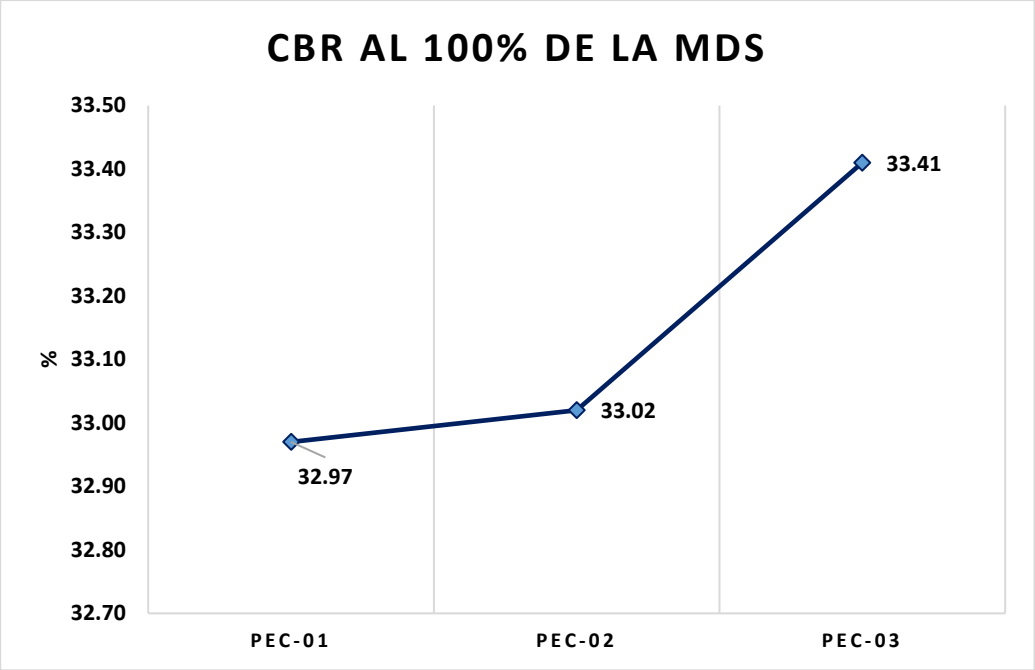
Valores del CBR del afirmado del Jr. Cesar Vallejo

CBR-Afirmado		
Punto Exploratorio	CBR al 95%	CBR al 100%
PEC-01	29.39	32.97
PEC-02	29.98	33.02
PEC-03	30.17	33.41
Promedio	**29.85**	**33.13**

Se muestra los valores del CBR (California Bearing Ratio) para el afirmado en tres puntos exploratorios del Jr. César Vallejo. Se presentan los valores del CBR al 95% y al 100% de compactación, con un promedio de 29.85 al 95% y 33.13 al 100%.

Figura 17

Valores del CBR del afirmado del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra los valores del CBR al 100% de la máxima densidad seca (MDS) en tres puntos exploratorios del Jr. César Vallejo. Se observa un incremento progresivo del CBR, desde 32.97 en PEC-01 hasta 33.41 en PEC-03.

- **CBR de la subrasante y el afirmado del Jr. Carlos Mariátegui**

Tabla 6

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui

OCH Y MDS-Subrasante		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
PEC-01	11.12	1.965
PEC-02	11.27	1.964
PEC-03	11.19	1.967
Promedio	11.19	1.965

Figura 18

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-01)

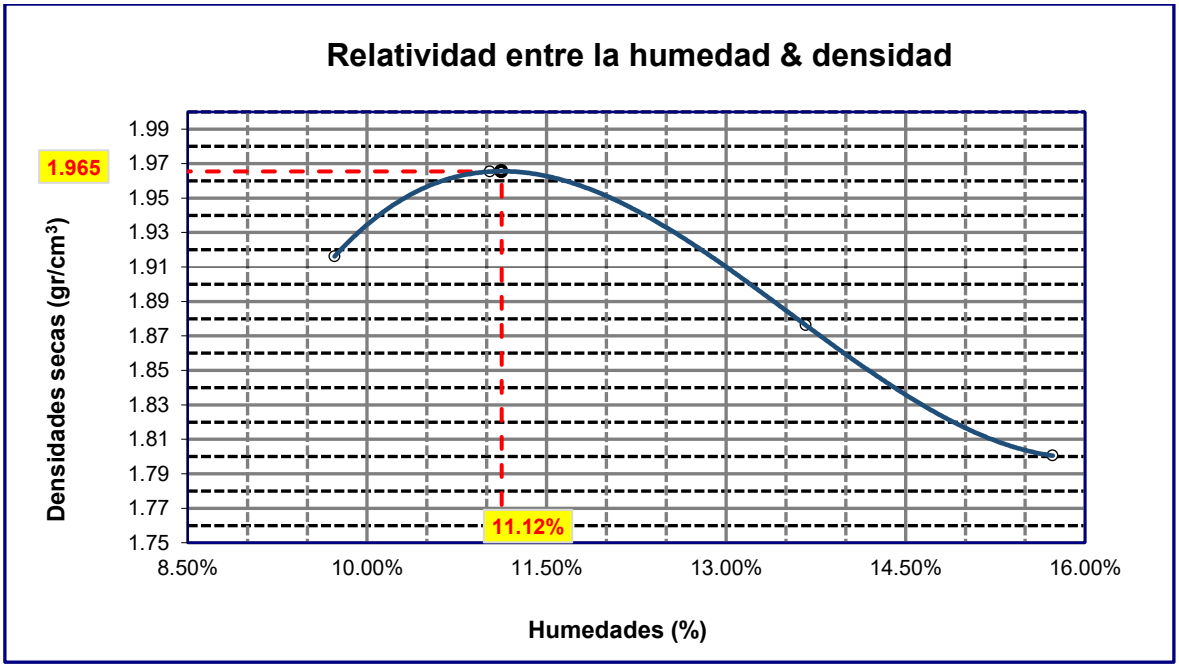


Figura 19

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-02)

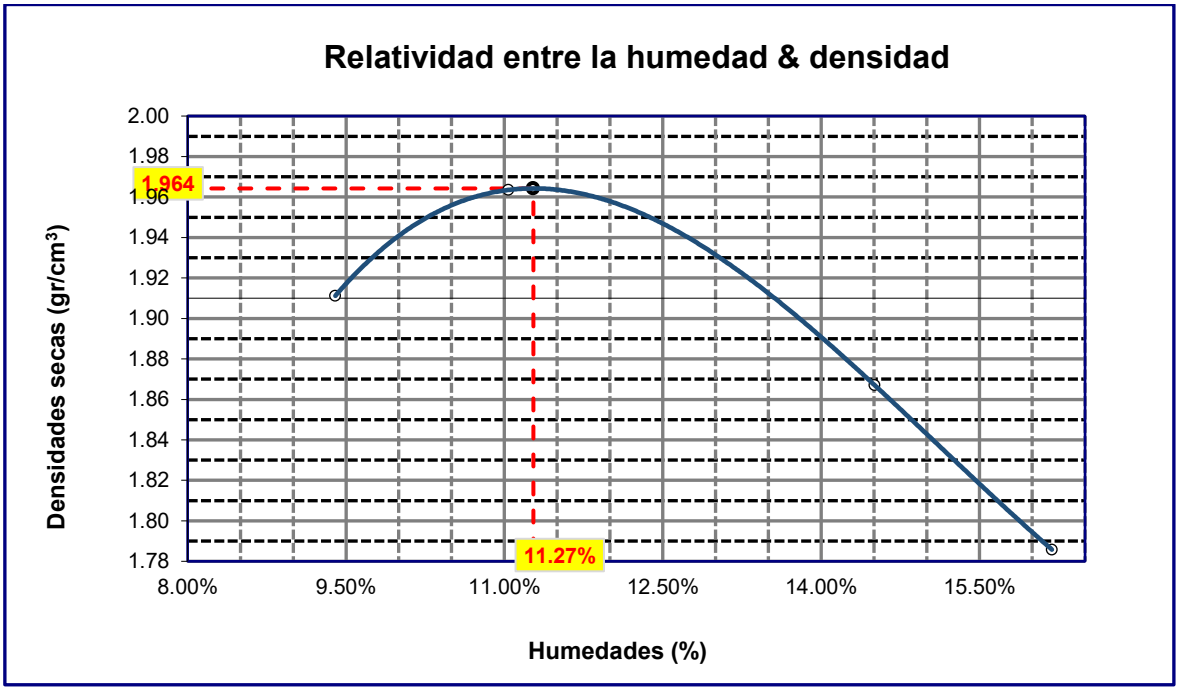


Figura 20

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-03)

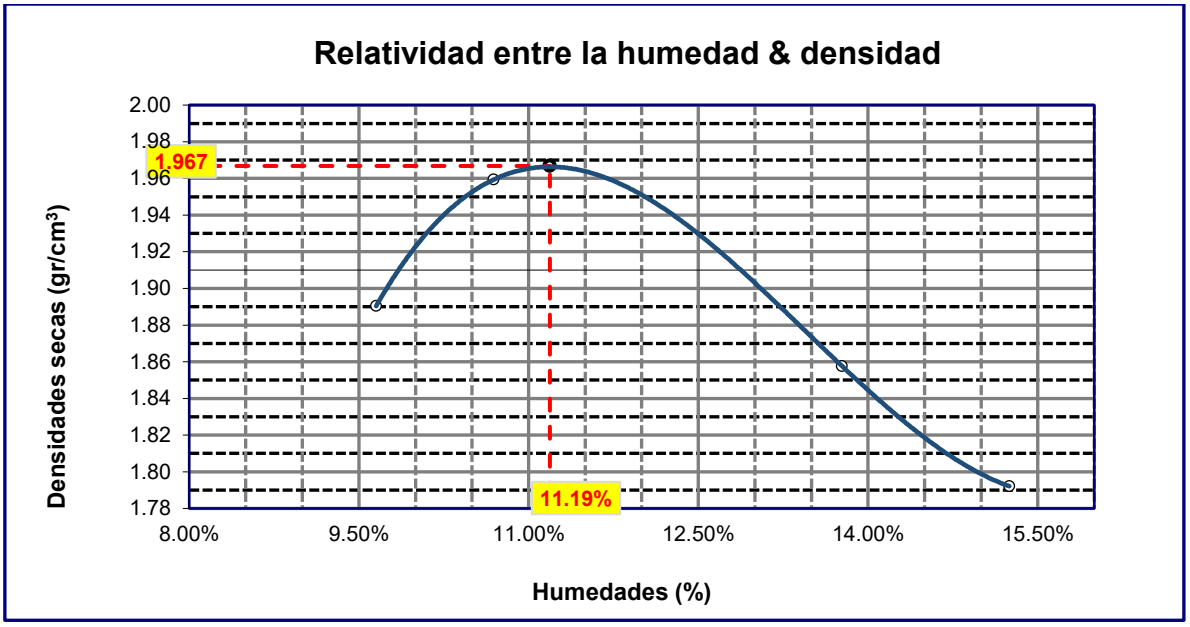
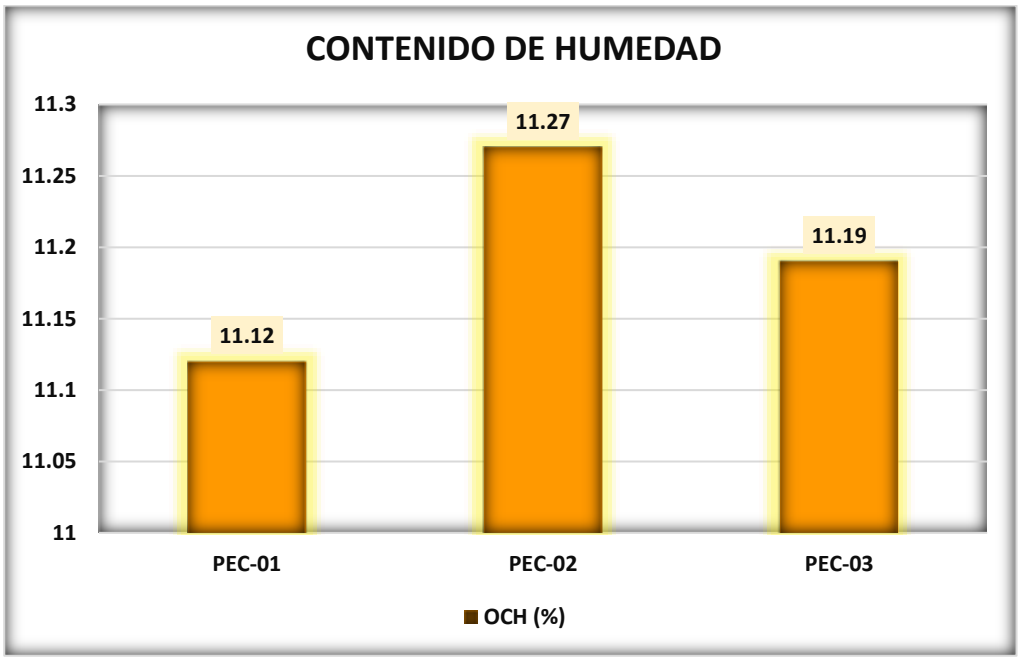


Figura 21

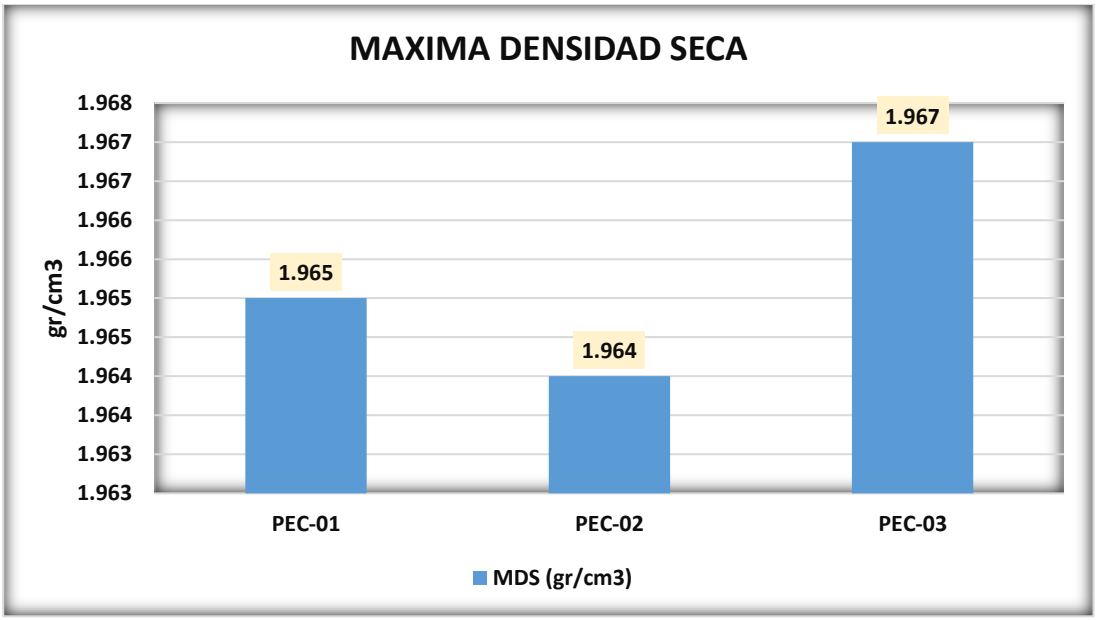
Humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui



Se muestra el (OCH) de la subrasante en el Jr. Carlos Mariátegui. El contenido óptimo de humedad varía entre 11.12% y 11.27% en las muestras.

Figura 22

Densidad de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui



Se muestra los valores de la máxima densidad seca (MDS) de la subrasante en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. El punto PEC-03 tiene la mayor densidad máxima seca (1.967 g/cm³), seguido por PEC-01 (1.965 g/cm³) y PEC-02 (1.964 g/cm³).

Tabla 7

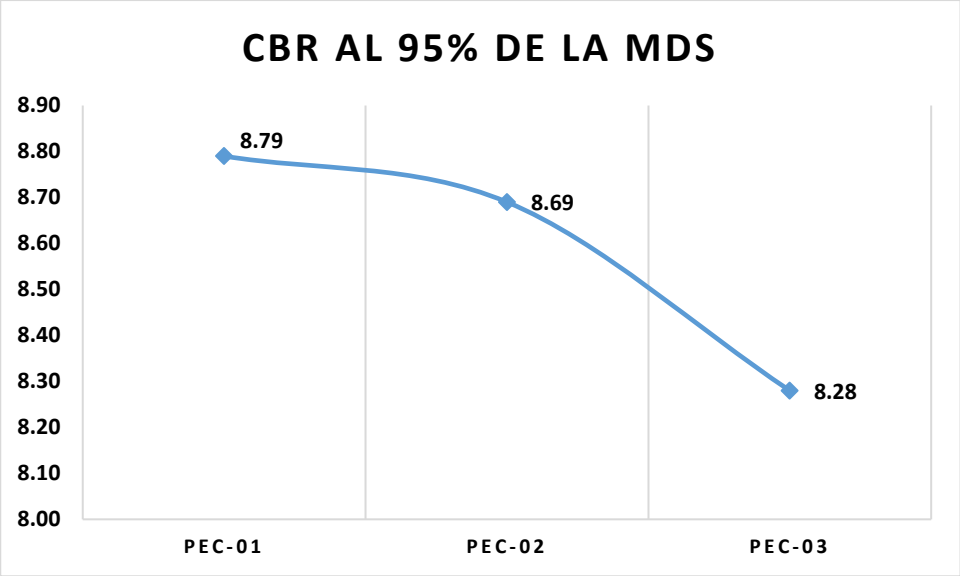
Valores del CBR de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui

CBR-Subrasante		
Punto Exploratorio	CBR al 95%	CBR al 100%
PEC-01	8.79	10.54
PEC-02	8.69	10.51
PEC-03	8.28	10.42
Promedio	8.59	10.49

La tabla muestra los valores del CBR de la subrasante en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. Los valores de CBR al 95% varían de 8.79 en PEC-01 a 8.28 en PEC-03, mientras que al 100% van de 10.54 a 10.42. El promedio del CBR al 95% es 8.59 y al 100% es 10.49.

Figura 23

Valores del CBR de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui



muestra los valores del CBR al 95% de la máxima densidad seca (MDS) en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. Se observa una disminución progresiva del CBR, desde 8.79 en PEC-01 hasta 8.28 en PEC-03.

- **Afirmado**

Tabla 8

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui

OCH Y MDS-Afirmado		
Punto Exploratorio	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
PEC-01	8.40	2.135
PEC-02	8.38	2.144
PEC-03	8.17	2.139
Promedio	8.32	2.139

Se muestra la densidad y humedad óptima del afirmado en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. El promedio de humedad es 8.32%, y la densidad promedio es 2.139 g/cm³.

Figura 24

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-01)

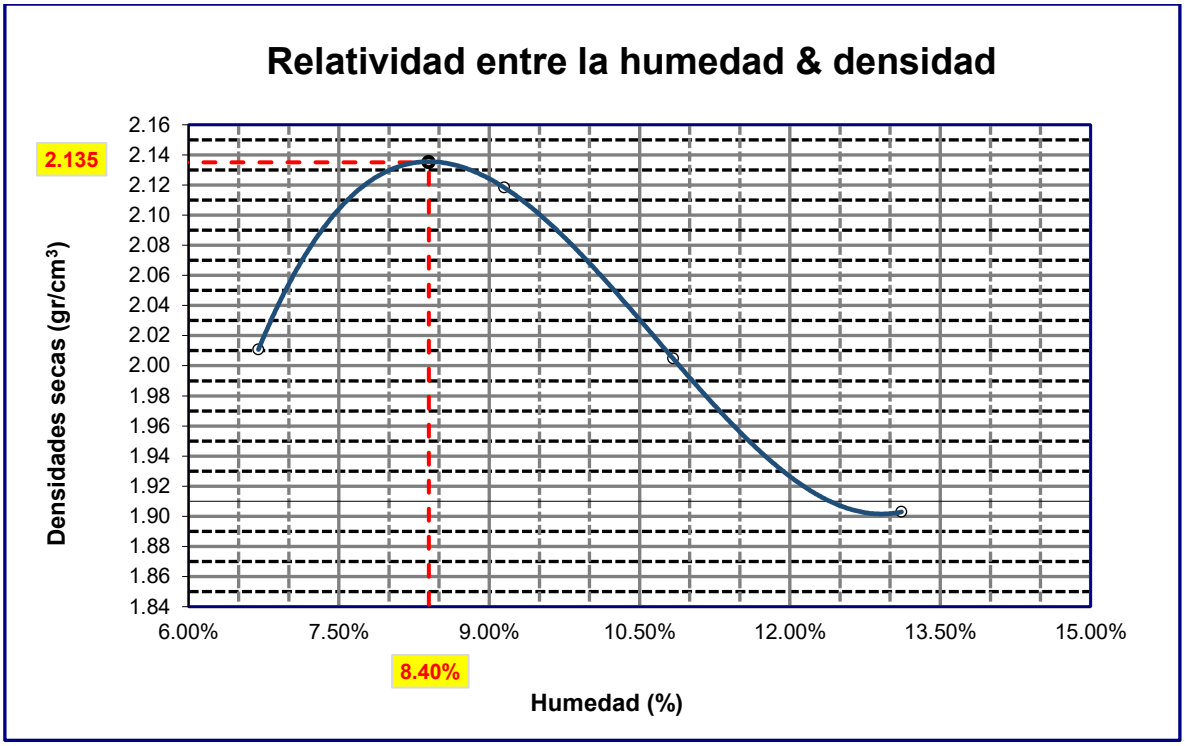


Figura 25

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-02)

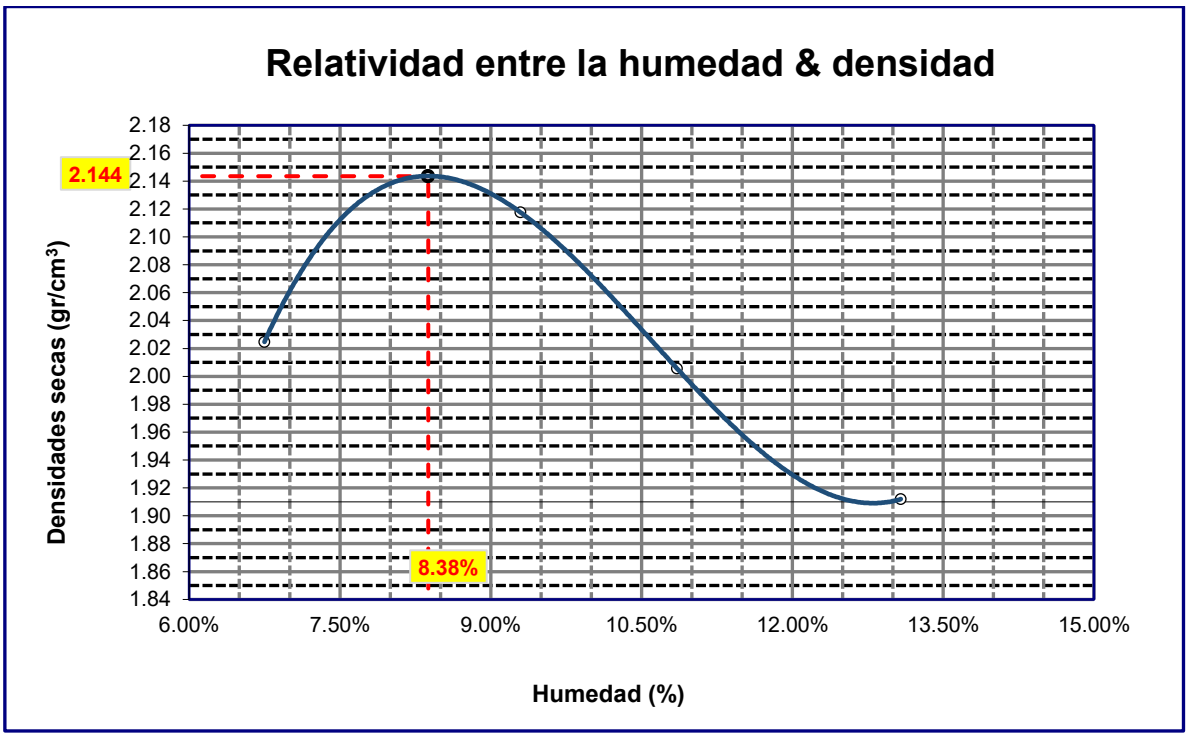


Figura 26

Densidad y humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui (PEC-03)

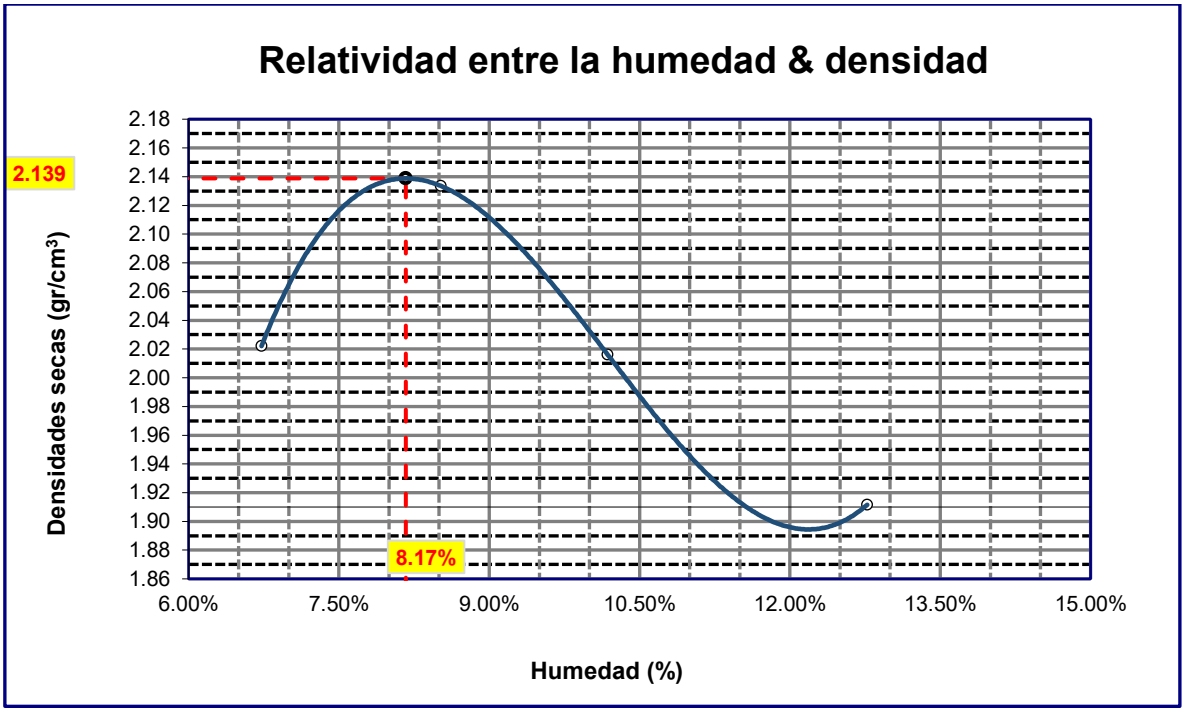
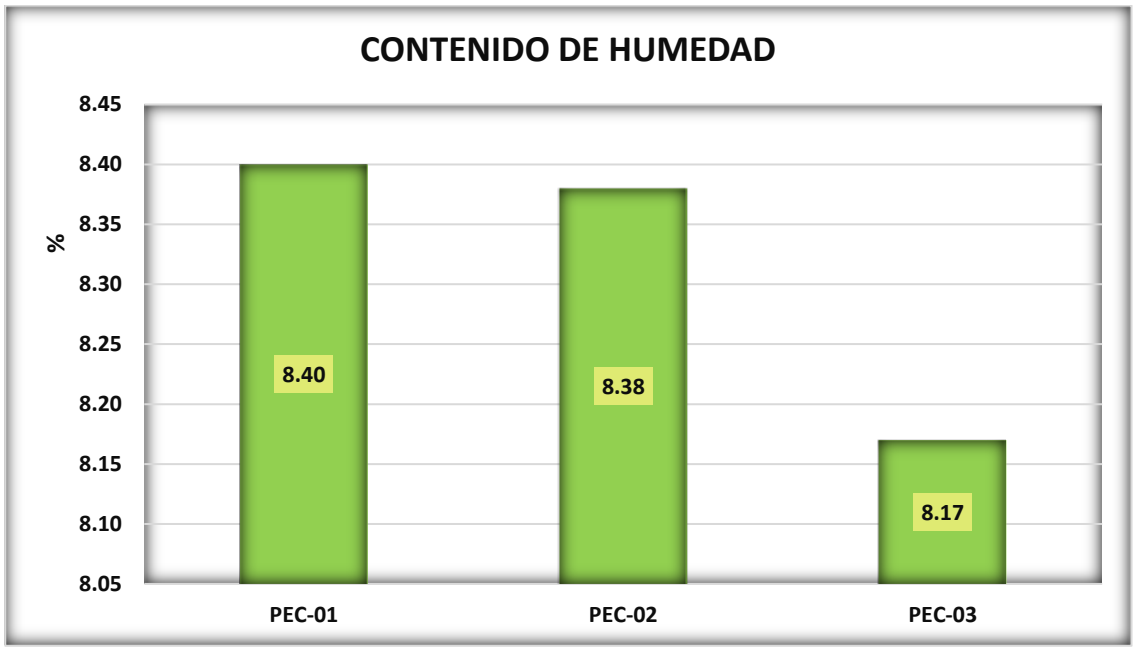


Figura 27

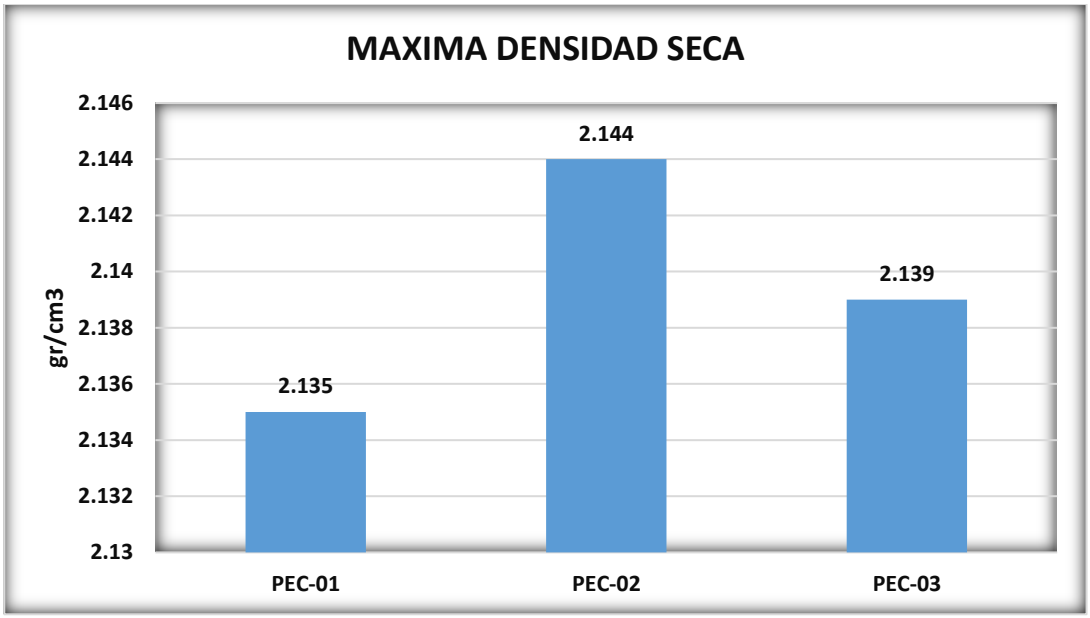
Humedad óptima del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui



Se muestra el (OCH) del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui. El contenido óptimo de humedad varía entre 8.17% y 8.40%.

Figura 28

Densidad del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui



Se muestra los valores de la máxima densidad seca (MDS) del afirmado en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. El punto PEC-02 tiene la mayor densidad (2.144 g/cm³), seguido por PEC-03 (2.139 g/cm³) y PEC-01 con la menor densidad (2.135 g/cm³).

Tabla 9

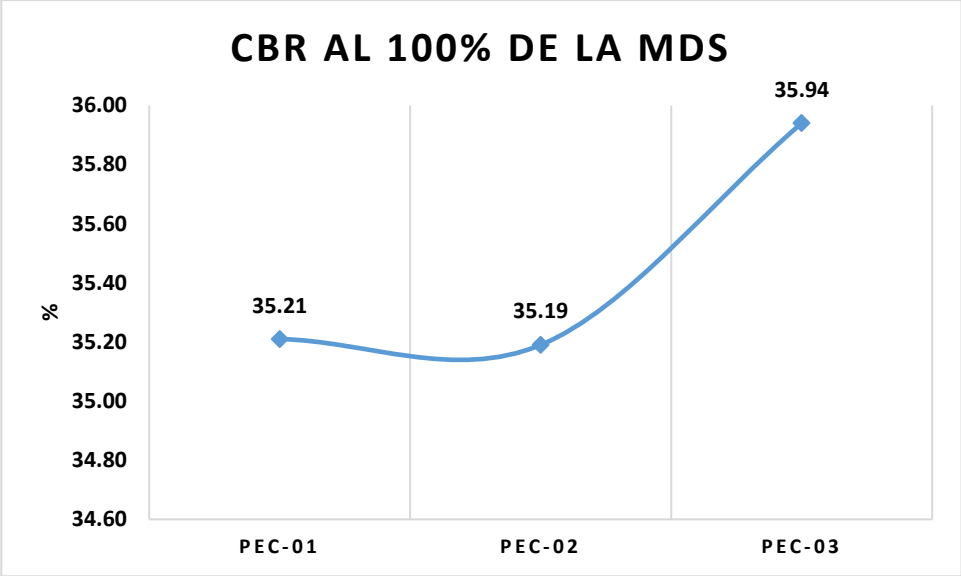
Valores del CBR del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui

CBR-Afirmado		
Punto Exploratorio	CBR al 95%	CBR al 100%
PEC-01	29.56	35.21
PEC-02	30.22	35.19
PEC-03	30.62	35.94
Promedio	30.13	35.45

Se muestra los valores del CBR para el afirmado en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. Los valores de CBR al 95% varían desde 29.56 en PEC-01 hasta 30.62 en PEC-03, mientras que al 100% varían de 35.21 en PEC-01 hasta 35.94 en PEC-03. El promedio del CBR al 95% es 30.13 y al 100% es 35.45.

Figura 29

Valores del CBR del afirmado del Jr. Carlos Mariátegui



Se muestra los valores del CBR en tres puntos exploratorios del Jr. Carlos Mariátegui. Se observa un incremento progresivo del CBR, desde 35.21 en PEC-01 hasta 35.94 en PEC-03.

4.1.2 Impacto de la incorporación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante en las vías de la provincia de Azángaro

- **CBR- subrasante del Jr. Cesar Vallejo con la inclusión de cenizas volantes**

Tabla 10

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Cesar Vallejo

OCH Y MDS-Subrasante con inclusión de cenizas volantes		
Porcentajes empleados	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
3%	10.43	1.980
6%	10.22	2.007
12%	9.94	2.021

Figura 30

Densidad y humedad óptima de la subrasante con 3% CEV

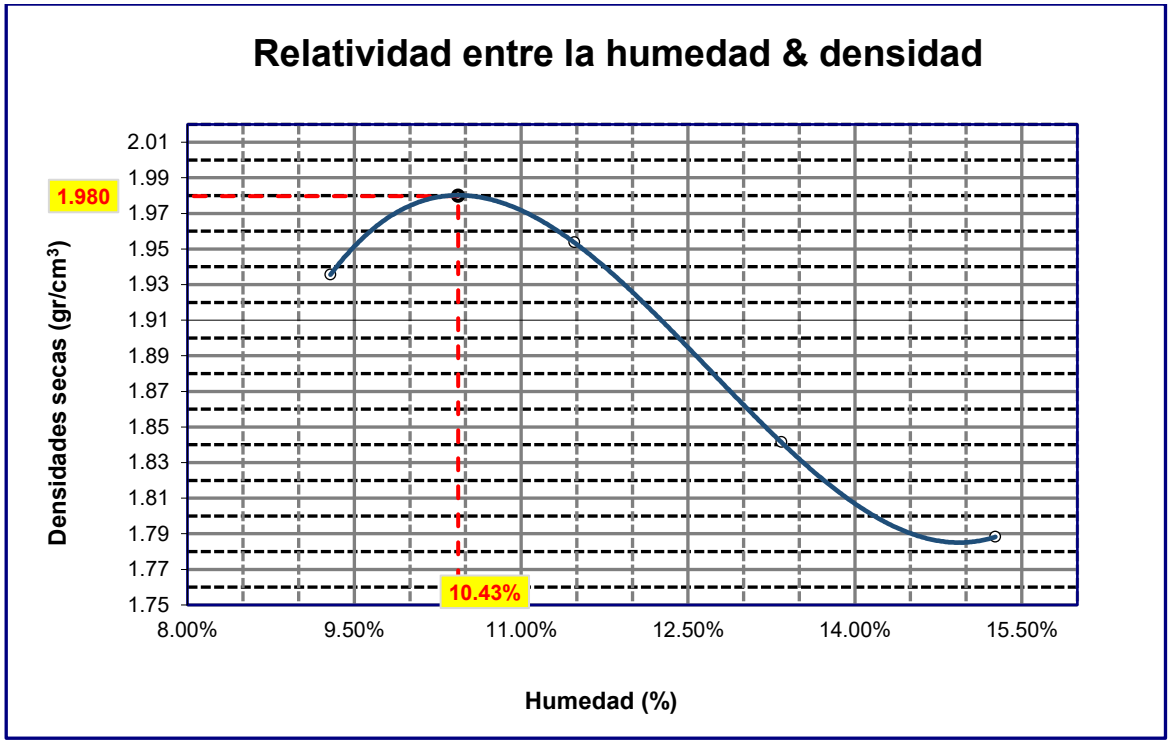


Figura 31

Densidad y humedad óptima de la subrasante con 6% CEV

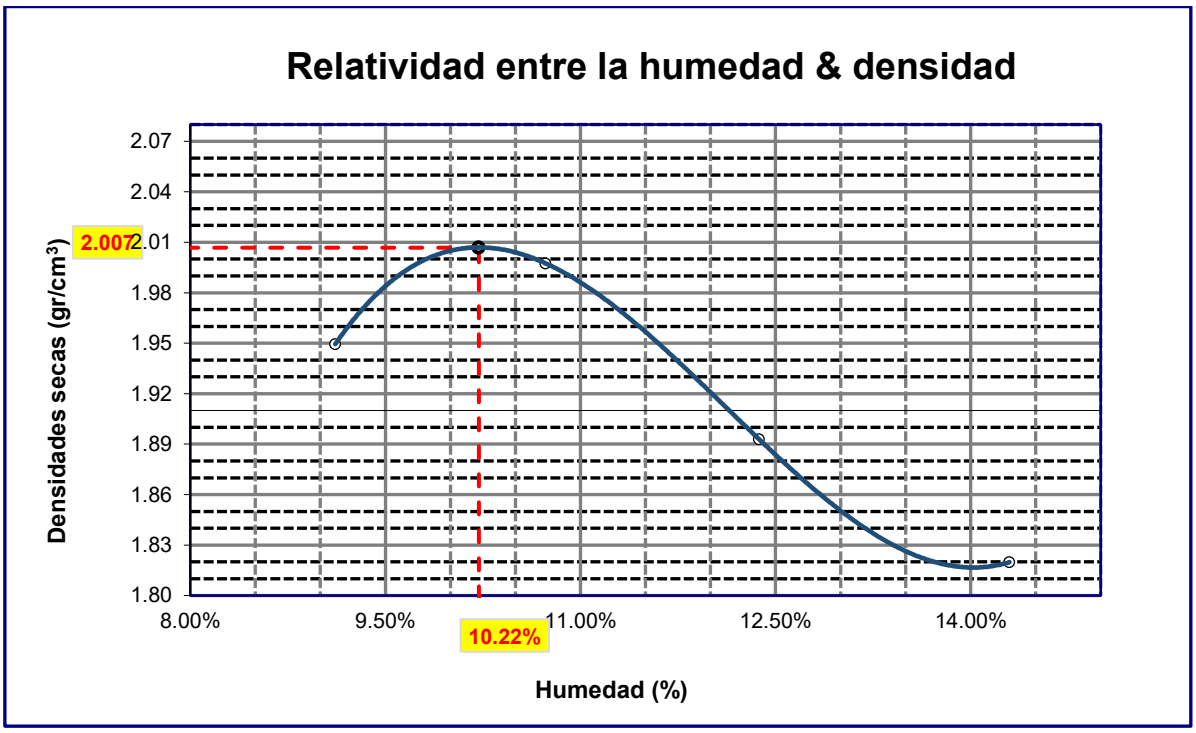


Figura 32

Densidad y humedad óptima de la subrasante con 12% CEV

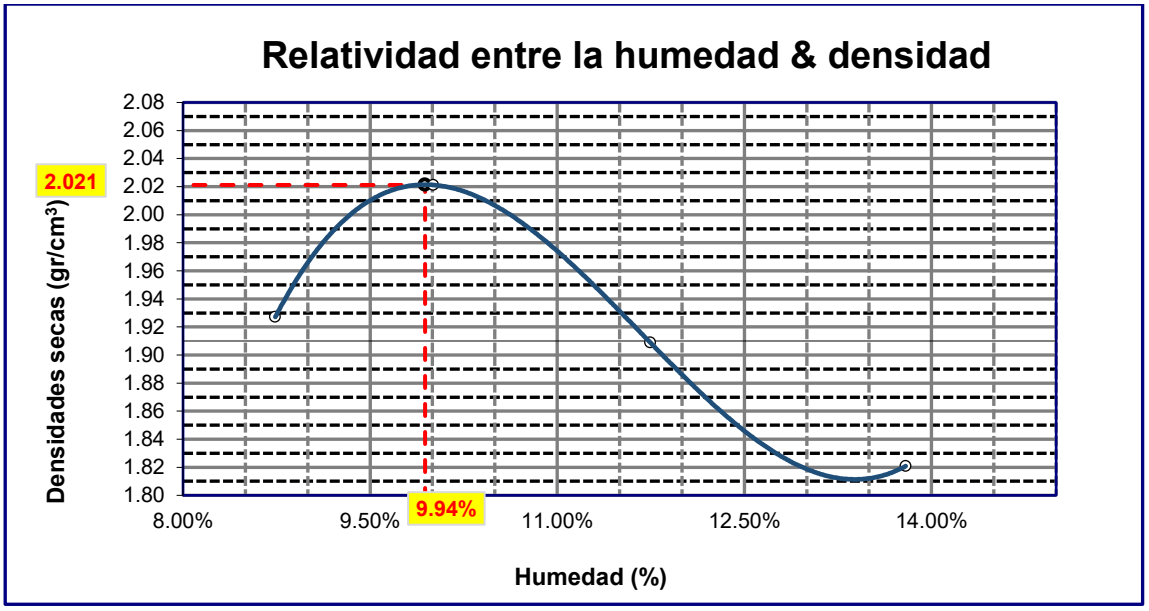
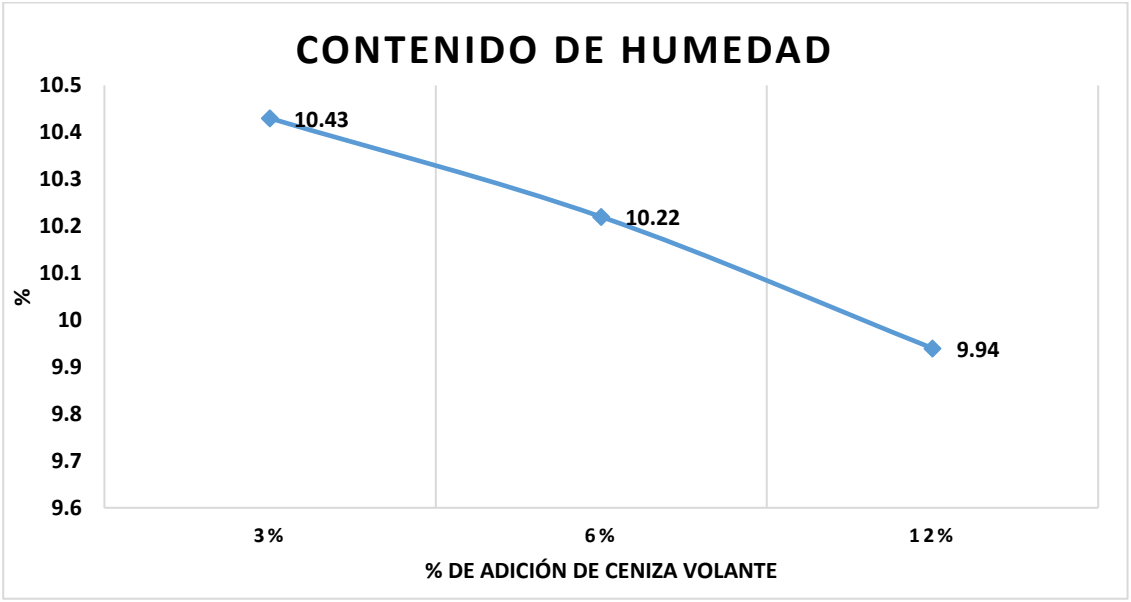


Figura 33

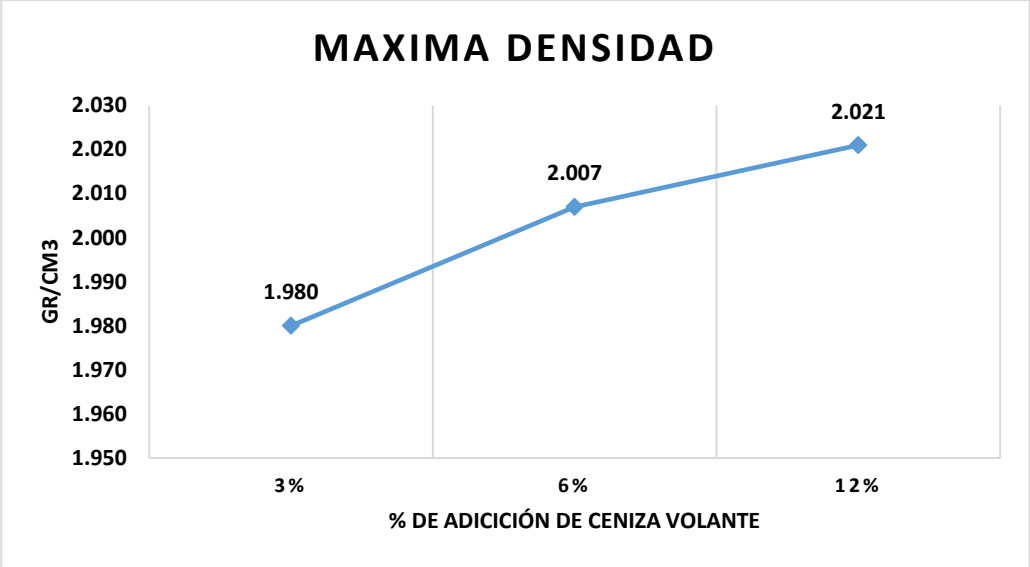
Humedad óptima de la subrasante con CEV del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra el (OCH) de la subrasante con la aplicación de cenizas volantes (CEV) en el Jr. César Vallejo. Se observa que el OCH disminuye con el porcentaje de CEV, alcanzando 10.43% para el 3% de CEV, 10.22% para el 6% de CEV, y 9.94% para el 12% de CEV.

Figura 34

Densidad de la subrasante con CEV del Jr. Cesar Vallejo



Se muestra la (MDS) de la subrasante con la aplicación de cenizas volantes (CEV) en el Jr. César Vallejo. Se observa que la MDS se incrementa conforme aumenta la proporción de cenizas volantes.

Tabla 11

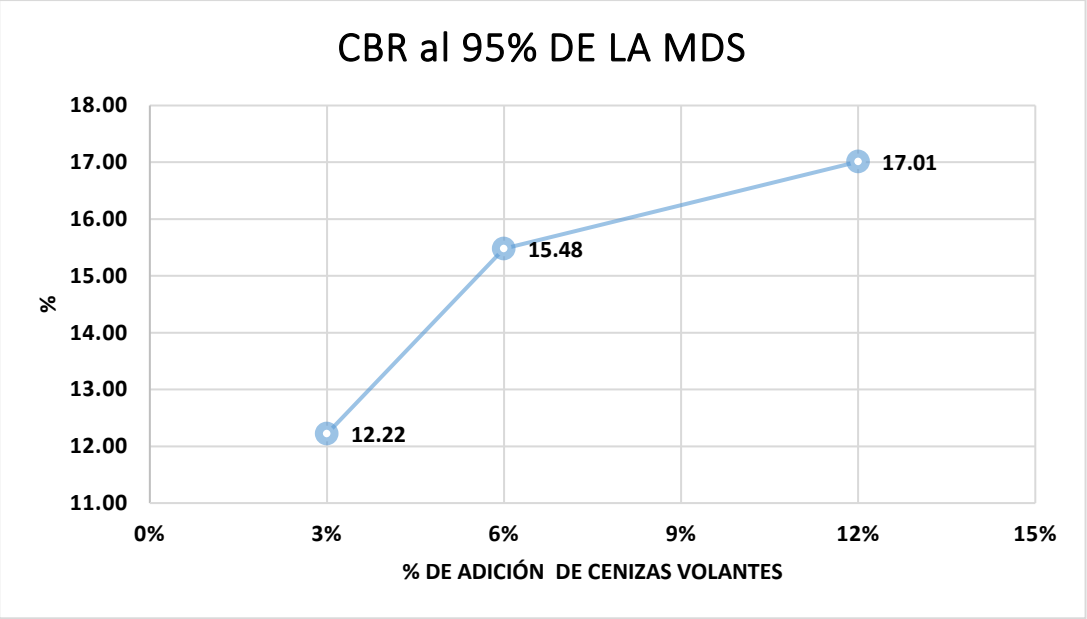
Valores del CBR de la subrasante con CEV del Jr. Cesar Vallejo

CBR-Subrasante		
Porcentajes empleados	CBR al 95%	CBR al 100%
3%	12.22 %	15.38 %
6%	15.48 %	17.99 %
12%	17.01 %	20.50 %

La tabla muestra los valores del CBR de la subrasante con la incorporación de cenizas volantes (CEV) en tres porcentajes diferentes. A medida que aumenta el porcentaje de CEV, tanto el CBR al 95% como al 100% de compactación aumentan, pasando de 12.22 y 15.38 con un 3% de CEV a 17.01 y 20.50 con un 12% de CEV, respectivamente.

Figura 35

Valores del CBR de la subrasante con CEV Jr. Cesar Vallejo



Se muestra los valores del CBR al 95% de la máxima densidad seca (MDS) en la subrasante con adición de cenizas volantes (CEV) en diferentes porcentajes. Se observa un aumento progresivo del CBR desde 12.22 con un 3% de CEV, alcanzando 17.01 con un 12% de CEV, lo que indica una mejora en la capacidad de soporte de la subrasante a medida que aumenta la cantidad de cenizas volantes.

- **CBR- subrasante del Jr. Carlos Mariátegui con la inclusión de cenizas volantes**

Tabla 12

Densidad y humedad óptima de la subrasante del Jr. Carlos Mariátegui

OCH Y MDS-Subrasante con inclusión de cenizas volantes		
Porcentajes empleados	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
3%	10.44	1.996
6%	9.93	2.014
12%	9.41	2.033

Figura 36

Densidad y humedad óptima de la subrasante con 3% CEV

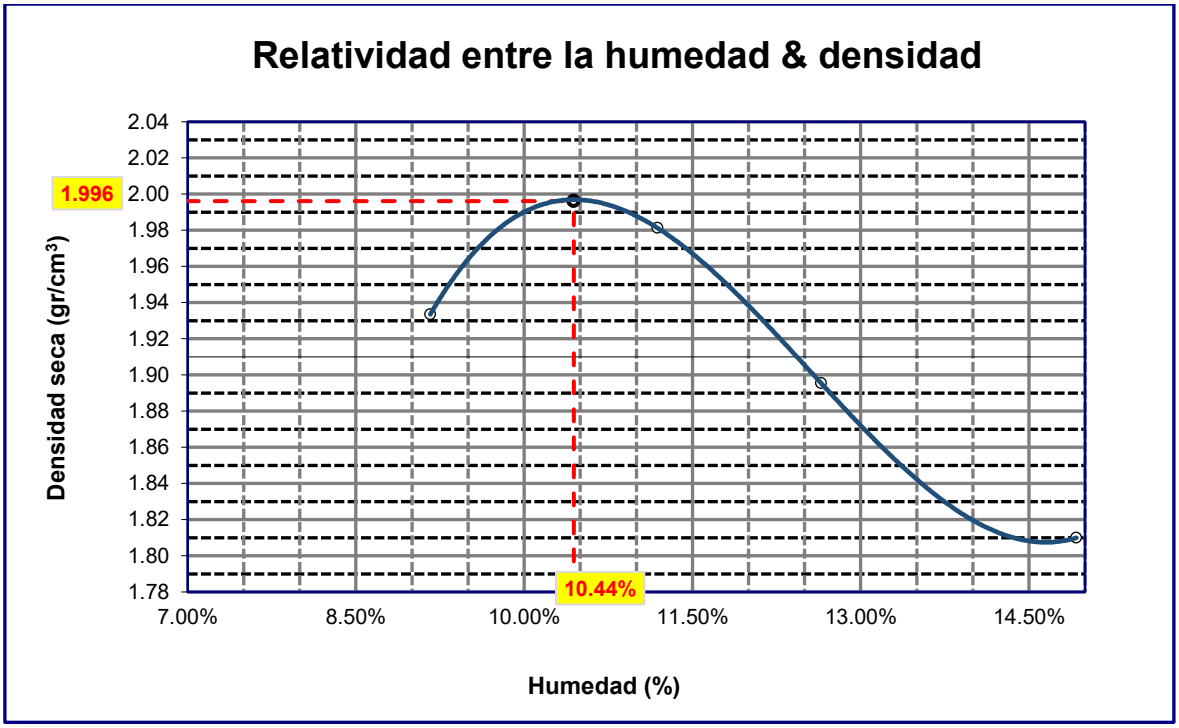


Figura 37

Densidad y humedad óptima de la subrasante con 6% CEV

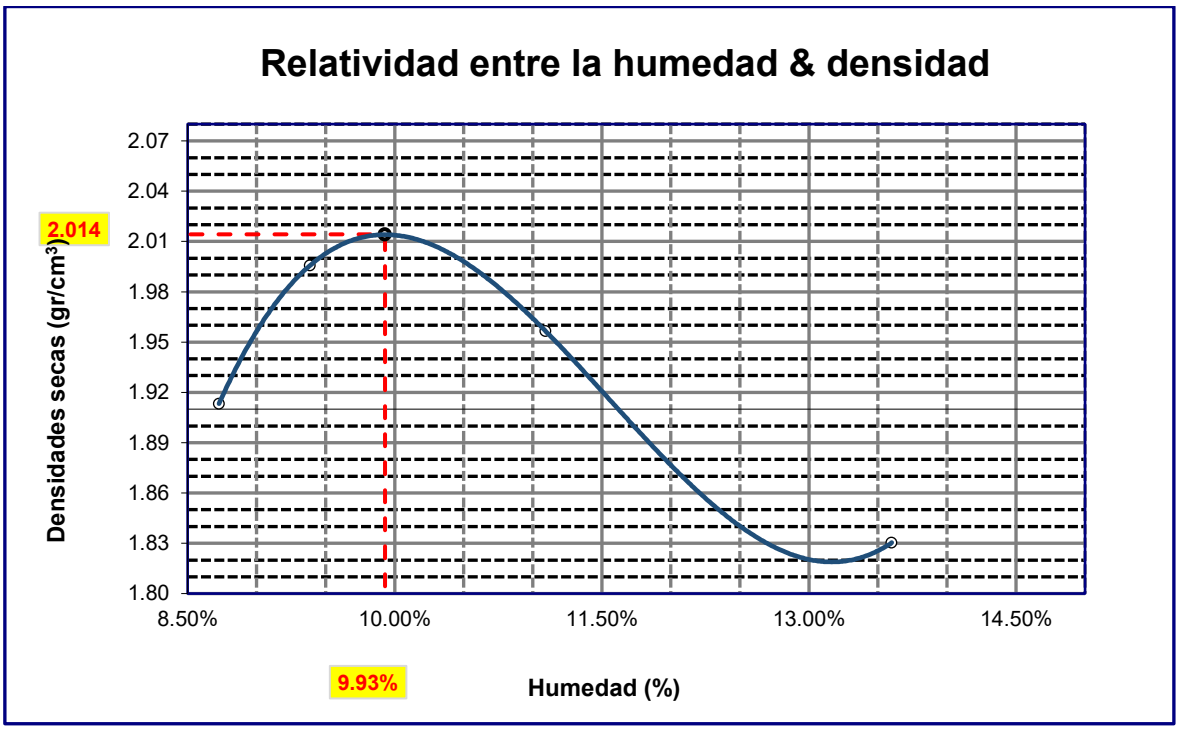


Figura 38

Densidad y humedad óptima de la subrasante con 12% CEV

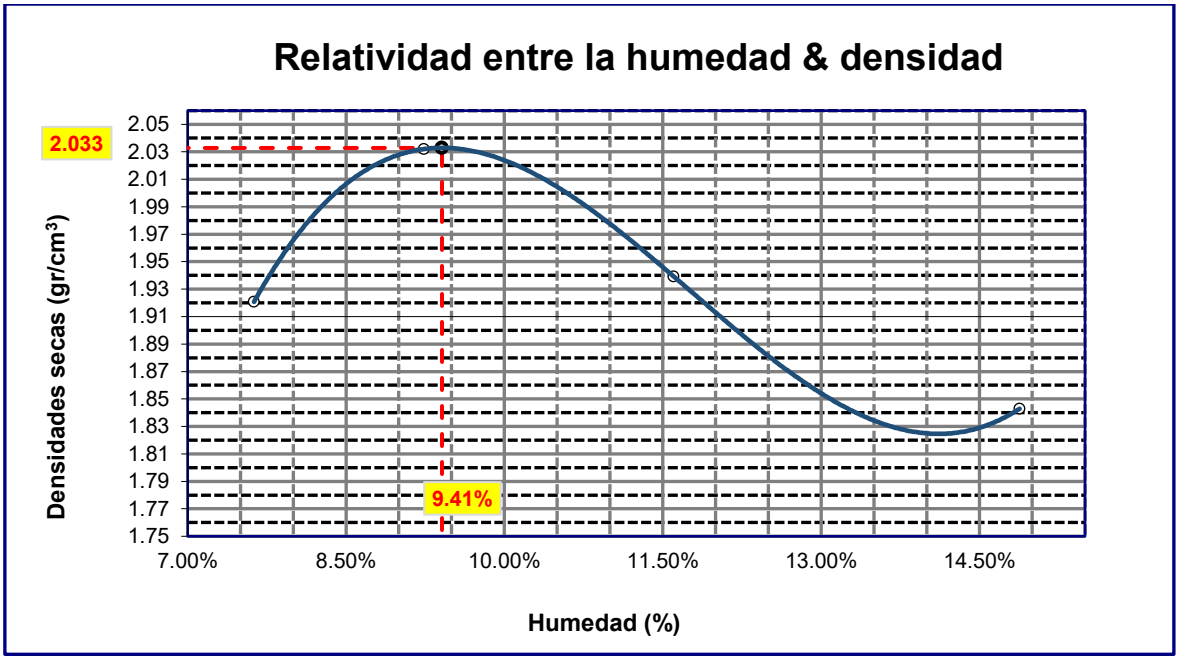
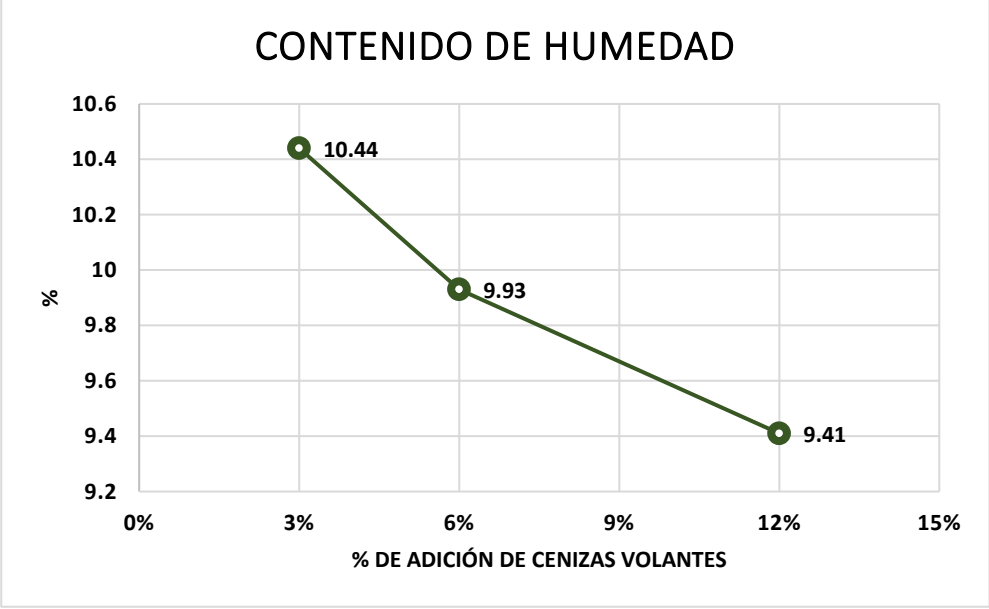


Figura 39

Humedad óptima de la subrasante con CEV del Jr. Carlos Mariátegui

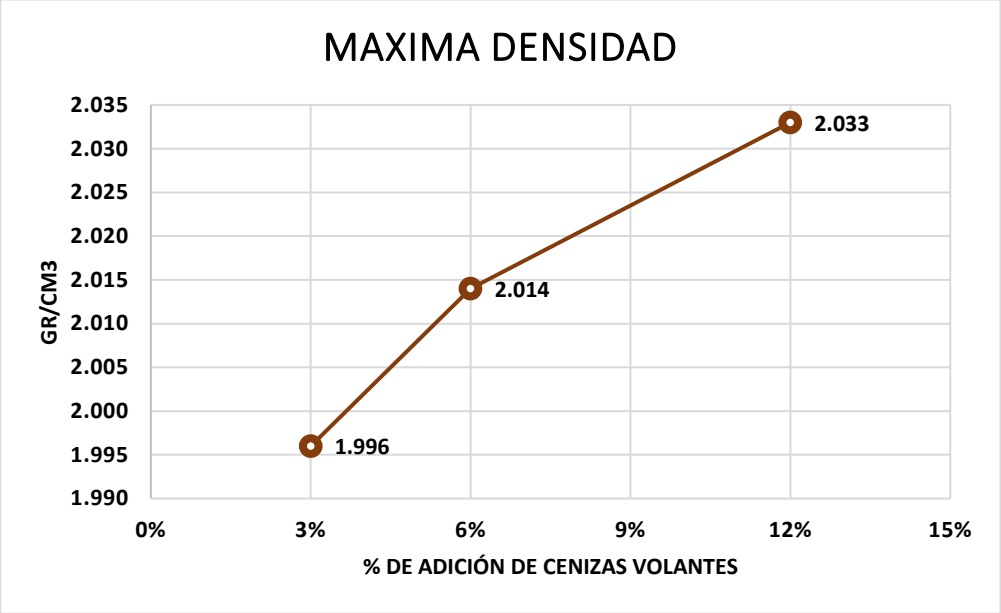


Se muestra el (OCH) de la subrasante con la aplicación de cenizas volantes (CEV) en el Jr. Carlos Mariátegui. Se observa que el OCH disminuye al aumentar el porcentaje de CEV,

alcanzando 10.44% para el 3% de CEV, 9.93% para el 6% de CEV, y 9.41% para el 12% de CEV.

Figura 40

Densidad de la subrasante con CEV del Jr. Carlos Mariátegui



Se muestra la (MDS) de la subrasante con la aplicación de cenizas volantes (CEV) en el Jr. Carlos Mariátegui. Se observa que la MDS incrementa con el aumento de las cenizas volantes.

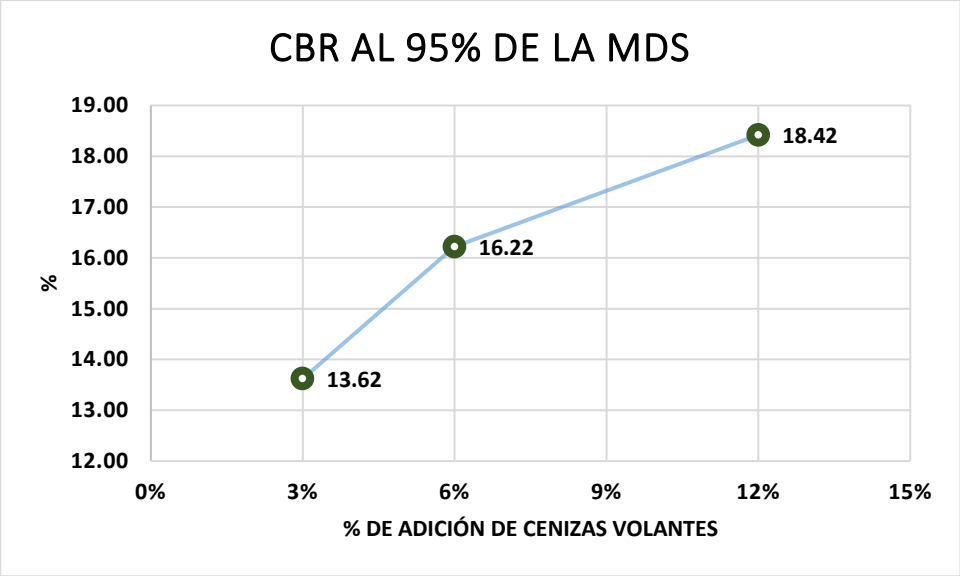
Tabla 13

Valores del CBR de la subrasante con CEV del Jr. Carlos Mariátegui

CBR-Subrasante		
Porcentajes empleados	CBR al 95%	CBR al 100%
3%	13.62	16.37
6%	16.22	18.68
12%	18.42	21.10

Figura 41

Valores del CBR de la subrasante con CEV Jr. Carlos Mariátegui



La gráfica muestra los valores del CBR al 95% de la (MDS) de la subrasante con adición de cenizas volantes (CEV) en diferentes porcentajes. Se observa un incremento progresivo del CBR, comenzando en 13.62 con un 3% de CEV y alcanzando 18.42 con un 12% de CEV, lo que indica una mejora en la capacidad de soporte de la subrasante al aumentar la cantidad de cenizas volantes.

4.1.3 Espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante, en las vías de la provincia de Azángaro

4.1.3.1. Espesor del afirmado en el Jr. Cesar Vallejo

- Con una subrasante estabilizada

Siguiendo la metodología de diseño del MTC basada en la NAASRA cuya formula es la siguiente.

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10}CBR) + 58 \times (\log_{10}CBR)^2] \times \log_{10}(Nrep/120)$$

Donde:

CBR de la subrasante sin alteraciones es de: 17.01%

Nrep: 204076

Al reemplazar los valores en la fórmula definida, se obtiene un espesor de 152.39 mm.

e = 15 cm

Según la metodología USACE la formula aplicada es la siguiente:

$$\log(t) = 1.7054 * \frac{R^{0.1237}}{C1^{0.4663} * C2^{0.1423}}$$

R (EE): 204076

C1 (CBR del afirmado): 33.13

C1 (CBR de la subrasante): 17.01%

T(espesor): ¿?

Remplazando los valores correspondientes a la fórmula se obtuvo que el espesor del afirmado es de 10. 25cm. Sin embargo, el método establecido un mínimo de 4 pulgadas por ende el valor tomado deberá de 12 cm.

Tabla 14

Comparativa de espesores

Descripción	Espesor (cm)	Diferencia en cm
Espesor-afirmado	26	
		11
Espesor-afirmado (estabilización de subrasante)	15	

Se muestra la comparación entre el espesor del afirmado original y el espesor del afirmado tras estabilizar la subrasante en el Jr. César Vallejo. Se observa que, al estabilizar la subrasante, el espesor del afirmado se reduce significativamente, pasando de 26 cm a 15 cm, lo que genera una diferencia de 11 cm.

4.1.3.2. Espesor del afirmado en el Jr. Carlos Mariátegui

➤ Con una subrasante estabilizada

Siguiendo la metodología de diseño del MTC basada en la NAASRA cuya formula es la siguiente.

$$e = [219 - 211 \times (\log_{10}CBR) + 58 \times (\log_{10}CBR)^2] \times \log_{10}(Nrep/120)$$

Donde:

CBR de la subrasante sin alteraciones es de: 18.42%

Nrep: 322188

Al realizar la sustitución de los valores en la fórmula, se obtiene un espesor de 153.89 mm.

e = 15 cm

Según la metodología USACE la formula aplicada es la siguiente:

$$\log(t) = 1.7054 * \frac{R^{0.1237}}{C1^{0.4663} * C2^{0.1423}}$$

R (EE): 322188

C1 (CBR del afirmado): 35.45

C1 (CBR de la subrasante): 18.42%

T(espesor): ¿?

Remplazando los valores correspondientes a la fórmula se obtuvo que el espesor del afirmado es de 10. 59cm. Sin embargo, el método establecido un mínimo de 4 pulgadas por ende el valor tomado deberá de 12 cm.

Tabla 15

Comparativa de espesores

Descripción	Espesor (cm)	Diferencia en cm
Espesor del afirmado	25	10
Espesor-afirmado (estabilización de subrasante)	15	

Se muestra la comparación entre el espesor del afirmado original y el espesor del afirmado tras estabilizar la subrasante en el Jr. Carlos Mariátegui. Se observa que, al estabilizar la subrasante, el espesor del afirmado se reduce significativamente, pasando de 25 cm a 15 cm, lo que genera una diferencia de 10 cm.

4.2 Discusión de Resultados

Los hallazgos obtenidos en este análisis revelan patrones que coinciden con los resultados de investigaciones previas, tanto nacionales como internacionales, que destacan la efectividad de las cenizas volantes como estabilizantes de suelos problemáticos.

De acuerdo con Melese et al. (2024), la utilización de cenizas volantes derivadas de residuos sólidos urbanos (RSU) para la estabilización de suelos expansivos produjo mejoras notables en las características mecánicas del suelo, como un aumento en el valor de CBR y una disminución en la expansión. De manera similar, los datos de nuestra investigación evidencian una mejora en la capacidad de carga de la subrasante al incorporar cenizas volantes, particularmente en los valores de CBR, lo que respalda la hipótesis de que las cenizas volantes juegan un papel clave en la mejora de la resistencia del suelo frente a las cargas. La reducción de la expansión y el aumento de la cohesión, observados en ambos estudios, pueden explicarse por las reacciones puzolánicas que las cenizas volantes provocan en el suelo.

En cuanto al estudio de Liu et al. (2024), que evaluó el uso de cenizas volantes de lignito (BCFA), los resultados demostraron mejoras en la resistencia a la compresión no confinada (UCS), el módulo resiliente y el CBR empapado. De manera similar, en nuestro caso, la incorporación de ceniza volante mostró un incremento en el valor de CBR y una mejora en la cohesión, lo que confirma la capacidad de las cenizas volantes de mejorar las propiedades mecánicas del suelo, tanto en términos de resistencia como de capacidad de carga. La reducción de la deformación por contracción e hinchamiento, observada en el estudio de Liu et al., también se refleja en nuestros resultados, donde la ceniza volante contribuyó a la estabilización del suelo y la reducción de su sensibilidad a las variaciones de humedad.

A nivel nacional, el trabajo de Salazar (2024) sobre la estabilización de la subrasante utilizando cenizas de carbón reveló que la incorporación de un 20% de ceniza de carbón provocó un incremento considerable en el valor de CBR, lo cual destacó la efectividad de este material en la mejora de la capacidad de carga del suelo. En paralelo, los resultados obtenidos en nuestro estudio refuerzan esta idea, mostrando que la ceniza volante también actúa como un estabilizante eficaz. A medida que la proporción de ceniza volante en la mezcla aumentaba, se observaba una mejora significativa en el valor de CBR, lo que confirma que este material tiene un impacto positivo en las propiedades del suelo.

Carrasco (2025) en su estudio sobre la estabilización de suelos en el corredor vial Nueva Esperanza-Echarati-Cusco con CPA, encontró que la adición del 15% de CPA a los suelos arcillosos resultó en un incremento significativo de la capacidad de soporte Mini-CBR en más del 100% y una notable reducción de la expansión del suelo. Este resultado es consistente con la hipótesis de que los suelos finos tropicales, como los no lateríticos, tienen una capacidad limitada para soportar cargas de tráfico, lo que requiere el uso de estabilizantes. La combinación de 85% de suelo y 15% de CPA fue identificada como la proporción óptima, lo que se alinea con estudios previos que sugieren que el CPA mejora la capacidad de carga del suelo al disminuir su expansividad.

Por otro lado, el estudio de Salazar (2024) sobre la estabilización de la subrasante en la vía Luya-Ocumal con cenizas de carbón mostró que la adición de 20% de ceniza de carbón resultó en el mayor incremento del valor CBR, alcanzando un aumento significativo de más de 13 puntos porcentuales, lo que indica un fortalecimiento considerable de las propiedades mecánicas del suelo. Sin embargo, al incorporar un 25% de ceniza de carbón, el valor CBR disminuyó, lo que sugiere que hay un punto de saturación más allá del cual el material estabilizante puede no mejorar más las características del suelo. Esto resalta la importancia de identificar la proporción adecuada de estabilizante para maximizar los beneficios sin comprometer otras propiedades del suelo.

En cuanto al estudio de Diaz (2024), sobre la estabilización de la subrasante en la carretera Chachapoyas-Huancas, se concluyó que la estabilización con 25% de ceniza de carbón fue más efectiva en mejorar la capacidad portante del suelo, lo que coincide con los resultados obtenidos por Carrasco y Salazar en términos de mejora de la resistencia del suelo. Sin embargo, es importante destacar que este estudio también utilizó la metodología AASHTO 93 para el diseño del pavimento, lo que proporciona un enfoque estructurado y estandarizado para dimensionar las capas del pavimento, recomendando una carpeta asfáltica de 8 cm, base de 15 cm y subbase de 20 cm.

A nivel local, la investigación realizada por Juchani (2023) sobre el impacto de la ceniza de fondo en la estabilización de suelos arcillosos arrojó resultados que reflejan una mejora significativa en la capacidad de carga del suelo con la incorporación de dicho material. En nuestro análisis, los resultados obtenidos también indican que la incorporación de ceniza volante tiene un efecto positivo en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, al incrementar su capacidad de soporte. Esta observación se alinea con los hallazgos de Juchani, quien igualmente constató un aumento en el valor del CBR (al utilizar ceniza de fondo como aditivo. Ambos estudios coinciden en que el uso de estos materiales derivados de residuos, como la ceniza, mejora notablemente la resistencia del suelo, lo

que respalda la eficacia de estos compuestos en la estabilización de terrenos con características problemáticas.

Por último, el trabajo de Maquera y Aquino (2021), que evaluó la combinación de cal y ceniza volante, evidenció mejoras significativas en la capacidad de carga del suelo. Este estudio refuerza la idea de que la estabilización con ceniza volante, similar a otros estabilizantes, mejora las propiedades del suelo, como la reducción de la plasticidad y el incremento del CBR, características también observadas en nuestro estudio.

En conclusión, los resultados refuerzan la eficacia de la ceniza volante como material estabilizante para suelos de subrasante. La incorporación de ceniza volante mejora las propiedades mecánicas de los suelos, aumentando su capacidad de soporte, reduciendo su plasticidad y optimizando su comportamiento estructural en la construcción de caminos no pavimentados. Sin embargo, como se observa en los estudios anteriores, se debe tener en cuenta que existe un porcentaje óptimo de ceniza volante que debe ser añadido para obtener los mejores resultados en términos de capacidad de carga y estabilidad del suelo.

CONCLUSIONES

General, la incorporación de ceniza volante en la subrasante de las vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro ha demostrado tener un impacto positivo significativo en la capacidad de soporte del suelo y en la reducción del espesor del afirmado. El CBR de la subrasante aumentó de 7.45% a 17.01% en el Jr. César Vallejo y de 8.59% a 18.42% en el Jr. Carlos Mariátegui al aplicar ceniza volante en proporciones de hasta 12%. Esta mejora en la capacidad de soporte permitió reducir el espesor del afirmado de 26 cm a 15 cm en el Jr. César Vallejo y de 25 cm a 15 cm en el Jr. Carlos Mariátegui, lo que indica una optimización en el uso de materiales y reducción de costos en la construcción de las vías.

Primero, se determinó la capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro. El CBR de la subrasante al 95% de la MDS fue de 7.45% en el Jr. César Vallejo y 8.59% en el Jr. Carlos Mariátegui. El CBR del afirmado al 100% de la MDS fue de 33.13% en el Jr. César Vallejo, y 35.45% en el Jr. Carlos Mariátegui, evidenciando que el material actual del afirmado fue menor al 40% requerido por el MTC, indicando que no cumple con los requisitos de la capacidad de soporte.

Segundo, la incorporación de ceniza volante en porcentajes controlados (3%, 6%, y 12%) sobre la subrasante de las vías de la provincia de Azángaro mostró mejoras notables en la capacidad de soporte del suelo. En el Jr. César Vallejo, el CBR al 95% aumentó de 7.45% a 17.01%. En el Jr. Carlos Mariátegui, el CBR al 95% aumentó de 8.59% a 18.42%. Esto demuestra que la ceniza volante es un estabilizante eficaz que mejora significativamente el CBR del suelo.

Tercero, el espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante con ceniza volante se redujo de manera considerable en ambas vías. En el Jr. César Vallejo, el espesor del afirmado pasó de 26 cm a 15 cm, lo que representa una reducción de 11

cm. En el Jr. Carlos Mariátegui, el espesor se redujo de 25 cm a 15 cm, con una diferencia de 10 cm. Este resultado confirma que la estabilización de la subrasante permite una optimización de recursos y una reducción significativa en el espesor del afirmado.

RECOMENDACIONES

Primero, se recomienda evaluar el efecto de la incorporación de ceniza volante en un rango más amplio de concentraciones (por ejemplo, del 15% al 40%) para determinar si existen proporciones más altas que puedan mejorar aún más la capacidad de soporte de la subrasante sin causar efectos negativos, como el aumento de la plasticidad o el hinchamiento.

Segundo, se recomienda evaluar el impacto de otros tipos de cenizas volantes, como las provenientes de distintas fuentes de residuos industriales (lignito, carbón, etc.), para comparar su efectividad en la estabilización de suelos de características similares a los de la provincia de Azángaro.

Tercero, se recomienda la instalación de tramos de prueba en vías reales para monitorear el comportamiento del suelo estabilizado con ceniza volante bajo condiciones de tráfico. Este monitoreo podría incluir la evaluación de deformaciones plásticas, agrietamiento y desgaste del material estabilizado durante el uso prolongado.

Cuarto, se recomienda realizar un análisis económico detallado sobre la viabilidad de aplicar cenizas volantes a gran escala en la provincia de Azángaro, considerando costos de recolección, transporte y procesamiento, comparados con los beneficios derivados de la reducción del espesor del afirmado y la mejora en la capacidad de carga de las vías.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Angeles Rado, J. L., & Chacon Aucapuri, E. (2021). Influencia de la melaza como elemento aglomerante en el CBR (valor de la relación de soporte California) del afirmado para trochas carrozables San Sebastián, Cusco 2021. *Universidad Continental*. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12582

Astete Tebes, A. (2024). Análisis del mantenimiento de la red vial departamental a nivel de afirmado entre los tramos PE-34 I – EMP. PU-110, distrito de Cojata, provincia de Huancané, departamento de Puno, 2020. *Universidad José Carlos Mariátegui*.

Avilez Inocente, N. (2025). Efectos de la estabilización de subrasante con cenizas de madera de eucalipto en el Jr. Tupac Amaru, distrito de Chilca.

Barretto Calizaya, P. A. A. (2024). *Ceniza de olivo y guayaba y su influencia en la estabilización de subrasante en la Calle 12, Moquegua,2023*.

Bejar Ponce, J. G. A., & Pacheco Hualpa, S. A. (2019). *Aplicación del método analitico de odemark para la estructura de afirmado de la carretera de bajo volumen—Ruta HU-775*. https://hdl.handle.net/20.500.14138/2626

Bhatt, A., Priyadarshini, S., Acharath Mohanakrishnan, A., Abri, A., Sattler, M., & Techapaphawit, S. (2019). Physical, chemical, and geotechnical properties of coal fly ash: A global review. *Case Studies in Construction Materials*, *11*, e00263. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2019.e00263

Camelo-Rojas, A. S., & González-Esposito, H. L. (2021). *Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles*. https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/2f1ee1e5-bb47-4907-a12f-fd64f4ede18a

Carrasco Quispe, A. E. (2025). *Contribución al comportamiento mecánico del suelo de fundación del corredor vial Nueva Esperanza—Echarati—Cusco estabilizado con*

ceniza volante de palma aceitera evaluado con la metodología MCT. https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/5cef902e-385d-4d56-8411-77718f63d7d4

Chalco Aucapure, Y. F. (2022). *Mejoramiento del material de afirmado usando cenizas de tallos de habas y arvejas en Paucartambo – Paucartambo—Cusco*.

Chiroque Córdova, E. D., & Moreno Ucañani, B. A. (2023). *Análisis geométrico y diseño de afirmado del camino vecinal Caserío Culebreros—Caserío Cruz Azul, Morropón, Piura* [Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/item/c977d965-d7c9-454c-98aa-5a9a5bc6e9f4

Conde Núñez, D. V. (2022). *Estabilización de una carretera a nivel de afirmado con mezcla de suelo salino y agregado de río, Sector Macacona-Arequipa*. http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/10360

Cubas Regalado, I. M. (2024). Mejoramiento de las características físico mecánicas del suelo de la subrasante de la avenida Inmaculada al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Jaén 2023. *Universidad Nacional de Cajamarca*. http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/7472

Diaz, K. (2024). *Influencia del porcentaje de ceniza de carbón en la estabilización de la subrasante en la carretera Chachapoyas—Huancas, Amazonas, 2024*. https://repositorio.upn.edu.pe/item/1f494d73-2cb8-4bf8-a981-2e32eba8b4f5

Flores Herrera, V. (2024). *Estabilización de subrasantes con ceniza volante y cenizas orgánicas: Revisión de Literatura*.

Flores Herrera, V., & Gonzales Urbina, H. D. (2024). Influencia de la ceniza volante y ceniza de cascara de arroz en la estabilización de la subrasante—Av. Naranjal, Lima, 2024.

Flores Sanchez, V. R. (2024). *Efecto de la incorporación de plástico reciclado PET y cal en el valor del CBR empleando material de cantera para afirmado, Abancay—Apurímac—2023*. https://hdl.handle.net/20.500.14512/908

Gallegos Vilca, N. E. (2021). *Estabilización química mediante Terra-Zyme, en el incremento del valor del CBR en el afirmado, tramo Huanta—Luricocha, Ayacucho 2021*.

Guerrero Estela, J. R., & Vergara Becerra, E. (2021). Incorporación de ceniza de cascara de arroz para incrementar EL CBR en el afirmado, JAÉN 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/69541

Hancco Hancco, P. N. (2024). *Evaluación del espesor de afirmado mediante mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante con empleo de concreto reciclado triturado en la Carretera Capachica – Ccotos 2024*. https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/4101

Jara Mallma, D. J. (2024). Efecto adición de la fécula extraída de la cebada en las propiedades físicas y mecánicas de pavimentos a nivel de afirmado—Huancavelica, 2021. *Universidad Continental*. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/15019

Jimenez Marca, K. A. (2024). Influencia del uso del ladrillo pulverizado y ceniza volante en las propiedades físico-mecánicas en subrasante vía Malecón Ribereño, Moquegua-2023. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/137491

Juchani Chura, D. (2023). *Influencia de la Ceniza de Fondo para la Estabilización de Suelos Arcillosos a Nivel de Subrasantes*.

Liu, M., Saberian, M., Li, J., Zhu, J., Perera, S. T. Anupiya. M., Roychand, R., & Tajaddini, A. (2024). Evaluation of brown coal fly ash for stabilising expansive clay subgrade: A sustainable solution for pavement construction. *Resources, Conservation and Recycling*, *204*, 107533. https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107533

Lonazco Mendez, J. B. (2022). *Uso de mezcla cal- cenizas de cascara de arroz para mejoramiento de la CBR en el camino vecinal Madama—San Isidro—Tormenta distrito Las Piedras, Madre de Dios, 2022*. https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/12970

Mamanchura Mamanchura, E. (2022). Influencia del uso de cenizas volantes en la estabilización de suelos para la pavimentación en la Av. Alfonso Ugarte, distrito de San Antonio – Moquegua, 2021. *Universidad Continental*. https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12954

Mamani Gonzalo, G., De La Cruz Vega, S. A., Vega Neyra, C. S., Yllescas Rodríguez, P. M., Rea Olivares, W. M., Mamani Gonzalo, G., De La Cruz Vega, S. A., Vega Neyra, C. S., Yllescas Rodríguez, P. M., & Rea Olivares, W. M. (2023). Estabilización de la subrasante con ceniza de quinua y cal en la Carretera Lago Sagrado, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, *25*(44), 85-92. https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53569

Maquera Flores, C. D., & Aquino Chura, Y. W. (2021). Estabilización de suelos arcillosos en caminos vecinales, modificado con cal y ceniza volante, carretera Acora – Jayujayu, Acora, Puno – 2021. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64809

Martínez Escobar, R. R., Choque Flores, L., Martínez Escobar, R. R., & Choque Flores, L. (2025). Comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del afirmado incorporando fibra de carrizo en la mezcla. *Gaceta Técnica*, *26*(1), 126-133. https://doi.org/10.51372/gacetatecnica261.8

Melese, D. T., Jida, G., Beyene, R., Woldesenbet, T. T., Meshesha, A. E., & Geleta, W. S. (2024). Expansive clay subgrade soil improvement using municipal solid waste fly ash: Experimental and numerical approach. *Environmental Challenges*, *16*, 100998. https://doi.org/10.1016/j.envc.2024.100998

Mendoza Flores, T. N. (2024). *Influencia de la emulsión asfáltica y cemento Portland en las propiedades físico-mecánicas del afirmado para la carretera MO107 Moquegua 2023*.

Navarro Sánchez, H. (2018). "Diseño De La Carretera A Nivel De Afirmado Desde El C.P. Yaque A La Laguna Saccha Del Distrito De Tocmoche Provincia De Chota—Cajamarca". *Universidad César Vallejo*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/33213

Pacheco, D. (2024). *"Efecto del aditivo TerraZyme en la capacidad de soporte del afirmado de la cantera Cerro Blanco Laredo Trujillo 2023"*. https://dspace.unitru.edu.pe/items/4e7d3b72-de10-4eac-a90d-1f0ae1c637f7

Pantigozo Amao, L. A. (2023). *Mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) de suelos grava arcillosas con polímeros y cemento para uso como afirmado en carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6259

Reyna Aguilar, J. C. (2024). *Influencia de la ceniza de cáscara de naranja para mejorar el CBR, contenido de humedad y grado de compactación del afirmado para subrasante en la estabilización de suelos. Lima Norte 2022*.

Reynaga Valenzuela, L. (2023). Influencia de sustitución porcentual por concreto reciclado en las propiedades físicas-mecánicas para la estabilización de afirmado, evitamiento Grau 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/109142

Rincón Hernández, L. P., & Cortes Roa, A. A. (2020). *Análisis de la resistencia a la compresión inconfinada y CBR de un afirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal*. https://hdl.handle.net/20.500.14625/32710

Salazar Chávez, L. (2024). *Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilización de la subrasante del Km 30+000—Km 31+000 de la vía Luya Ocumal, Amazonas, 2022.* https://repositorio.untrm.edu.pe/handle/20.500.14077/3748

Ticlla Ríos, T. N. D. R. (2021). *Evaluación de las características geotécnicas del suelo de las principales canteras para afirmado de carreteras del distrito de Chota.* https://hdl.handle.net/20.500.14142/162

Vasquez Perez, J. B., & Mejía Seclén, A. E. (2025). Influencia de la ceniza de cáscara de guaba y café sobre las características de subrasante, carretera las Delicias – Granadillas, Jaén, 2024.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo. Matriz de consistencia

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025				
Problemas	**Objetivos**	**Hipótesis**	**Variables**	**Inst. de Medición**
Problema General: ¿Cuál es el efecto de la aplicación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro 2025?	**Objetivo General:** Evaluar la influencia de la incorporación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías en la provincia de Azángaro 2025.	**Hipótesis General:** La influencia de la incorporación de ceniza volante sobre la capacidad de soporte de la subrasante y su efecto en el espesor de afirmado de vías en la provincia de Azángaro 2025, será positiva.	**Variable Independiente** Ceniza volante. *- Inclusión del 3%, 6% y 12%.*	Balanza, recipientes.
Problemas Específicos	**Objetivos Específicos**	**Hipótesis Específicas**		
¿Cuál es la capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro? ¿Cuál es el impacto de la incorporación de ceniza volante en porcentajes controlados sobre la capacidad de soporte de la subrasante en las vías de la provincia de Azángaro? ¿Cuál es el espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante, considerando los ejes equivalentes actuales en las vías de la provincia de Azángaro?	Determinar la capacidad relativa de soporte (CBR) del suelo de subrasante y del afirmado existente en las vías no pavimentadas de la provincia de Azángaro. Evaluar el impacto de la incorporación de ceniza volante en porcentajes controlados sobre la capacidad de soporte de la subrasante en las vías de la provincia de Azángaro. Establecer el espesor del afirmado resultante tras la estabilización de la subrasante, considerando los ejes equivalentes actuales en las vías de la provincia de Azángaro.	La capacidad relativa de soporte CBR del suelo de subrasante y el afirmado existente en vías no pavimentadas en la provincia de Azángaro, estará por debajo de las especificaciones mínimas de calidad, requiriendo estabilización. La influencia de la adición de ceniza volante en porcentajes controlados será positiva ya que mejorará la capacidad relativa de soporte de la subrasante en vías en la provincia de Azángaro. El espesor del afirmado resultante mediante estabilización de subrasante y la consideración de los ejes equivalentes actuales en vías en la provincia de Azángaro, estará por debajo 15 cm que es lo recomendado.	**Variable Dependiente** -Capacidad de soporte de la subrasante. -Espesor de Afirmado. *- MDS, OCH, CBR.* *Espesor-cm.*	Equipos y herramientas del laboratorio. Cinta métrica.

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	: CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10400	10579	10447	10300
Peso del Molde	gr.	5970	5970	5970	5970
Peso del Suelo Húmeda	gr/cm3.	4430	4609	4477	4330
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.085	2.169	2.107	2.038

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	333.53	331.67	348.52	351.87	354.61	359.56	241.40	241.89
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	309.52	308.67	326.85	321.98	338.28	350.90	221.20	218.70
Peso del Agua	gr.	23.98	23.00	21.67	29.89	16.33	38.66	20.20	23.19
Peso de la Capsula	gr.	64.03	64.50	64.03	64.03	64.23	65.00	64.00	64.50
Peso del Suelo Seco	gr.	245.52	244.37	256.85	257.98	294.05	285.90	157.20	154.20
% de Humedad	%	9.77%	9.41%	11.15%	11.59%	12.36%	13.07%	12.85%	15.04%
Promedio de Humedad	%	9.59%		11.37%		12.71%		13.94%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.902		1.947		1.869		1.788	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.959 gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.77%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhamilton Carlos Inocanti Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL		
MUESTRA	:	CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12992	12793	13101	12908	12324	12362
Peso del Molde	gr.	8553	8553	8641	8641	7503	7503
Peso del Suelo Humedo	gr.	4439	4240	4460	4267	4821	4879
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.109	2.014	2.122	2.030	2.300	2.327

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	235.50	236.68	215.47		238.28	242.84	198.38		249.62	246.84	196.57	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	210.00	208.40	190.80		210.50	215.70	175.40		222.30	219.10	174.60	
Peso del Agua	gr.	25.50	28.28	24.67		27.78	27.14	22.98		27.32	27.74	21.97	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00		36.00	39.10	23.20		40.50	39.30	23.10	
Peso del Suelo Seco	gr.	171.00	169.40	167.80		172.50	176.60	152.20		181.80	179.80	151.50	
% de Humedad	%	14.91%	16.69%	14.70%		16.10%	15.37%	15.10%		15.03%	15.43%	14.50%	
Promedio de Humedad	%	**15.80%**		**14.70%**		**15.74%**		**15.10%**		**15.23%**		**14.50%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.821**		**1.756**		**1.833**		**1.764**		**1.996**		**2.032**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.09	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03
		48:00:00	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04
		72:00:00	0.16	0.00	0.03	0.20	0.01	0.04	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		4.7	45.1	0.9		7.2	56	2.8		12.0	76	3.8	
1.27	01:00		7.3	56.1	2.8		11.2	73	3.7		15.7	92	4.6	
1.91	01:30		9.2	64.2	3.2		14.2	85	4.3		18.5	104	5.3	
2.54	02:00	70.31	13.7	83.3	4.2		21.7	117	5.9		28.0	144	7.3	
3.81	03:00		15.8	92.2	4.7		22.1	119	6.0		28.4	146	7.4	
5.09	04:00	105.00	18.7	104.5	5.3		24.5	129	6.5		30.4	154	7.8	
6.35	05:00		21.4	116.0	5.9		26.3	137	6.9		32.5	163	8.2	
7.62	06:00		23.2	123.6	6.2		28.2	145	7.3		34.2	170	8.6	
8.84	07:00		25.4	132.9	6.7		30.4	154	7.8		35.6	175	8.9	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	: CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

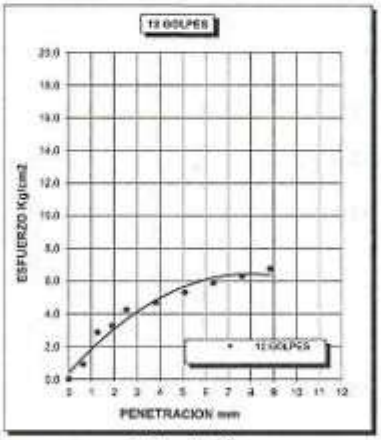


METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

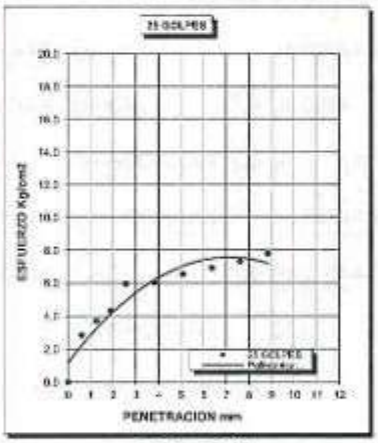
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.959
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.77%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.19
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.68

CLASIFICACIÓN :
AASHTO :

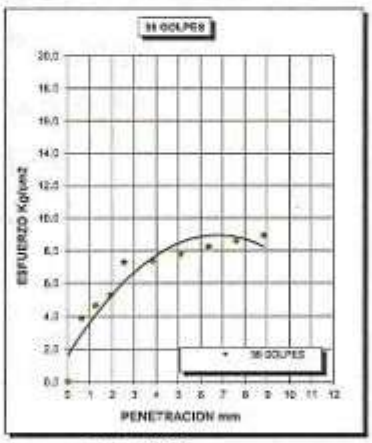
EMBEBIDO :



CBR 5.99



CBR 8.43



CBR 10.35

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

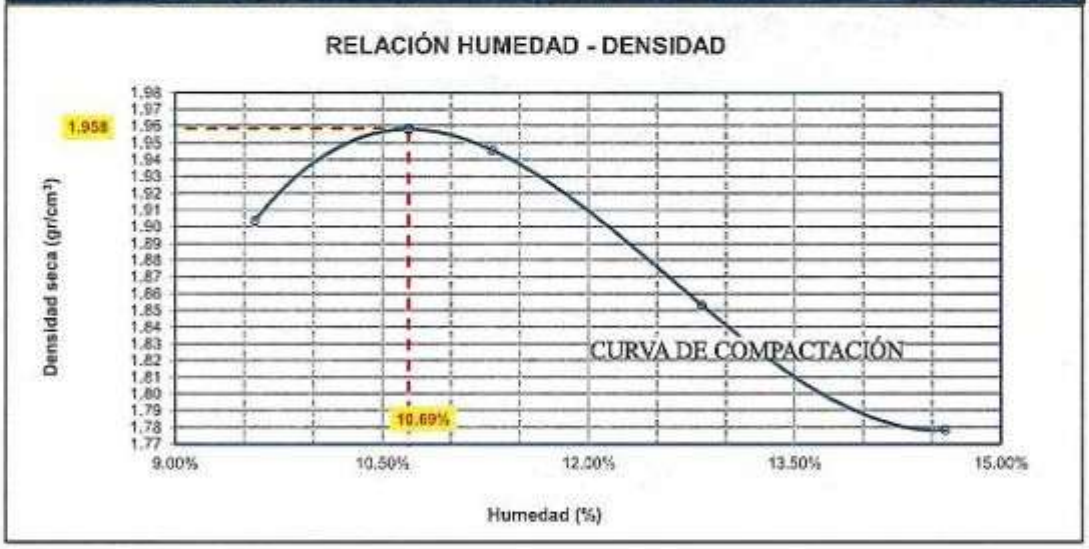
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL		
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/08/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2126 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10405	10574	10415	10303
Peso del Molde	gr.	5970	5970	5970	5970
Peso del Suelo Humedo	gr/cm3.	4435	4604	4445	4333
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.086	2.166	2.091	2.038

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	336.68	336.54	357.76	356.84	397.27	388.50	242.54	243.68
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.65	312.84	327.97	327.28	353.86	362.12	220.56	220.14
Peso del Agua	gr.	23.88	23.70	29.81	29.74	39.41	37.38	21.98	23.51
Peso de la Capsula	gr.	64.00	66.00	64.00	64.00	65.00	66.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	248.65	247.84	263.97	263.28	293.86	297.12	156.56	155.14
% de Humedad	%	9.58%	9.55%	11.29%	11.30%	13.07%	12.58%	14.04%	15.15%
Promedio de Humedad	%	9.58%		11.30%		12.83%		14.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.904		1.946		1.853		1.778	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.958 gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.69%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Casquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 208696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL		
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	12960	12865	13158	12950	12308	12556
Peso del Molde	8542	8542	8628	8628	7522	7522
Peso del Suelo Humedo	4418	4323	4530	4322	4786	5034
Volumen del Suelo	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	2.099	2.054	2.155	2.056	2.283	2.401

Capsula No		5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	229.30	230.70	213.30	230.00	240.00	194.00	242.60	245.40	194.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	205.00	203.00	187.10	213.00	212.00	170.00	216.00	217.00	170.00
Peso del Agua	gr.	24.30	27.70	25.90	26.00	28.00	24.00	26.60	28.40	24.00
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00	38.00	36.10	23.00	40.50	39.30	23.00
Peso del Suelo Seco	gr.	166.00	164.00	164.10	175.00	172.90	147.00	175.50	177.70	147.00
% de Humedad	%	14.64%	16.89%	15.78%	14.86%	16.19%	16.33%	15.16%	15.98%	16.33%
Promedio de Humedad	%	**15.76%**		**15.78%**	**15.53%**		**16.33%**	**15.57%**		**16.33%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.813**		**1.774**	**1.866**		**1.768**	**1.975**		**2.064**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.13	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04
		48:00:00	0.16	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04
		72:00:00	0.20	0.01	0.04	0.20	0.01	0.04	0.24	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		4.2	43.0	0.9		7.6	57	2.9		13.7	83	4.2	
1.27	01:00		8.4	80.8	3.1		10.5	70	3.5		17.8	101	5.1	
1.91	01:30		12.4	77.8	3.9		14.7	88	4.4		22.6	121	6.1	
2.54	02:00	70.31	13.8	93.7	4.2		20.5	112	5.7		27.6	142	7.2	
3.81	03:00		15.7	91.8	4.6		21.4	116	5.9		29.8	152	7.7	
5.09	04:00	105.00	17.2	86.1	5.0		23.7	126	6.4		31.7	160	8.1	
6.35	05:00		18.9	105.4	5.3		25.2	132	6.7		33.7	168	8.5	
7.62	06:00		19.7	108.7	5.5		26.9	139	7.0		35.7	177	8.9	
8.84	07:00		20.4	111.7	5.6		28.1	144	7.3		37.4	184	9.3	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Cosquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308595 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

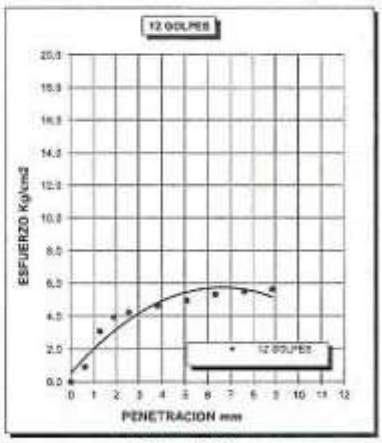
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZANGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	: CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



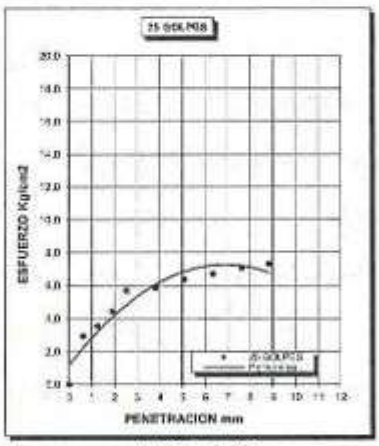
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.958
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.69%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.92
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.48

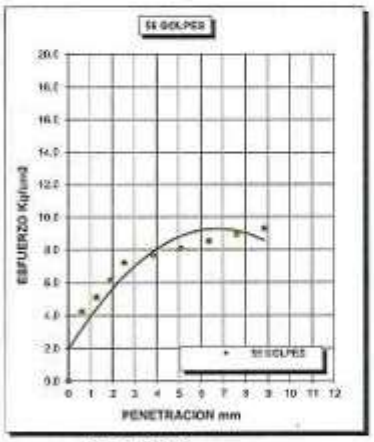
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 6.02



CBR 8.06



CBR 10.23

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhoncarlos Carlos Inaocari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

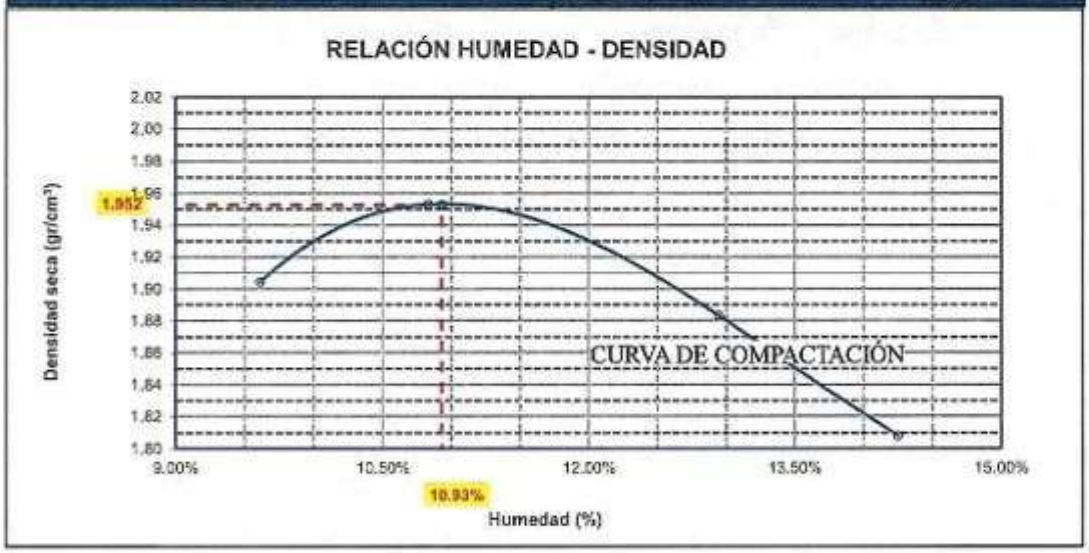
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	:	27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025.	MUESTREADO POR	:	D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	:	J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL		
MUESTRA	:	CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	:	27/09/2025

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2125 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10406	10570	10490	10360
Peso del Molde	gr.	5970	5970	5970	5970
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4436	4600	4520	4390
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.088	2.165	2.127	2.066

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	339.60	338.57	360.88	360.87	401.60	401.74	246.85	246.74
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	315.26	316.94	331.87	331.55	363.05	363.12	224.00	224.12
Peso del Agua	gr.	24.34	23.63	29.11	29.32	38.55	38.62	22.85	22.62
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	251.26	200.94	267.87	267.55	298.05	298.12	160.00	159.12
% de Humedad	%	9.69%	9.54%	10.87%	10.78%	12.93%	12.95%	14.28%	14.22%
Promedio de Humedad	%	9.61%		10.83%		12.94%		14.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.904		1.953		1.883		1.808	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.952	gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	10.93%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhantian Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308095 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL		
MUESTRA	:	CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12902	12845	13149	12941	12160	12440
Peso del Molde	gr.	8540	8540	8625	8625	7495	7495
Peso del Suelo Humedo	gr.	4362	4305	4524	4316	4665	4945
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.072	2.045	2.152	2.053	2.225	2.359

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	221.87	221.98	219.87		231.96	231.84	196.84		246.52	246.75	196.92	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	200.00	200.00	195.00		210.00	210.00	177.00		222.00	223.00	177.00	
Peso del Agua	gr.	21.87	21.98	21.87		21.96	21.84	19.84		24.52	23.75	19.92	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00		38.00	39.10	23.00		40.50	39.30	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	161.00	161.00	172.00		172.00	170.90	154.00		181.50	183.70	154.00	
% de Humedad	%	13.58%	13.65%	12.72%		12.53%	12.78%	12.88%		13.51%	12.93%	12.94%	
Promedio de Humedad	%	**13.62%**		**12.72%**		**12.66%**		**12.88%**		**13.22%**		**12.94%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.824**		**1.815**		**1.911**		**1.819**		**1.965**		**2.089**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.11	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
		48:00:00	0.15	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04
		72:00:00	0.19	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		4.1	42.5	5.9		7.9	59	3.0		13.8	84	4.2	
1.27	01:00		8.4	60.8	3.1		13.2	81	4.1		16.7	96	4.9	
1.91	01:30		12.6	78.6	4.0		16.5	95	4.8		20.8	113	5.7	
2.54	02:00	70.31	16.0	93.0	4.7		22.0	119	6.0		28.8	147	7.4	
3.81	03:00		18.9	105.4	5.3		23.5	125	6.3		29.6	151	7.6	
5.09	04:00	105.00	20.4	111.7	5.6		25.8	135	6.8		33.4	167	8.4	
6.35	05:00		22.7	121.5	6.1		27.9	144	7.3		36.2	179	9.0	
7.62	06:00		24.6	129.5	6.5		28.1	149	7.5		38.7	189	9.6	
8.84	07:00		26.5	137.5	7.0		32.4	163	8.2		39.5	193	9.7	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhanajan Carlos Inocacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 303696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACION DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VIAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	: CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/08/2025

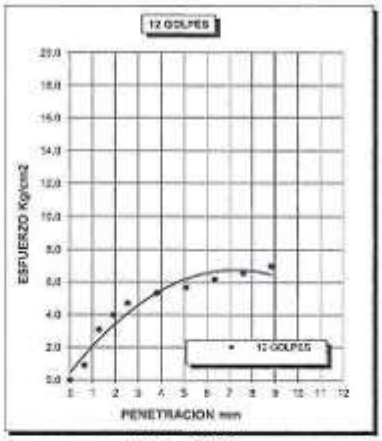


METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

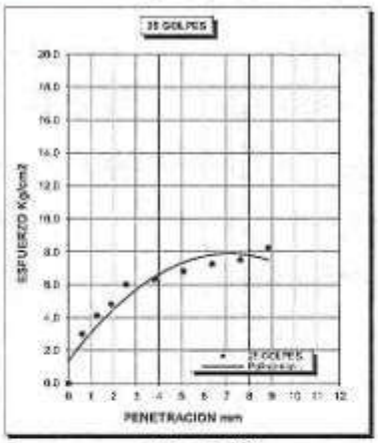
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.952
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.93%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.94
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.18

CLASIFICACIÓN :
AASHTO :

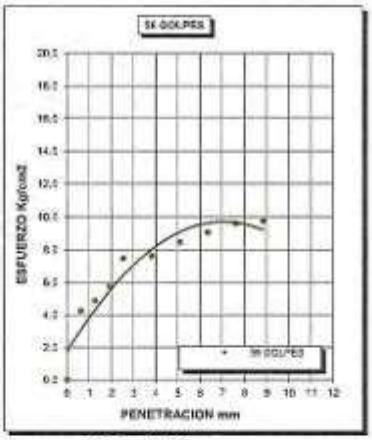
EMBEBIDO :



CBR 6.69



CBR 8.52



CBR 10.60

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 303696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR :	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR :	: J. C. I. C.
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL	SUELO NATURAL
MUESTRA	: CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10433	10602	10497	10393
Peso del Molde	gr.	5965	5965	5965	5965
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4468	4637	4532	4428
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.103	2.182	2.133	2.084

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	342.60	346.20	356.60	355.60	499.20	496.50	251.30	249.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	318.50	317.20	327.20	325.60	397.70	368.20	225.20	224.80
Peso del Agua	gr.	28.10	33.00	29.40	29.40	41.50	41.30	26.10	24.40
Peso de la Capsula	gr.	64.00	55.00	64.00	64.00	65.00	55.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	252.50	262.20	263.20	264.60	332.70	303.20	161.20	159.80
% de Humedad	%	10.34%	9.12%	10.94%	11.11%	13.71%	13.62%	16.19%	15.27%
Promedio de Humedad	%	9.73%		11.03%		13.67%		15.73%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.916		1.965		1.876		1.801	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.965 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	: 11.12%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Inaccari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL		
MUESTRA	:	CALICATA 1	SUELO NATURAL		
			FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde (gr.)	12956	12870	13170	12960	12370	12990
Peso del Molde (gr.)	8567	8567	8650	8650	7519	7519
Peso del Suelo Humedo (gr.)	4389	4303	4520	4310	4851	5471
Volumen del Suelo (cc.)	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo (gr/cc.)	2.085	2.044	2.150	2.051	2.314	2.610

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	253.50	254.80	256.30	252.90	254.40	238.60	284.30	289.40	215.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	223.80	225.10	224.70	222.40	224.70	183.30	234.50	238.41	189.20
Peso del Agua	gr.	29.90	29.70	31.60	30.25	29.70	25.30	29.80	30.99	26.20
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00	38.00	39.10	23.20	40.50	39.30	23.10
Peso del Suelo Seco	gr.	184.80	186.10	201.70	184.40	185.60	160.10	194.00	199.11	166.10
% de Humedad	%	16.20%	15.96%	15.67%	16.38%	16.00%	15.80%	15.36%	15.56%	15.77%
Promedio de Humedad	%	**16.08%**		**15.67%**	**16.19%**		**15.80%**	**15.46%**		**15.77%**
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.796**		**1.767**	**1.851**		**1.771**	**2.004**		**2.254**

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.12	0.00	0.03	0.13	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03
		48:00:00	0.16	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.19	0.00	0.04
		72:00:00	0.21	0.01	0.05	0.18	0.00	0.04	0.23	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		5.5	48.5	0.9		9.7	66	3.4		13.7	83	4.2	
1.27	01:00		10.4	89.3	3.5		15.7	92	4.6		19.2	107	5.4	
1.91	01:30		15.2	99.6	4.3		21.7	117	5.9		25.7	134	6.8	
2.54	02:00	70.31	18.4	103.2	5.2		24.2	128	6.5		28.4	150	7.6	
3.81	03:00		20.4	111.7	5.6		25.7	138	7.0		31.2	158	8.0	
5.09	04:00	105.00	22.7	121.5	6.1		29.6	151	7.6		32.1	161	8.2	
6.35	05:00		24.6	129.5	6.5		32.1	161	8.2		34.7	172	8.7	
7.62	06:00		26.7	138.5	7.0		34.6	172	8.7		36.2	179	9.0	
8.84	07:00		28.7	146.9	7.4		36.9	182	9.2		38.7	189	9.6	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhon Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

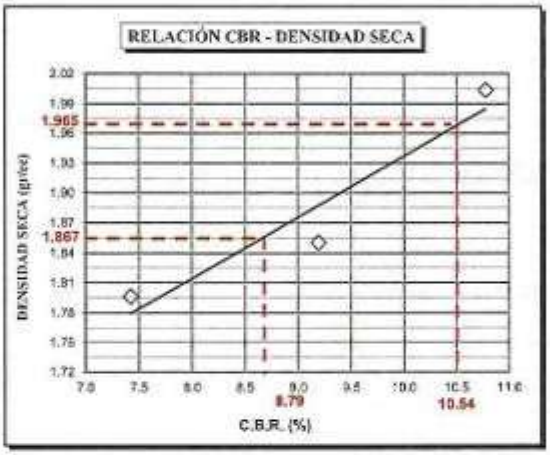
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZANGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	:	CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

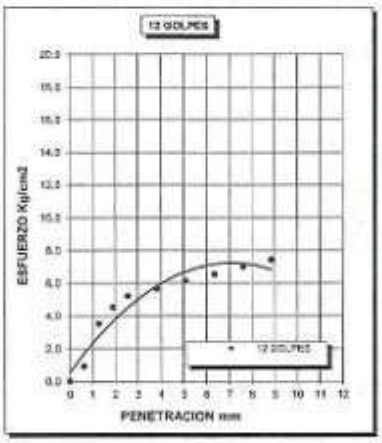


METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

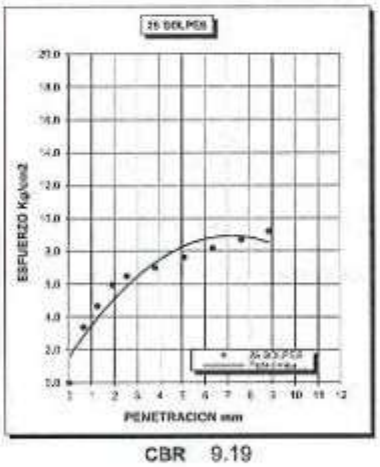
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.965
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.12%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.54
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.79

CLASIFICACIÓN :
AASHTO :

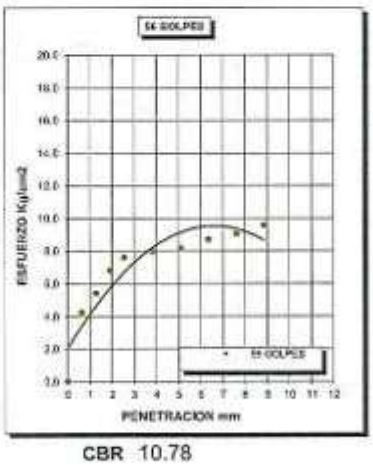
EMBEBIDO :



CBR 7.42



CBR 9.19



CBR 10.78

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Cortez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL		
MUESTRA	:	CALICATA 2	SUELO NATURAL		
			FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2125 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10408	10598	10508	10374
Peso del Molde	gr.	5965	5965	5965	5965
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4443	4633	4543	4409
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.091	2.180	2.138	2.075

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	342.60	342.20	351.30	350.30	401.10	401.40	251.20	251.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	318.60	317.90	331.60	330.60	358.10	358.20	225.50	224.80
Peso del Agua	gr.	23.40	24.30	20.70	20.50	43.00	43.20	25.70	26.30
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.60	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	254.60	252.90	267.60	266.60	293.10	294.20	161.50	159.80
% de Humedad	%	9.19%	9.61%	11.10%	10.98%	14.67%	14.34%	15.91%	16.46%
Promedio de Humedad	%	9.40%		11.04%		14.51%		16.19%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.911		1.963		1.867		1.786	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.964 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	11.27%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhancarlos Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025
PROGRESIVA	:	KM 0+500 - MARGEN DERECHO		

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12950	12800	13150	12942	12303	12303
Peso del Molde	gr.	8550	8550	8630	8630	7502	7502
Peso del Suelo Humedo	gr.	4400	4250	4520	4312	4801	4801
Volumen del Suelo	cc.	2104.61	2104.61	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.090	2.019	2.150	2.051	2.290	2.290

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	234.60	235.20	220.60		244.20	245.00	206.50		252.00	253.00	204.56	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	208.60	208.40	193.40		216.40	217.10	181.20		223.10	224.80	180.40	
Peso del Agua	gr.	26.00	26.80	27.20		27.80	27.90	25.30		28.90	28.20	24.16	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00		38.00	39.10	23.00		40.50	39.30	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	169.60	169.40	170.40		178.40	178.00	158.20		182.60	185.50	157.40	
% de Humedad	%	15.33%	15.82%	15.96%		15.58%	15.67%	15.99%		15.83%	15.20%	15.35%	
Promedio de Humedad	%	**15.58%**		**15.96%**		**15.63%**		**15.99%**		**15.51%**		**15.35%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.809**		**1.741**		**1.860**		**1.769**		**1.982**		**1.985**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.17	0.00	0.04	0.14	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
		48:00:00	0.19	0.00	0.04	0.16	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
		72:00:00	0.20	0.01	0.04	0.19	0.00	0.04	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.8	64.0	0.9		10.4	68	3.5		14.2	85	4.3	
1.27	01:00		10.5	69.7	3.5		15.2	90	4.5		19.4	107	5.4	
1.91	01:30		14.7	87.5	4.4		18.6	104	5.2		24.7	130	6.6	
2.54	02:00	70.31	18.9	105.4	5.3		23.8	126	6.4		28.9	148	7.5	
3.81	03:00		20.7	113.0	5.7		26.5	138	7.0		32.4	163	8.2	
5.09	04:00	105.00	22.1	118.9	6.0		28.4	146	7.4		34.7	172	8.7	
6.35	05:00		24.7	130.0	6.6		30.2	153	7.7		36.8	181	9.2	
7.62	06:00		26.8	138.9	7.0		32.9	165	8.3		38.7	189	9.6	
8.84	07:00		28.4	145.7	7.4		34.7	172	8.7		39.5	193	9.7	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Inocari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

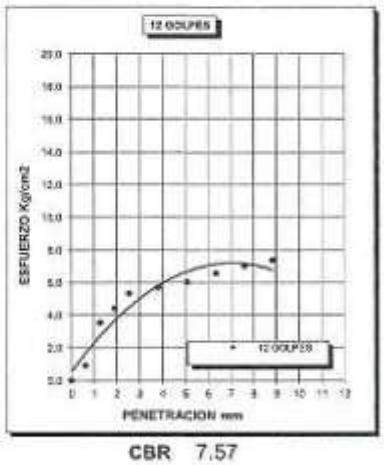


METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

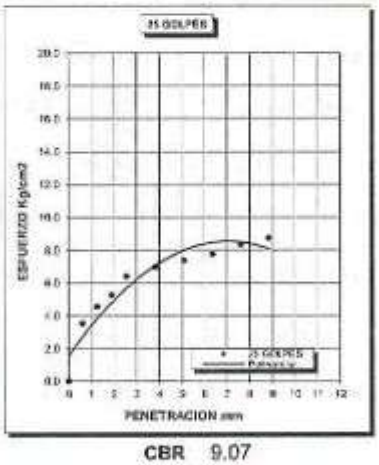
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.964
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.27%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.51
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.69

CLASIFICACIÓN :
AASHTO :

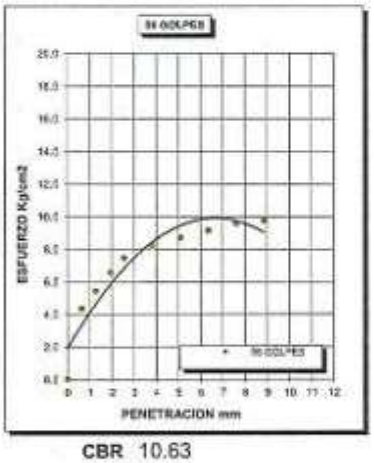
EMBEBIDO :



CBR 7.57



CBR 9.07



CBR 10.63

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

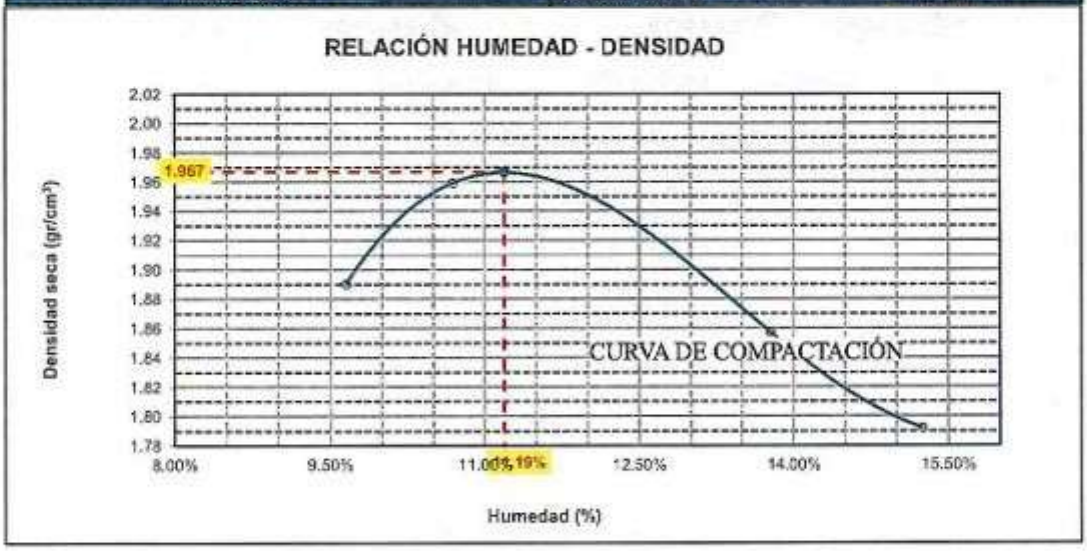
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL		
MUESTRA	:	CALICATA 3	SUELO NATURAL		
			FECHA EXPEDICION	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2125 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10370	10574	10456	10354
Peso del Molde	gr.	5965	5965	5965	5965
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4405	4609	4491	4389
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.073	2.169	2.113	2.065

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	347,20	347,20	356,60	355,04	412,20	413,90	251,20	252,70
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	322,10	322,50	337,20	337,10	370,10	371,50	227,10	227,20
Peso del Agua	gr.	25,10	24,70	29,40	28,94	42,10	42,40	24,10	25,50
Peso de la Capsula	gr.	64,20	64,50	64,50	64,20	64,00	64,00	64,00	65,00
Peso del Suelo Seco	gr.	257,90	258,00	272,70	272,90	306,10	307,50	163,10	162,20
% de Humedad	%	9,73%	9,57%	10,78%	10,60%	13,75%	13,79%	14,78%	15,72%
Promedio de Humedad	%	9.65%		10.69%		13.77%		15.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.890		1.959		1.858		1.792	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.967 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	11.19%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhordan Carlos Inocenti Cosguina Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAVISI	FECHA MUESTREO	:	04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	:	D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	:	J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL		
MUESTRA	:	CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	:	27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13039	13049	13249	13239	12269	12109
Peso del Molde	gr.	8535	8535	8622	8622	7491	7491
Peso del Suelo Humedo	gr.	4504	4514	4627	4617	4778	4618
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.140	2.145	2.201	2.197	2.279	2.203

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	235.20	234.40	228.10		246.40	244.10	209.20		267.20	259.10	209.60	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	207.30	206.20	201.30		217.50	216.30	184.20		228.70	229.80	184.60	
Peso del Agua	gr.	27.90	28.20	26.80		28.90	27.80	25.00		28.50	29.30	25.00	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00		38.00	39.10	23.00		40.50	39.30	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	168.30	168.20	178.30		179.50	177.20	161.20		188.20	190.50	161.60	
% de Humedad	%	16.58%	15.48%	15.03%		16.13%	15.69%	15.51%		15.14%	15.38%	15.47%	
Promedio de Humedad	%	**16.03%**		**15.03%**		**15.89%**		**15.51%**		**15.26%**		**15.47%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.844**		**1.864**		**1.899**		**1.902**		**1.977**		**1.908**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.13	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03
		48:00:00	0.16	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04
		72:00:00	0.19	0.00	0.04	0.22	0.01	0.05	0.24	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		5.2	47.2	0.9		10.6	70	3.5		13.5	82	4.2	
1.27	01:00		10.5	69.7	3.5		14.2	85	4.3		18.4	103	5.2	
1.91	01:30		13.4	82.5	4.1		19.7	109	5.5		23.7	126	6.4	
2.54	02:00	70.31	18.8	105.4	5.3		23.7	126	6.4		28.4	146	7.4	
3.81	03:00		19.4	107.5	5.4		25.8	135	6.8		29.4	150	7.6	
5.09	04:00	105.00	22.4	120.2	6.1		27.9	144	7.3		32.4	163	8.2	
6.35	05:00		24.1	127.4	6.4		29.9	152	7.7		35.2	175	8.8	
7.62	06:00		26.4	137.2	6.9		32.4	163	8.2		37.8	186	9.4	
8.84	07:00		27.1	143.2	7.1		34.7	172	8.7		39.9	194	9.8	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Thenalay Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 228696	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

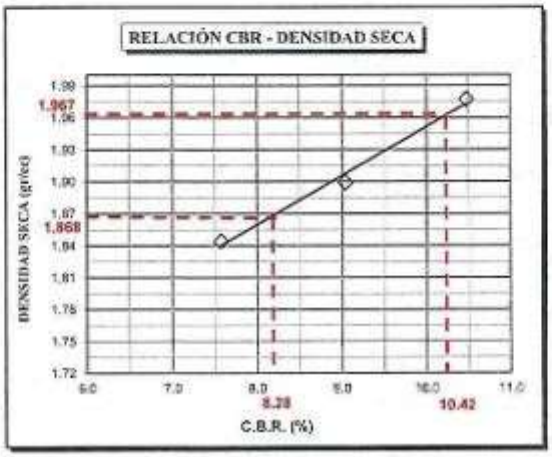
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

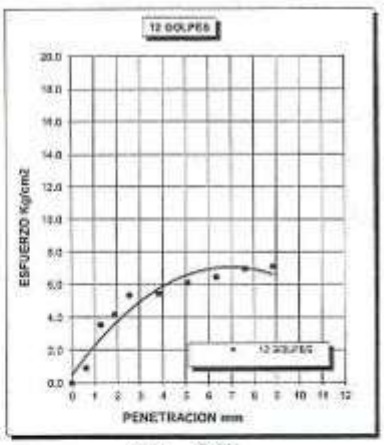
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL	
MUESTRA	: CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



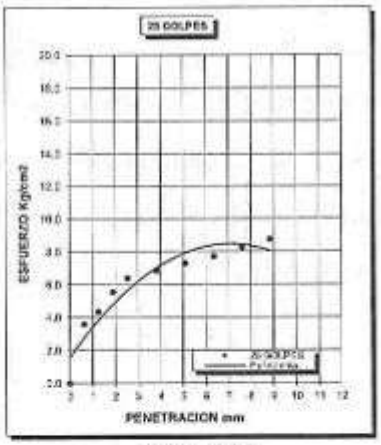
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.967
HUMEDAD OPTIMA (%)	11.19%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.42
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.28

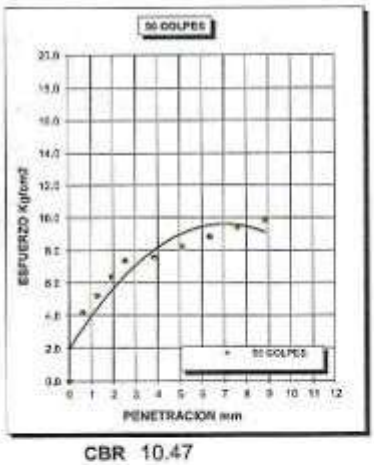
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 7.57



CBR 9.04



CBR 10.47

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaguira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

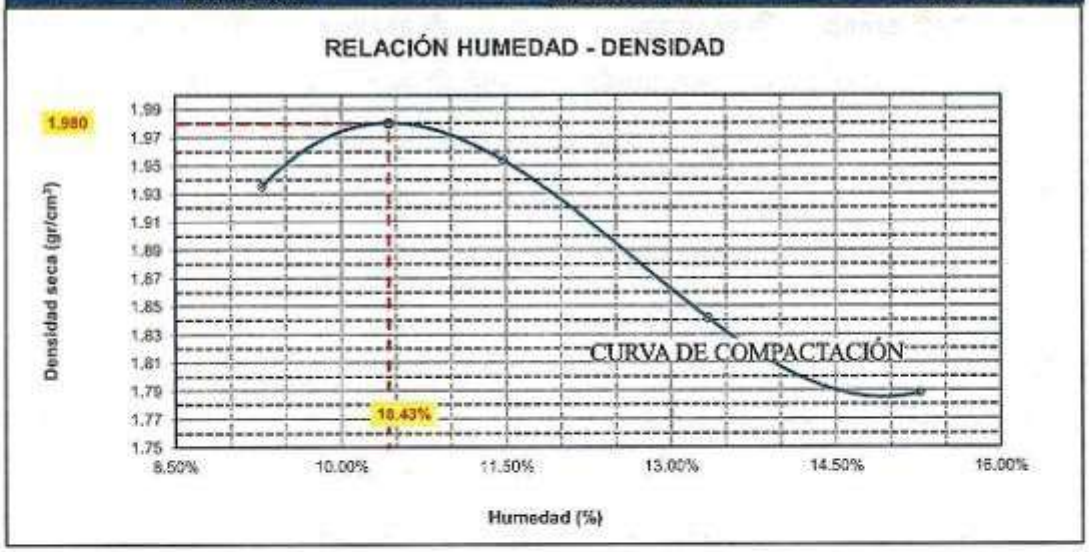
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR :	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR :	: J. C. I. C.	
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 3% CENIZA DE VOLANTE		
MUESTRA	:	CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2125 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10460	10593	10400	10345
Peso del Molde	gr.	5965	5965	5965	5965
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4495	4628	4435	4380
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.115	2.178	2.087	2.061

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	319.00	320.12	341.60	342.78	382.60	387.80	242.50	242.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	285.10	286.53	313.20	313.90	345.10	350.20	218.90	218.70
Peso del Agua	gr.	21.90	21.62	28.40	28.88	37.79	37.60	23.60	23.50
Peso de la Capsula	gr.	64.00	55.00	64.00	64.00	65.00	55.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	234.10	233.53	249.20	249.90	280.10	295.20	154.90	153.70
% de Humedad	%	9.31%	9.26%	11.40%	11.56%	13.49%	13.18%	15.24%	15.29%
Promedio de Humedad	%	9.29%		11.48%		13.34%		15.26%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.936		1.954		1.841		1.788	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.980	gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	10.43%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 3% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	:	CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	12910	12865	13164	12943	12305	12761
Peso del Molde	8550	8550	8641	8641	7511	7511
Peso del Suelo Humedo	4360	4315	4523	4302	4794	5250
Volumen del Suelo	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	2.071	2.050	2.152	2.047	2.287	2.504

Capsula No		5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	234.21	238.15	215.23		241.27	242.12	201.05		251.11	247.00	197.80	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	210.01	210.24	190.05		215.00	215.10	178.20		224.30	221.14	175.16	
Peso del Agua	gr.	24.20	25.92	25.18		26.27	27.02	22.85		26.81	25.86	22.64	
Peso de la Capsula	gr.	39.50	39.50	23.32		38.98	39.20	23.40		40.40	39.50	23.10	
Peso del Suelo Seco	gr.	170.51	170.74	166.73		176.02	175.90	154.80		183.90	181.64	152.06	
% de Humedad	%	14.19%	15.18%	15.16%		14.92%	15.36%	14.76%		14.58%	14.24%	14.89%	
Promedio de Humedad	%	**14.69%**		**15.10%**		**15.14%**		**14.76%**		**14.41%**		**14.89%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.806**		**1.781**		**1.869**		**1.783**		**1.999**		**2.180**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.12	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03	0.20	0.01	0.04
		48:00:00	0.16	0.00	0.03	0.19	0.00	0.04	0.23	0.01	0.05
		72:00:00	0.20	0.01	0.04	0.23	0.01	0.05	0.28	0.01	0.06

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.0	50.6	0.8		9.2	64	3.2		14.8	88	4.4	
1.27	01:00		9.0	63.3	3.2		14.8	87	4.4		21.9	118	6.0	
1.91	01:30		14.5	88.7	4.4		23.2	124	6.2		32.7	164	8.3	
2.54	02:00	70.31	25.5	133.4	6.7		36.4	180	9.1		44.8	215	10.9	
3.81	03:00		27.8	143.1	7.2		39.2	192	9.7		48.7	232	11.7	
5.09	04:00	105.00	30.4	154.2	7.8		42.5	206	10.4		50.6	240	12.1	
6.35	05:00		33.5	167.3	8.5		44.9	216	10.9		52.7	249	12.6	
7.62	06:00		36.8	181.3	9.2		48.2	230	11.6		54.3	256	12.9	
8.84	07:00		38.9	190.2	9.6		50.4	239	12.1		55.7	266	13.4	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308595 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

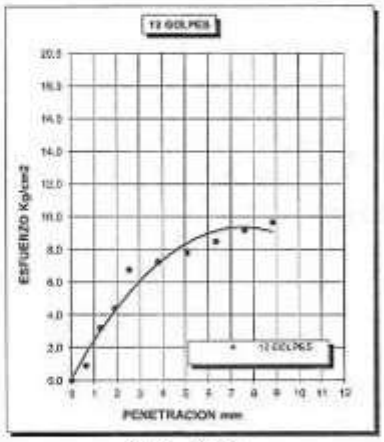
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 3% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



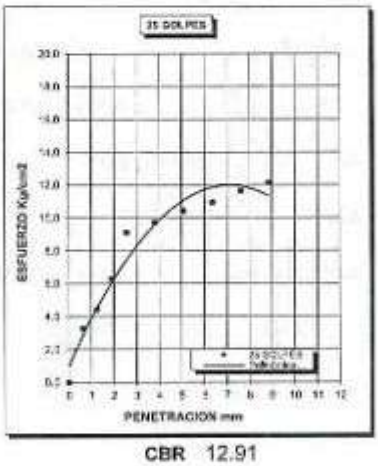
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.980
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.43%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.78
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.59

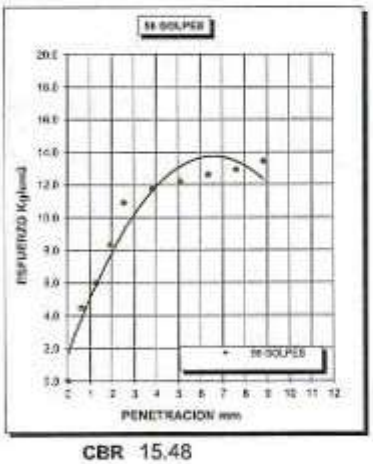
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 9.59



CBR 12.91



CBR 15.48

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

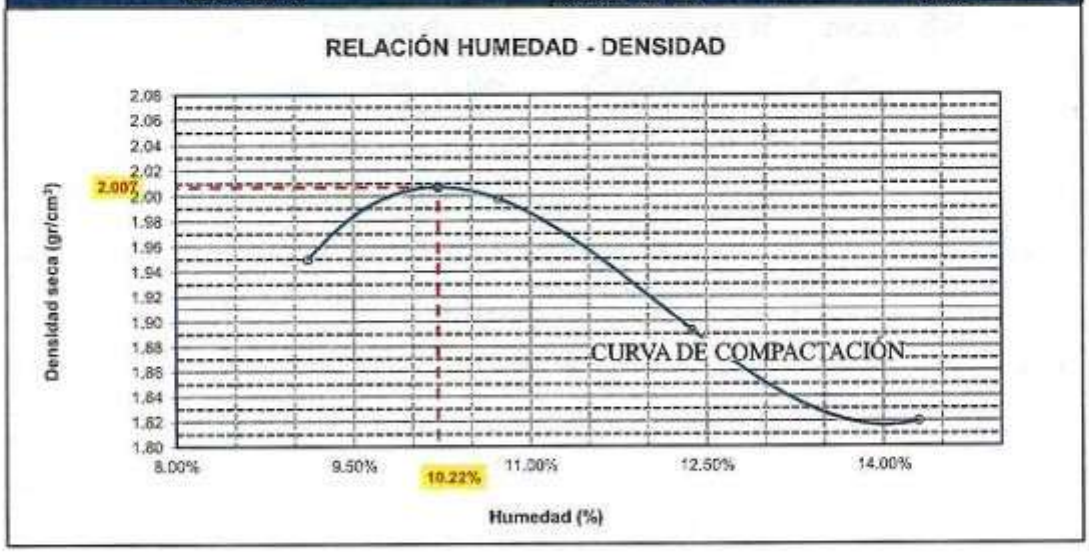
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	:	01/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	:	D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	:	J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 6% CENIZA DE VOLANTE		
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	:	27/09/2025

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2124 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10500	10630	10500	10400
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4518	4898	4518	4418
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.127	2.212	2.127	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	338.90	337.80	359.20	361.30	368.50	430.40	243.80	246.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	314.99	314.66	331.65	331.72	361.54	353.63	221.57	222.35
Peso del Agua	gr.	23.11	22.58	27.55	29.88	36.96	38.77	22.03	23.12
Peso de la Capsula	gr.	63.89	65.00	64.30	64.69	64.30	65.00	64.20	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	250.99	249.66	267.35	267.72	297.24	288.63	157.37	158.35
% de Humedad	%	9.21%	9.32%	10.30%	11.16%	12.43%	12.31%	14.00%	14.60%
Promedio de Humedad	%	9.11%		10.73%		12.37%		14.30%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.949		1.997		1.893		1.820	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.007 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	10.22%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Thorlasich Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 6% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12955	12850	13162	12947	12440	13058
Peso del Molde	gr.	8553	8553	8637	8637	7506	7506
Peso del Suelo Humedo	gr.	4402	4307	4525	4310	4934	5552
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.091	2.046	2.153	2.051	2.353	2.648

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	233.60	233.74	218.20		242.35	244.24	198.20		248.75	249.21	199.60	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	206.80	207.10	192.98		216.00	216.20	175.10		220.00	221.00	176.20	
Peso del Agua	gr.	26.80	26.64	25.22		26.35	28.04	23.10		28.75	28.21	23.40	
Peso de la Capsula	gr.	39.10	39.20	23.10		39.10	39.10	23.20		40.10	39.20	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	167.70	167.90	169.88		177.90	177.10	151.90		179.90	181.80	153.20	
% de Humedad	%	15.98%	15.87%	14.85%		14.81%	15.83%	15.21%		15.98%	15.52%	15.27%	
Promedio de Humedad	%	**15.92%**		**14.85%**		**15.32%**		**15.21%**		**15.75%**		**15.27%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.804**		**1.782**		**1.867**		**1.780**		**2.033**		**2.297**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.15	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04
		48:00:00	0.17	0.00	0.04	0.18	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04
		72:00:00	0.19	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04	0.21	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		7.2	55.7	2.9		15.8	82	4.7		22.5	121	6.1	
1.27	01:00		16.7	86.0	4.9		24.5	129	6.5		36.8	181	9.2	
1.91	01:30		30.4	154.2	7.8		34.5	172	8.7		46.7	223	11.3	
2.54	02:00	70.31	35.2	174.5	8.8		44.3	216	10.9		53.4	252	12.7	
3.81	03:00		37.1	182.5	9.2		48.4	230	11.6		57.8	270	13.7	
5.09	04:00	105.00	39.5	192.8	9.7		52.4	248	12.5		60.2	281	14.2	
6.35	05:00		42.5	205.5	10.4		55.4	260	13.2		62.7	291	14.7	
7.62	06:00		44.6	215.7	10.9		57.8	270	13.7		65.4	303	15.3	
8.84	07:00		47.5	228.7	11.5		59.7	279	14.1		68.2	315	15.9	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhordan Carlos Inocari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Rojas Ingeniero Civil CIP 308556 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

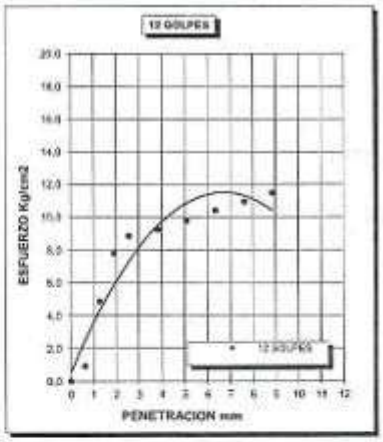
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 6% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



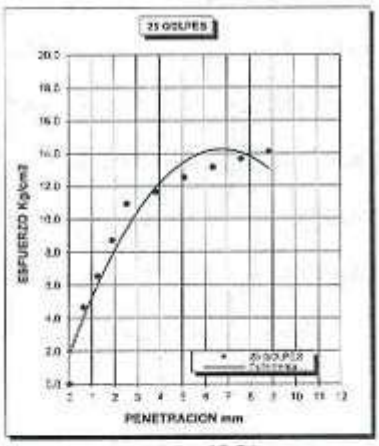
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.007
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.22%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.83
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.51

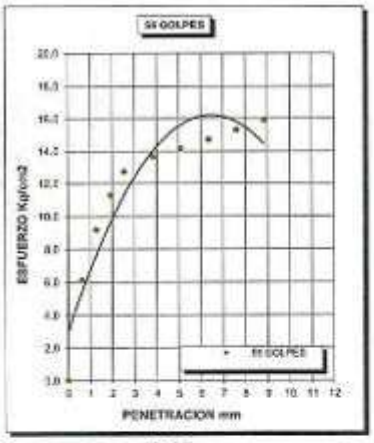
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 12.55



CBR 15.51



CBR 18.10

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Inaccari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

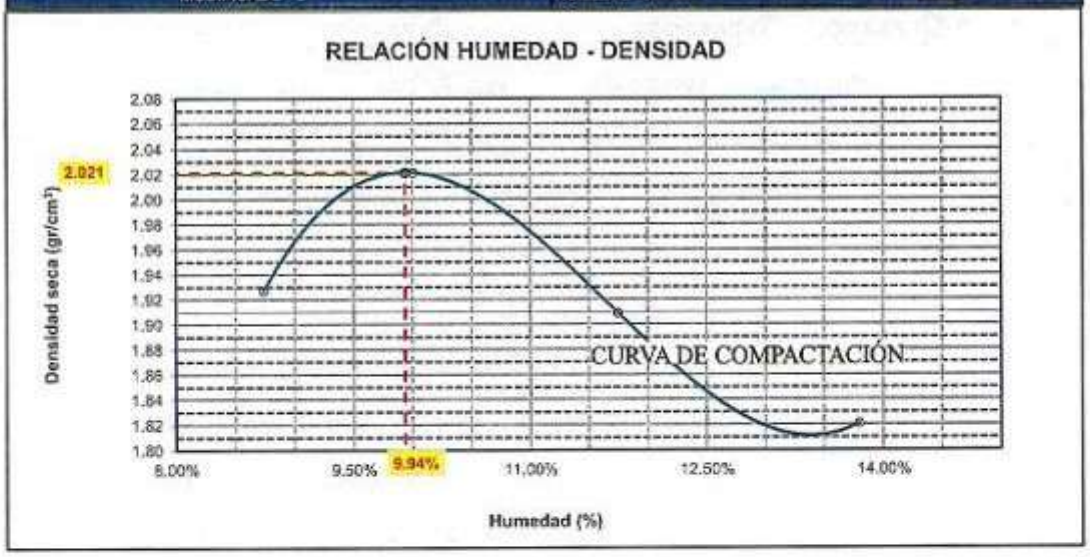
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 12% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 3	FECHA EXPEDICION	: 27/08/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2126 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10420	10692	10500	10370
Peso del Molde	gr.	5965	5965	5965	5965
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4455	4727	4535	4405
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.095	2.223	2.133	2.072

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	342.60	343.80	366.40	366.20	403.50	406.70	247.60	248.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	320.40	321.30	339.20	337.50	368.90	369.80	226.30	226.10
Peso del Agua	gr.	22.20	22.50	27.20	27.70	34.60	36.90	21.30	22.30
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	256.40	256.30	275.20	273.50	303.90	304.80	162.30	161.10
% de Humedad	%	8.66%	8.92%	9.88%	10.13%	11.39%	12.11%	13.12%	14.46%
Promedio de Humedad	%	8.74%		10.01%		11.75%		13.79%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.927		2.021		1.909		1.821	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.021 gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.94%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Inocaari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gonzz Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 01/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACION DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 12% CENIZA DE VOLANTE		
MUESTRA	:	CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13090	13100	13240	13218	12450	12279
Peso del Molde	gr.	8543	8543	8627	8627	7499	7499
Peso del Suelo Humedo	gr.	4547	4557	4613	4591	4951	4780
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.160	2.165	2.195	2.184	2.362	2.280

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	232.80	232.89	224.56		239.60	239.20	202.60		252.20	252.87	202.60	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	206.26	207.14	197.22		212.18	213.26	179.17		224.15	224.24	178.68	
Peso del Agua	gr.	26.34	25.75	27.34		26.42	25.94	23.43		28.05	28.63	23.92	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00		39.00	39.10	23.00		40.50	39.30	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	167.26	168.14	174.22		174.18	174.16	156.17		183.65	184.94	155.68	
% de Humedad	%	15.75%	15.31%	15.69%		15.17%	14.89%	15.00%		15.27%	15.48%	15.36%	
Promedio de Humedad	%	**15.53%**		**15.69%**		**15.03%**		**15.00%**		**15.38%**		**15.36%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.870**		**1.871**		**1.908**		**1.899**		**2.047**		**1.976**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.12	0.00	0.03	0.13	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
		48:00:00	0.13	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
		72:00:00	0.16	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04	0.21	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		9.5	65.5	0.9		16.4	90	4.6		23.5	125	6.3	
1.27	01:00		16.7	96.0	4.9		25.8	135	6.8		37.9	188	9.4	
1.91	01:30		30.4	154.2	7.8		38.7	195	9.8		46.5	222	11.2	
2.54	02:00	70.31	42.0	203.4	10.3		52.6	248	12.6		62.0	288	14.6	
3.81	03:00		44.0	211.9	10.7		52.7	248	12.6		63.4	294	14.9	
5.09	04:00	105.00	47.6	227.2	11.5		54.7	257	13.0		64.7	300	15.2	
6.35	05:00		49.2	234.0	11.8		58.7	274	13.9		68.2	306	15.5	
7.62	06:00		50.7	240.3	12.1		60.2	281	14.2		68.3	315	15.9	
8.84	07:00		52.7	248.8	12.6		62.4	290	14.7		70.4	324	16.4	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhoselin Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gonza Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

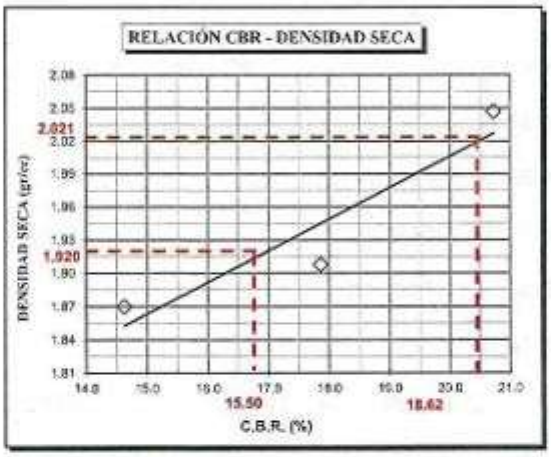
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

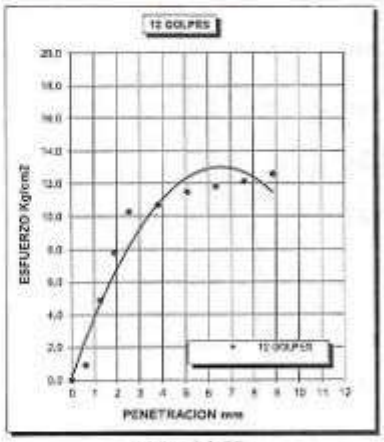
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 01/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 12% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



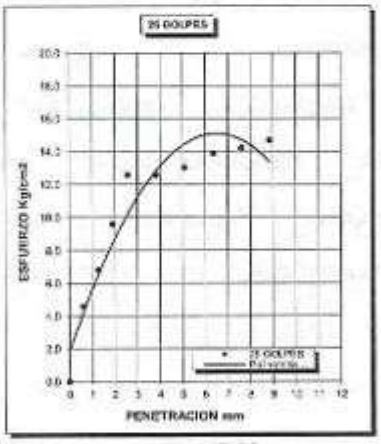
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.021
HUMEDAD OPTIMA (%)	9.94%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	9.73
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	7.52

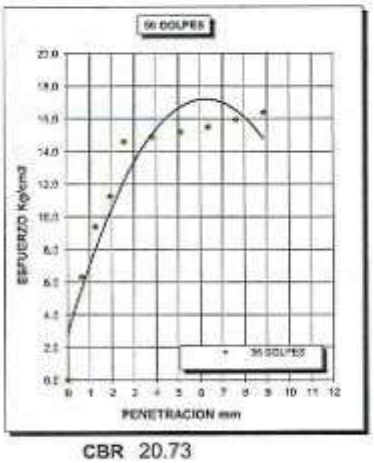
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 14.62



CBR 17.86



CBR 20.73

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Cocquera Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

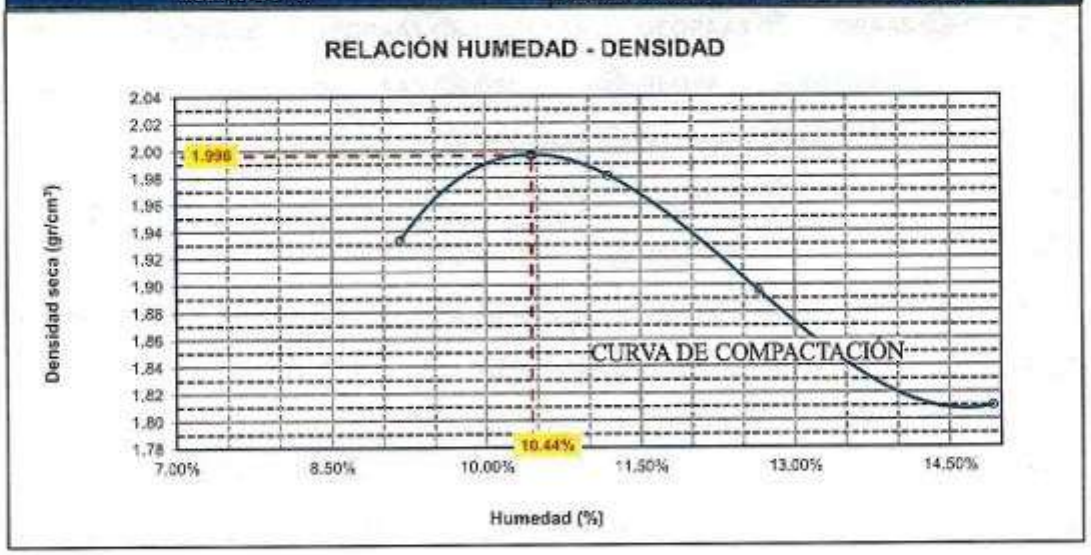
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 08/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025.	MUESTREADO POR :	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR :	: J. C. I. C.	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL		
MUESTRA	:	CALICATA 1	SUELO NATURAL + 3% CENIZA DE VOLANTE		
			FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2124 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10465	10661	10517	10400
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4483	4679	4535	4418
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.111	2.203	2.135	2.080

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	339.20	336.30	355.30	357.60	469.10	467.30	288.20	290.60
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	315.90	316.50	327.00	328.00	367.80	368.90	226.10	226.50
Peso del Agua	gr.	23.30	22.80	28.30	29.60	38.30	38.40	24.10	24.10
Peso de la Capsula	gr.	64.20	65.10	64.30	64.30	65.10	65.20	64.40	65.20
Peso del Suelo Seco	gr.	251.70	251.40	262.70	263.70	302.70	303.70	161.70	161.30
% de Humedad	%	9.26%	9.07%	11.15%	11.22%	12.65%	12.64%	14.90%	14.94%
Promedio de Humedad	%	9.16%		11.19%		12.65%		14.92%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.933		1.981		1.895		1.810	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.996 gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.44%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Mario Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 09/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 3% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12800	12870	13180	12970	12190	12780
Peso del Molde	gr.	8565	8565	8650	8650	7518	7518
Peso del Suelo Humedo	gr.	4235	4305	4530	4320	4672	5262
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.012	2.045	2.155	2.055	2.228	2.510

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	245.10	248.20	248.20		244.60	245.60	201.60		257.30	260.40	209.20	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	223.10	224.60	225.20		223.60	224.20	182.80		234.20	238.10	190.60	
Peso del Agua	gr.	22.00	21.60	22.00		21.00	21.40	18.70		23.10	22.30	18.60	
Peso de la Capsula	gr.	38.00	38.00	23.00		38.00	39.10	23.20		40.50	39.30	23.10	
Peso del Suelo Seco	gr.	184.10	186.60	202.20		185.60	185.10	159.70		193.70	198.80	167.50	
% de Humedad	%	11.95%	11.64%	11.27%		11.31%	11.56%	11.71%		11.93%	11.22%	11.10%	
Promedio de Humedad	%	**11.79%**		**11.37%**		**11.44%**		**11.71%**		**11.57%**		**11.10%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.800**		**1.836**		**1.934**		**1.840**		**1.997**		**2.259**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.16	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04
		48:00:00	0.17	0.00	0.04	0.16	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04
		72:00:00	0.19	0.00	0.04	0.20	0.01	0.04	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.4	52.3	0.9		15.0	89	4.5		20.5	112	5.7	
1.27	01:00		11.4	73.5	3.7		22.5	121	6.1		28.8	152	7.7	
1.91	01:30		20.6	112.5	5.7		25.5	150	7.6		35.2	175	8.8	
2.54	02:00	70.31	32.7	163.9	8.3		40.3	196	9.9		48.9	233	11.8	
3.81	03:00		32.5	163.1	8.2		41.6	202	10.2		50.7	240	12.1	
5.09	04:00	105.00	34.1	169.9	8.6		43.2	208	10.5		53.1	251	12.7	
6.35	05:00		36.7	180.9	9.1		45.1	217	10.9		55.2	259	13.1	
7.62	06:00		38.5	188.5	9.5		47.2	225	11.4		57.4	269	13.6	
8.84	07:00		40.2	195.6	9.9		49.3	234	11.8		59.6	278	14.1	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhondan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

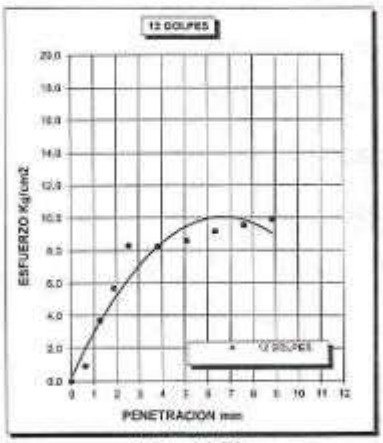
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 09/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 3% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 1	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



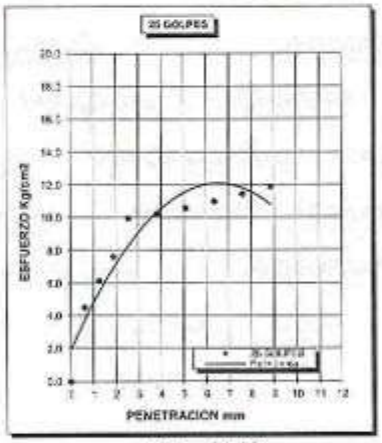
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	1.996
HUMEDAD OPTIMA (%)	10.44%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.49
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	12.39

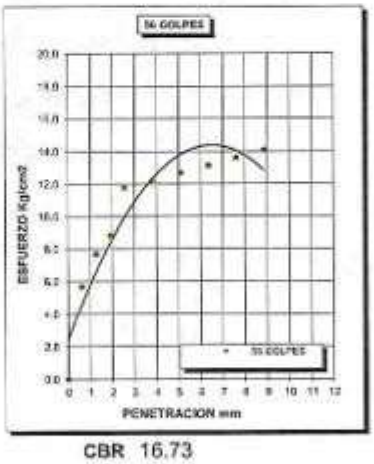
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 11.79



CBR 14.10



CBR 16.73

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhon Jair Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

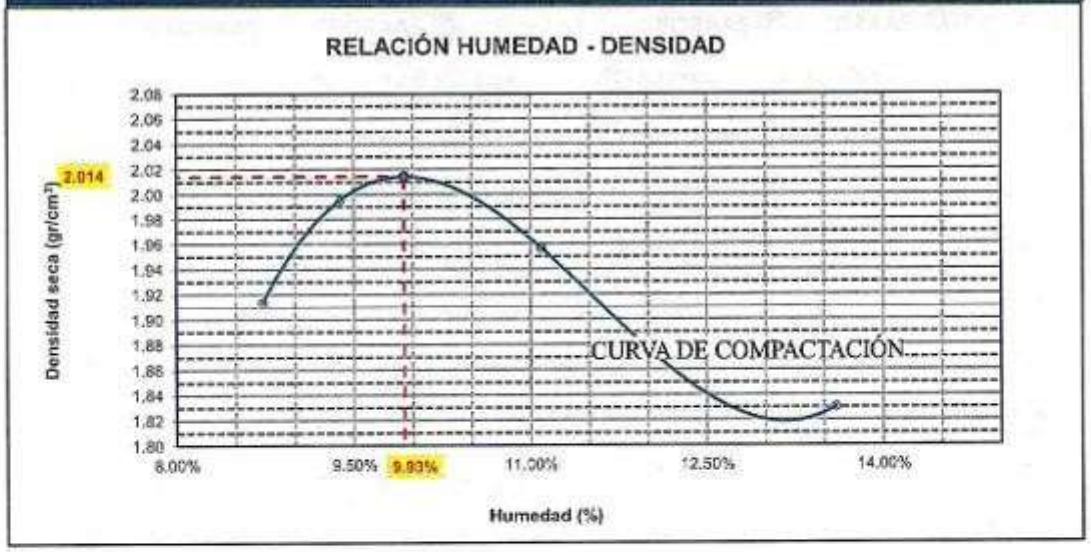
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 09/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 6% CENIZA DE VOLANTE		
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2120 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10392	10810	10590	10390
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4410	4828	4608	4408
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.080	2.183	2.174	2.079

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	342.30	343.60	358.50	359.20	384.80	386.20	248.50	248.90
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	328.30	329.60	333.60	333.50	362.20	361.80	226.80	226.50
Peso del Agua	gr.	22.00	22.70	24.90	25.70	22.60	33.30	21.70	22.40
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.90	64.80	66.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	256.30	255.60	268.50	268.50	287.20	296.80	162.80	161.50
% de Humedad	%	8.59%	8.87%	9.24%	9.54%	10.87%	11.22%	13.33%	13.87%
Promedio de Humedad	%	8.73%		9.39%		11.09%		13.60%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.913		1.996		1.957		1.830	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.014	gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	9.93%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhordan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 303696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 09/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 6% CENIZA DE VOLANTE		
MUESTRA	:	CALICATA 2	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12906	12890	13040	12930	12322	12330
Peso del Molde	gr.	8550	8550	8635	8635	7505	7505
Peso del Suelo Humedo	gr.	4356	4340	4405	4295	4817	4825
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.070	2.062	2.096	2.043	2.298	2.301

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	228.60	229.20	213.60		237.20	236.00	198.70		245.50	245.60	198.20	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	208.60	208.40	193.40		216.40	217.10	181.20		223.10	224.80	180.40	
Peso del Agua	gr.	20.00	19.80	20.20		20.80	20.90	17.50		22.40	20.80	17.80	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.00		38.00	39.10	23.00		40.50	39.30	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	169.60	169.40	170.40		178.40	178.00	158.20		182.60	185.50	157.40	
% de Humedad	%	11.79%	11.69%	11.85%		11.66%	11.74%	11.06%		12.27%	11.21%	11.31%	
Promedio de Humedad	%	**11.74%**		**11.85%**		**11.70%**		**11.06%**		**11.74%**		**11.31%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.852**		**1.843**		**1.876**		**1.840**		**2.056**		**2.068**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.17	0.00	0.04	0.14	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
		48:00:00	0.19	0.00	0.04	0.16	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
		72:00:00	0.20	0.01	0.04	0.19	0.00	0.04	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		6.8	54.0	0.9		12.8	79	4.0		20.5	112	5.7	
1.27	01:00		15.8	81.3	4.6		24.5	129	8.5		30.6	155	7.8	
1.91	01:30		26.2	136.8	6.9		34.8	172	8.7		39.8	194	9.8	
2.54	02:00	70.31	40.0	194.9	9.9		46.9	233	11.8		56.5	265	13.4	
3.81	03:00		42.5	205.5	10.4		50.3	239	12.1		60.4	281	14.2	
5.09	04:00	105.00	45.2	217.0	11.0		52.4	248	12.5		62.4	290	14.7	
6.35	05:00		47.6	227.2	11.5		54.1	255	12.9		64.2	298	15.0	
7.62	06:00		48.1	233.5	11.8		56.6	265	13.4		66.1	306	15.5	
8.84	07:00		50.2	238.2	12.0		57.2	268	13.5		67.5	312	15.8	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TECNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

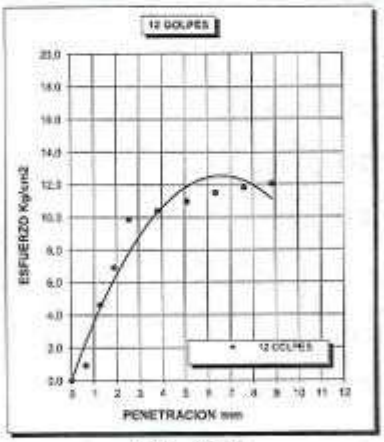
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 09/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
UBICACIÓN	: JR. CESAR MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL	
MUESTRA	: CALICATA 2	SUELO NATURAL + 8% CENIZA DE VOLANTE	
		FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



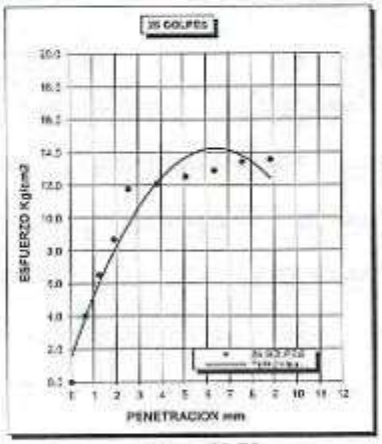
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.014
HUMEDAD OPTIMA (%)	9.93%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.13
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.50

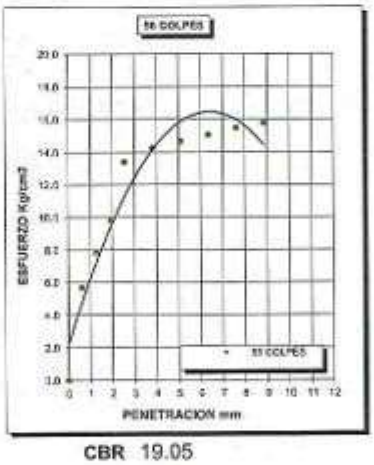
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 14.01



CBR 16.73



CBR 19.05

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacori Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 309696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMSI	FECHA MUESTREO	: 09/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 12% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2125 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10375	10599	10581	10481
Peso del Molde	gr.	5982	5982	5982	5982
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4393	4717	4599	4499
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.067	2.220	2.164	2.117

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	344.20	344.60	364.90	364.50	408.60	406.20	255.50	252.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	324.50	324.60	338.10	338.50	376.10	371.50	227.10	227.20
Peso del Agua	gr.	19.70	20.00	26.80	26.00	36.50	34.70	28.40	25.00
Peso de la Capsula	gr.	64.20	64.50	64.50	64.20	64.00	64.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	260.30	260.10	274.90	275.30	306.10	307.50	163.10	162.20
% de Humedad	%	7.57%	7.69%	9.48%	9.08%	11.92%	11.28%	14.36%	15.41%
Promedio de Humedad	%	7.63%		9.24%		11.60%		14.88%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.921		2.032		1.939		1.843	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.033	gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.41%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 09/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 12% CENIZA DE VOLANTE		
MUESTRA	:	CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12847	12860	13047	12940	12330	13100
Peso del Molde	gr.	8538	8538	8624	8624	7494	7494
Peso del Suelo Humedo	gr.	4309	4322	4423	4316	4836	5606
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.047	2.053	2.104	2.053	2.307	2.674

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	228.30	227.20	223.10		239.20	238.10	204.80		255.20	255.60	204.20	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	208.60	208.20	202.60		218.90	217.20	186.20		233.60	232.60	185.60	
Peso del Agua	gr.	19.70	19.00	20.50		20.30	20.90	18.40		21.60	23.00	18.60	
Peso de la Capsula	gr.	39.00	39.00	23.60		38.00	39.10	23.00		40.50	39.30	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	169.60	169.20	178.60		180.90	178.10	163.20		193.10	193.30	162.60	
% de Humedad	%	11.62%	11.23%	11.41%		11.22%	11.73%	11.27%		11.19%	11.90%	11.44%	
Promedio de Humedad	%	**11.42%**		**11.41%**		**11.48%**		**11.27%**		**11.54%**		**11.44%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.837**		**1.843**		**1.888**		**1.845**		**2.068**		**2.399**	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.14	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03
		48:00:00	0.17	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04
		72:00:00	0.20	0.01	0.04	0.23	0.01	0.05	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.6	91.3	0.9		25.9	135	6.8		35.5	175	8.9	
1.27	01:00		20.5	112.1	5.7		32.5	163	8.2		42.5	206	10.4	
1.91	01:30		32.5	163.1	8.2		40.5	197	10.0		49.5	235	11.9	
2.54	02:00	70.31	43.6	210.2	10.6		54.7	257	13.0		64.2	298	15.0	
3.81	03:00		45.7	218.1	11.1		55.2	259	13.1		65.8	304	15.4	
5.09	04:00	105.00	47.6	227.2	11.5		57.2	268	13.5		66.7	308	15.6	
6.35	05:00		48.2	229.7	11.6		59.3	277	14.0		68.2	315	15.9	
7.62	06:00		50.2	236.2	12.0		60.4	281	14.2		70.4	324	16.4	
8.84	07:00		52.5	246.4	12.6		62.4	290	14.7		72.8	334	16.9	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Casquire Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gómez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

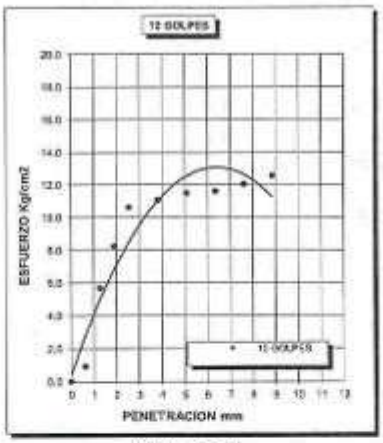
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 09/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR MARIATEGUI - AZÁNGARO	SUELO NATURAL + 12% CENIZA DE VOLANTE	
MUESTRA	: CALICATA 3	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



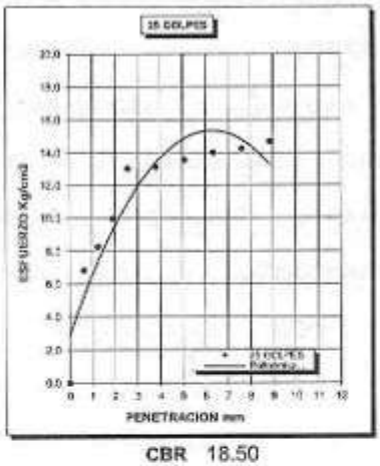
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.033
HUMEDAD OPTIMA (%)	9.41%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.09
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	11.30

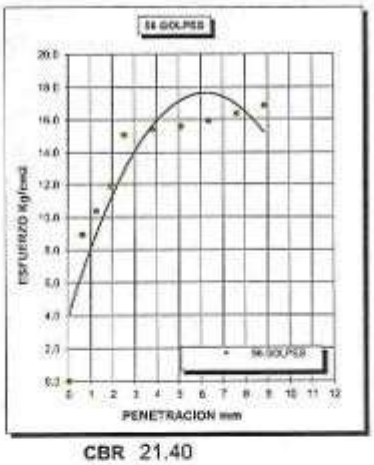
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 15.11



CBR 18.50



CBR 21.40

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonathan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

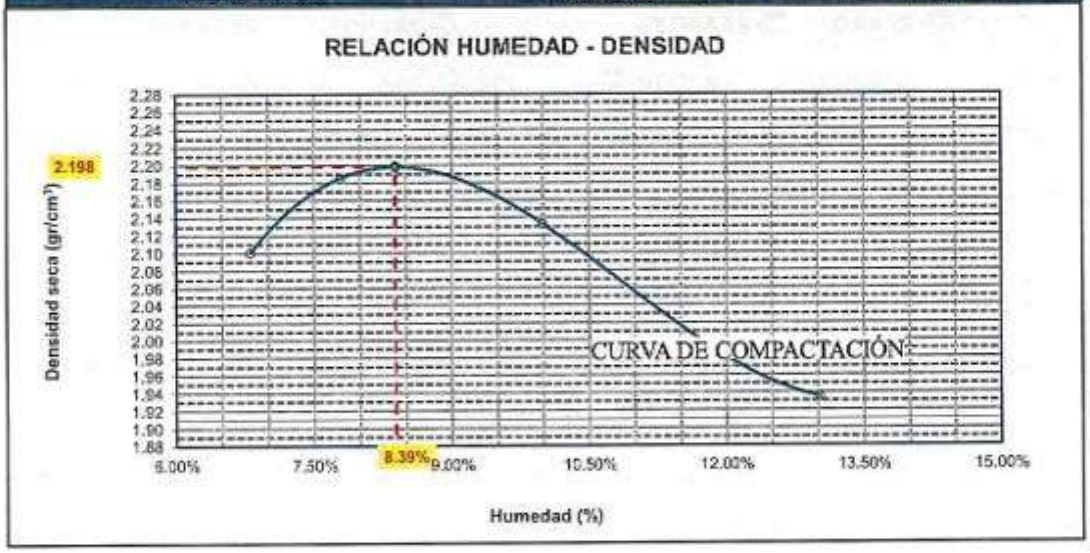
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAVEZ	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACION DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR :	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR :	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO	
MUESTRA	: CALICATA 1 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2132 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10784	11002	10983	10644
Peso del Molde	gr.	5981	5981	5981	5981
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4783	5021	5002	4663
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.243	2.355	2.346	2.187

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	436.59	419.61	436.45	436.10	436.40	425.09	414.04	414.11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	412.24	397.37	409.43	409.32	403.11	394.43	372.62	374.66
Peso del Agua	gr.	24.35	22.24	27.03	26.83	33.38	33.66	41.42	39.45
Peso de la Capsula	gr.	62.08	63.12	63.37	63.41	63.67	62.63	63.54	62.62
Peso del Suelo Seco	gr.	350.16	334.25	346.05	345.91	339.54	331.81	309.08	312.04
% de Humedad	%	6.95%	6.65%	7.81%	7.75%	9.83%	10.14%	13.40%	12.64%
Promedio de Humedad	%	6.80%		7.78%		9.99%		13.02%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.101		2.185		2.133		1.935	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.198 gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.39%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 1 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/08/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12524	12518	13503	13521	13607	13673
Peso del Molde	gr.	7987	7987	8766	8766	8533	8533
Peso del Suelo Humedo	gr.	4537	4531	4737	4755	5074	5140
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.156	2.153	2.254	2.262	2.420	2.452

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	422.31	431.26	315.32		423.34	434.62	326.00		400.34	409.32	256.38	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	387.65	389.32	284.64		386.33	397.44	299.61		373.60	378.62	238.71	
Peso del Agua	gr.	34.66	41.94	30.68		37.01	37.18	26.39		26.74	30.70	17.67	
Peso de la Capsula	gr.	38.70	38.46	23.41		38.70	39.38	23.54		40.58	39.84	23.42	
Peso del Suelo Seco	gr.	348.95	350.86	261.23		347.63	358.06	276.07		332.02	338.78	215.29	
% de Humedad	%	9.93%	11.95%	11.74%		10.65%	10.38%	9.56%		8.05%	9.06%	8.21%	
Promedio de Humedad	%	**10.94%**		**11.74%**		**10.52%**		**9.56%**		**8.55%**		**8.21%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.943**		**1.926**		**2.039**		**2.055**		**2.230**		**2.266**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		48:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
		72:00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		55.2	259.5	0.9		60.2	281	14.2		75.6	346	17.5	
1.27	01:00		59.6	278.1	14.1		65.8	305	15.4		79.4	362	18.3	
1.91	01:30		63.2	293.4	14.8		71.2	327	16.5		86.3	392	19.8	
2.54	02:00	70.31	75.2	344.5	17.4		88.9	402	20.3		103.7	465	23.5	
3.81	03:00		79.4	362.1	18.3		95.6	431	21.8		109.5	490	24.8	
5.09	04:00	105.00	83.5	378.5	19.2		99.7	448	22.7		115.4	515	26.0	
6.35	05:00		86.4	391.8	19.8		102.5	460	23.3		119.6	533	26.9	
7.62	06:00		89.2	403.7	20.4		105.9	487	24.6		125.6	558	28.2	
8.84	07:00		92.5	417.7	21.1		110.5	494	25.0		130.6	579	29.3	
			94.8	426.7	21.6		114.3	510	25.8		132.5	588	29.7	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO	
MUESTRA	:	CALICATA 1 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/08/2025

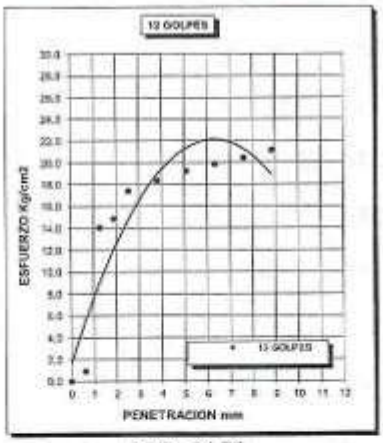


METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

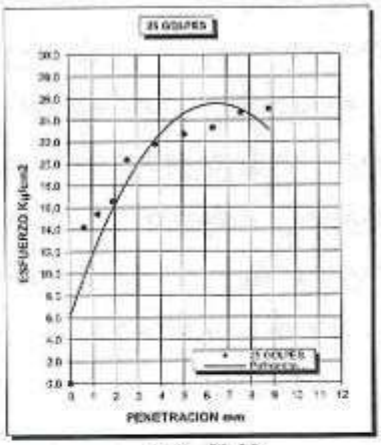
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.198
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.39%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	16.62
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	15.54

CLASIFICACIÓN :
AASHTO : A-2

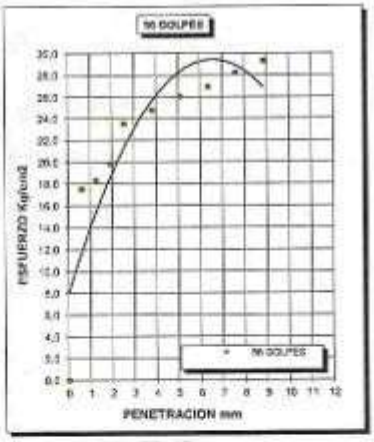
EMBEBIDO :



CBR 24.75



CBR 28.93



CBR 33.45

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhanglan Carlos Incacori Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

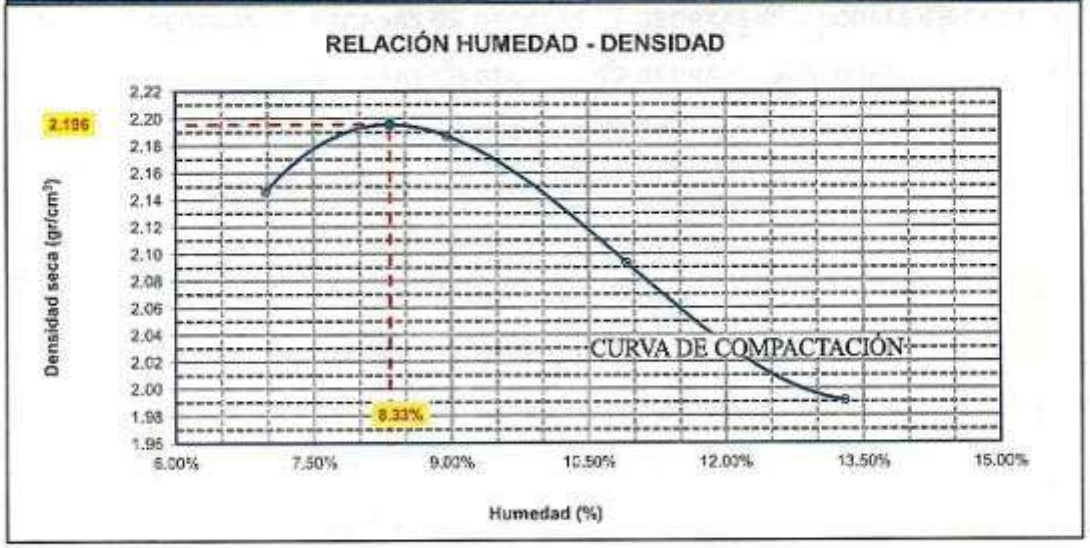
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 2 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2119 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10735	10920	10790	10650
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4865	5050	4920	4780
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.296	2.383	2.322	2.256

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	391.00	391.58	345.89	346.68	380.45	381.82	286.81	281.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	313.50	314.24	323.06	322.71	349.36	350.62	255.72	255.87
Peso del Agua	gr.	17.50	17.34	22.83	23.97	31.10	31.20	25.09	25.85
Peso de la Capsula	gr.	64.12	64.2'	64.52	64.35	64.62	64.50	64.37	64.26
Peso del Suelo Seco	gr.	248.38	250.03	258.04	258.36	284.73	286.12	191.35	191.61
% de Humedad	%	7.02%	6.94%	8.82%	9.25%	10.92%	10.90%	13.11%	13.49%
Promedio de Humedad	%	6.98%		8.95%		10.91%		13.30%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.146		2.187		2.093		1.991	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.196	gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	8.33%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 305695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. N° 8° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 2 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13178	13087	13376	13457	12853	12696
Peso del Molde	gr.	8589	8589	8658	8658	7525	7525
Peso del Suelo Humedo	gr.	4589	4518	4718	4799	5328	5171
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.190	2.147	2.245	2.283	2.541	2.466

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	234.20	235.80	216.20		254.50	256.20	208.50		269.50	261.20	213.50	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	210.42	211.88	191.35		228.52	225.10	185.10		242.10	234.30	191.10	
Peso del Agua	gr.	23.78	23.92	23.25		25.88	25.10	21.40		27.40	26.90	22.40	
Peso de la Capsula	gr.	39.16	39.56	23.52		38.12	39.21	23.33		40.42	39.51	23.26	
Peso del Suelo Seco	gr.	171.26	172.10	168.43		190.50	185.89	161.77		201.68	194.79	167.84	
% de Humedad	%	13.89%	13.90%	13.80%		13.59%	13.50%	13.23%		13.59%	13.81%	13.35%	
Promedio de Humedad	%	13.89%		13.80%		13.54%		13.23%		13.70%		13.35%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.923		1.886		1.977		2.016		2.235		2.176	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.05	0.00	0.01	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03
		48:00:00	0.07	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03
		72:00:00	0.10	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		14.5	86.7	0.9		22.6	121	8.1		30.5	155	7.8	
1.27	01:00		32.8	164.8	8.3		45.0	216	10.9		75.0	343	17.4	
1.91	01:30		54.0	254.3	12.9		70.3	322	16.3		80.7	410	20.7	
2.54	02:00	70.31	75.0	343.5	17.4		89.3	403	20.4		103.2	463	23.4	
3.81	03:00		73.4	357.9	18.1		105.4	472	23.9		106.2	476	24.1	
5.09	04:00	105.00	80.2	365.5	18.5		110.2	493	24.9		110.4	494	25.0	
6.35	05:00		82.4	374.9	18.9		112.4	502	25.4		115.8	517	26.1	
7.62	06:00		84.6	384.2	19.4		115.0	513	25.9		120.4	536	27.1	
8.84	07:00		86.7	393.1	19.9		120.0	534	27.0		135.6	602	30.4	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Cosquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

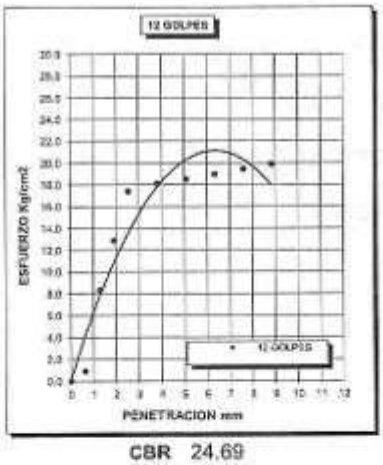
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL	
MUESTRA	: CALICATA 2 - AFIRMADO	AFIRMADO	
		FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



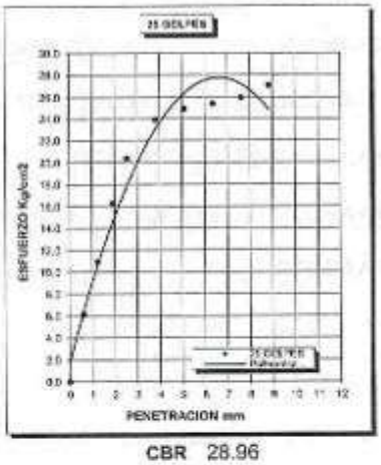
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.196
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.33%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	33.02
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	29.98

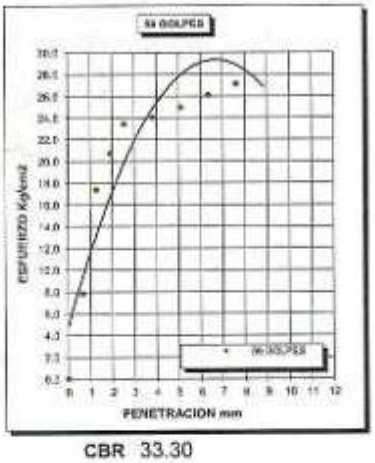
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 24.69



CBR 28.96



CBR 33.30

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatán Carlos Incacori Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308596 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

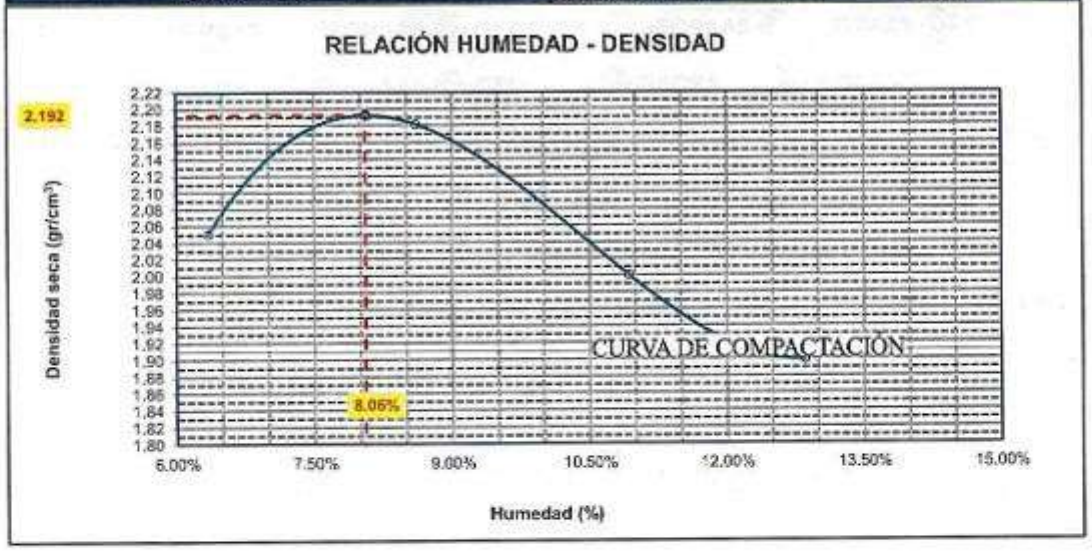
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO	
MUESTRA	: CALICATA 3 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10490	10888	10570	10410
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4620	5018	4700	4540
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.181	2.369	2.219	2.144

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	327.10	327.42	348.12	338.31	382.24	384.15	284.36	284.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	310.95	312.14	317.32	318.42	356.25	353.27	258.39	260.42
Peso del Agua	gr.	16.15	15.28	22.80	20.89	31.99	30.88	25.97	24.25
Peso de la Capsula	gr.	53.98	64.12	54.80	63.96	54.35	64.00	64.00	64.12
Peso del Suelo Seco	gr.	246.97	248.02	262.52	254.46	255.93	289.27	194.39	196.30
% de Humedad	%	6.54%	6.16%	8.69%	8.21%	11.18%	10.68%	13.36%	12.35%
Promedio de Humedad	%	6.35%		8.61%		10.93%		12.86%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.051		2.181		2.000		1.899	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.192 gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.06%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 27/08/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 3 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I	
No DE CAPAS		5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13194	13097	13418	13172	12855	12614
Peso del Molde	gr.	8582	8582	8668	8668	7530	7530
Peso del Suelo Humedo	gr.	4612	4515	4750	4504	5325	5084
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.191	2.145	2.260	2.143	2.540	2.425

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	236.50	237.24	222.80	258.50	256.20	210.40	272.50	278.20	220.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	213.80	214.12	199.87	231.99	230.12	188.12	244.87	249.51	196.21
Peso del Agua	gr.	22.80	23.12	22.73	26.51	26.08	22.28	27.63	28.69	24.19
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.66	23.46	38.08	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	174.45	174.46	175.42	193.91	190.96	164.91	204.34	210.14	173.04
% de Humedad	%	13.13%	13.25%	12.95%	13.67%	13.66%	13.51%	13.52%	13.65%	13.98%
Promedio de Humedad	%	13.19%		12.88%	13.66%		13.51%	13.59%		13.98%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.936		1.900	1.988		1.888	2.236		2.128

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.08	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
		48:00:00	0.11	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
		72:00:00	0.15	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03	0.22	0.01	0.05

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.2	89.6	5.9		22.4	120	8.1		38.3	179	9.1	
1.27	01:00		32.0	161.2	8.1		35.0	174	9.8		68.5	316	16.0	
1.91	01:30		58.0	271.3	15.7		59.2	319	18.1		84.5	384	19.4	
2.54	02:00	70.31	77.6	354.5	17.9		81.5	413	20.9		104.5	469	23.7	
3.81	03:00		80.5	368.8	18.5		84.5	426	21.5		110.4	494	25.0	
5.09	04:00	105.00	82.4	374.9	18.9		101.4	456	23.0		120.1	535	27.0	
6.35	05:00		84.7	384.6	19.4		106.6	486	24.6		125.8	558	28.2	
7.62	06:00		86.9	394.0	19.9		112.6	503	25.4		128.4	570	28.8	
8.84	07:00		88.7	401.6	20.3		116.8	521	26.3		130.9	581	29.4	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308896 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

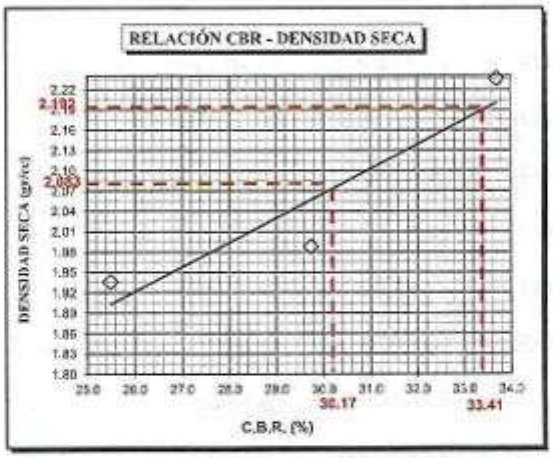
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

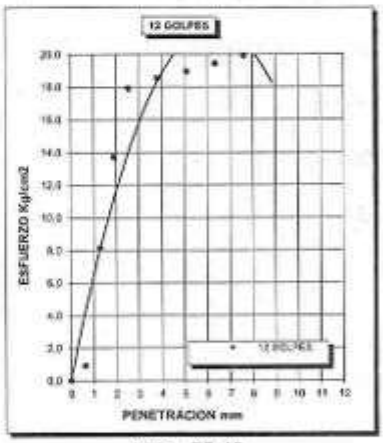
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 27/08/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CESAR VALLEJO - AZÁNGARO	AFIRMADO	
MUESTRA	: CALICATA 3 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



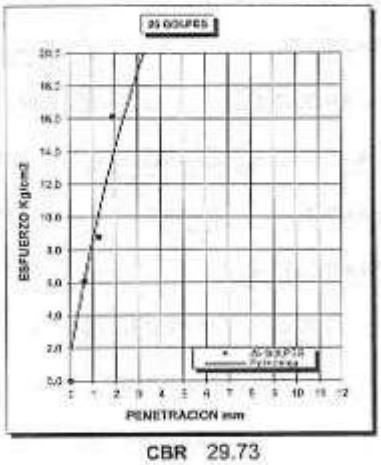
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.192
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.06%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	33.41
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	30.17

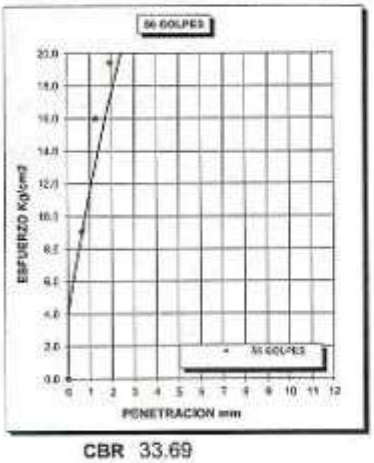
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 25.49



CBR 29.73



CBR 33.69

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Inocari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

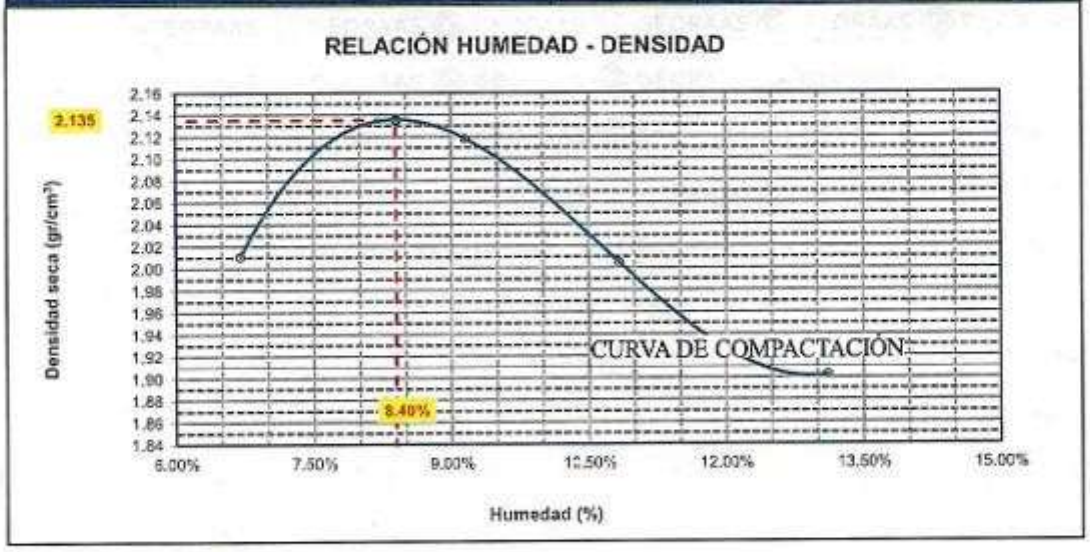
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACION DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR :	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR :	: J. C. I. C.
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL	
MUESTRA	: CALICATA 1 - AFIRMADO	AFIRMADO	
		FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm3
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10384	10747	10556	10409
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4544	4897	4706	4559
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.145	2.312	2.222	2.153

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	311.21	313.32	327.68	325.20	352.84	350.00	220.54	225.16
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	296.14	294.43	305.78	303.12	324.14	322.52	202.14	206.76
Peso del Agua	gr.	15.07	18.89	21.90	22.08	28.70	27.48	18.40	18.40
Peso de la Capsula	gr.	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10
Peso del Suelo Seco	gr.	232.04	230.33	241.68	239.02	260.04	258.42	138.04	142.66
% de Humedad	%	6.49%	8.20%	9.06%	9.24%	11.04%	10.63%	13.33%	12.90%
Promedio de Humedad	%	6.70%		9.15%		10.84%		13.11%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.011		2.118		2.005		1.903	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.135 gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.40%



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Sebastian Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308596 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	:	04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	:	D. E. S. C.
			ENSAYADO POR	:	J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 1 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	:	27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I
No DE CAPAS		5		5		5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13208	13248	13334	13180	12685	12430
Peso del Molde	gr.	8568	8568	8650	8650	7520	7520
Peso del Suelo Humedo	gr.	4640	4680	4684	4530	5165	4910
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.204	2.223	2.228	2.155	2.464	2.342

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	233.20	235.60	237.20		238.96	240.87	203.12		246.24	247.15	206.32	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	209.87	211.96	185.94		214.35	217.53	182.21		222.14	222.34	184.87	
Peso del Agua	gr.	23.33	23.64	21.26		24.61	23.34	20.91		24.10	24.81	21.45	
Peso de la Capsula	gr.	39.21	39.33	23.10		38.00	39.00	23.00		40.10	39.40	23.00	
Peso del Suelo Seco	gr.	170.66	172.63	162.84		176.35	178.53	159.21		182.04	182.94	161.87	
% de Humedad	%	13.67%	13.69%	13.06%		13.96%	13.07%	13.13%		13.24%	13.56%	13.25%	
Promedio de Humedad	%	13.68%		13.06%		13.51%		13.13%		13.40%		13.25%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.939		1.967		1.963		1.905		2.173		2.068	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.13	0.00	0.03
		48:00:00	0.12	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
		72:00:00	0.14	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.0	88.8	0.9		20.0	110	5.6		34.6	172	8.7	
1.27	01:00		25.0	131.2	6.6		40.0	195	9.9		60.5	282	14.3	
1.91	01:30		35.0	173.7	8.8		60.0	280	14.1		80.5	367	18.5	
2.54	02:00	70.31	71.5	328.6	16.6		81.5	414	20.9		111.5	498	25.2	
3.81	03:00		80.0	364.7	18.4		100.0	450	22.7		130.0	577	29.2	
5.09	04:00	105.00	90.0	407.1	20.6		120.0	534	27.0		150.0	662	33.5	
6.35	05:00		100.0	448.6	22.7		140.0	618	31.3		170.0	747	37.7	
7.62	06:00		110.0	492.0	24.9		153.0	682	33.5		190.0	832	42.0	
8.84	07:00		120.0	534.5	27.0		175.0	768	38.8		210.0	916	46.3	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Cosquitra Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308636 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_306
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

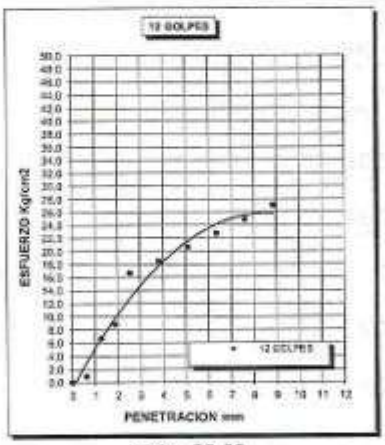
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAVBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL	AFIRMADO
MUESTRA	: CALICATA 1 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



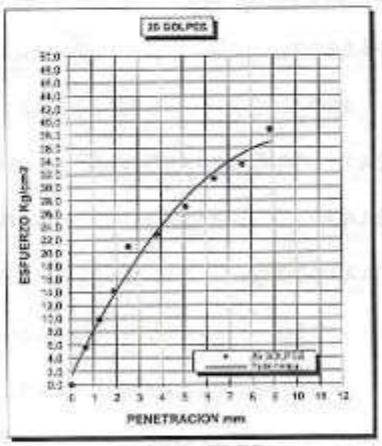
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.135
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.40%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	35.21
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	29.56

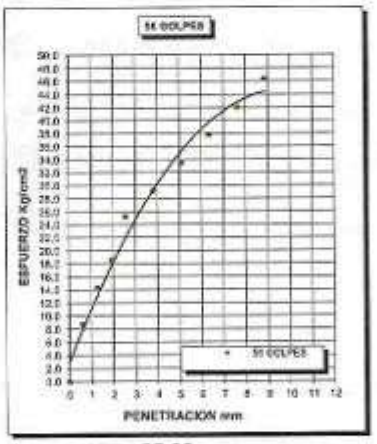
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 23.62



CBR 29.76



CBR 35.83

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhandigan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

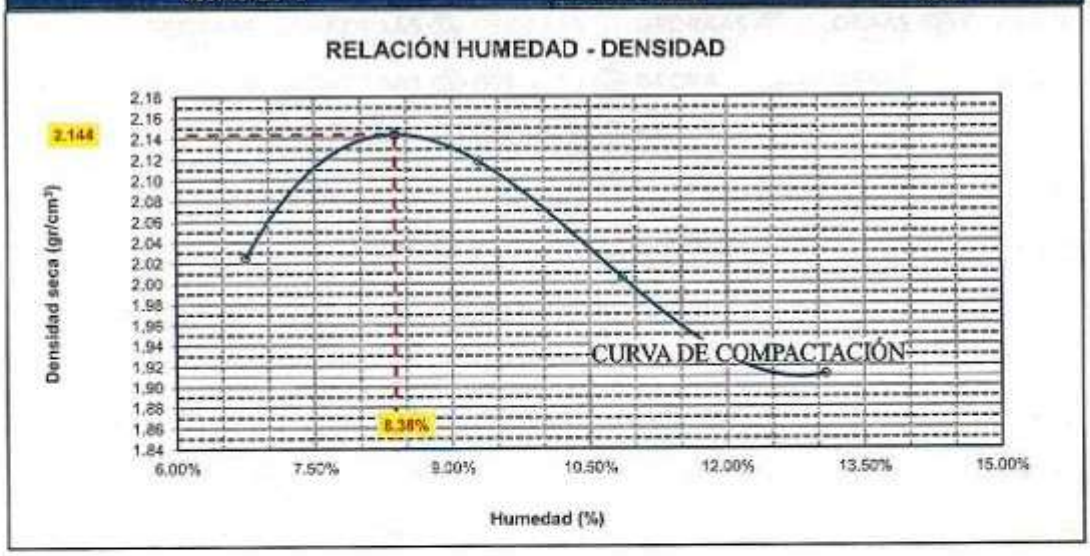
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 2 - SUBBASE	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2116 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10428	10752	10559	10429
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4578	4902	4709	4579
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.161	2.314	2.223	2.162

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	330.05	331.15	346.00	346.58	383.36	383.98	285.35	285.68
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.80	314.70	322.20	322.38	351.60	353.20	259.62	260.20
Peso del Agua	gr.	17.25	16.45	23.80	24.20	31.76	30.78	25.73	25.48
Peso de la Capsula	gr.	64.90	64.15	64.06	64.18	64.21	64.92	64.16	64.10
Peso del Suelo Seco	gr.	248.80	250.55	258.20	258.15	287.36	288.88	195.46	196.10
% de Humedad	%	6.93%	6.57%	9.22%	9.37%	11.05%	10.65%	13.16%	12.99%
Promedio de Humedad	%	6.75%		9.30%		10.85%		13.08%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.025		2.118		2.006		1.912	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.144	gr/cm3
		HUMEDAD OPTIMA	:	8.38%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 2 - SUBBASE	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No	III		II		I	
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13165	13075	13297	13155	12758	12518
Peso del Molde	gr.	8560	8560	8645	8645	7513	7513
Peso del Suelo Humedo	gr.	4605	4515	4652	4510	5245	5005
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.188	2.145	2.213	2.146	2.502	2.387

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	241.20	240.58	219.65		259.87	254.52	215.32		275.58	275.67	225.75	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	217.89	216.62	195.95		233.54	228.84	192.57		247.15	245.84	202.10	
Peso del Agua	gr.	23.31	23.94	23.70		26.33	25.68	22.75		28.23	29.03	23.65	
Peso de la Capsula	gr.	39.20	39.52	23.32		38.10	39.20	23.32		40.60	39.40	23.20	
Peso del Suelo Seco	gr.	178.89	177.10	172.63		195.44	189.64	169.25		206.55	207.44	178.90	
% de Humedad	%	13.04%	13.52%	13.73%		13.47%	13.54%	13.44%		13.67%	13.99%	13.22%	
Promedio de Humedad	%	13.28%		13.73%		13.51%		13.44%		13.83%		13.22%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.931		1.886		1.950		1.891		2.198		2.109	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.07	0.00	0.02	0.08	0.00	0.02	0.10	0.00	0.02
		48:00:00	0.09	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
		72:00:00	0.13	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04

PENETRACIÓN

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		14.0	84.6	3.9		19.0	106	5.3		37.8	182	9.4	
1.27	01:00		28.5	148.1	7.4		36.4	190	9.1		60.5	282	14.3	
1.91	01:30		45.0	216.1	10.9		59.2	276	14.0		84.6	384	19.4	
2.54	02:00	70.31	72.4	332.4	16.8		93.4	422	21.3		111.4	498	25.2	
3.81	03:00		86.5	392.3	19.8		105.4	472	23.9		135.0	598	30.2	
5.09	04:00	105.00	94.5	426.2	21.5		123.4	549	27.7		155.4	685	34.6	
6.35	05:00		110.4	493.7	25.0		145.0	641	32.4		175.8	771	39.0	
7.62	06:00		120.0	534.5	27.0		155.0	683	34.5		192.4	842	42.5	
8.84	07:00		135.0	598.1	30.2		180.0	789	39.9		215.0	938	47.4	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Juan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 303695 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Codigo	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

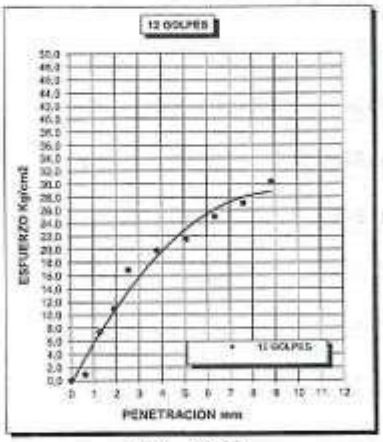
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	AFIRMADO	
MUESTRA	: CALICATA 2 - SUBBASE	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



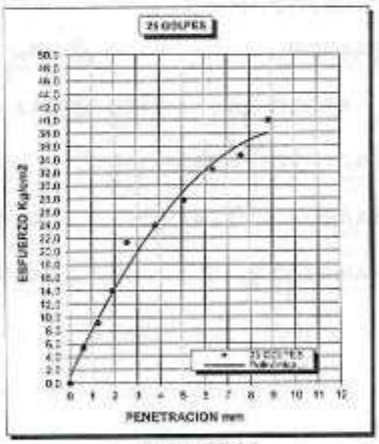
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.144
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.38%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	35.19
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	30.22

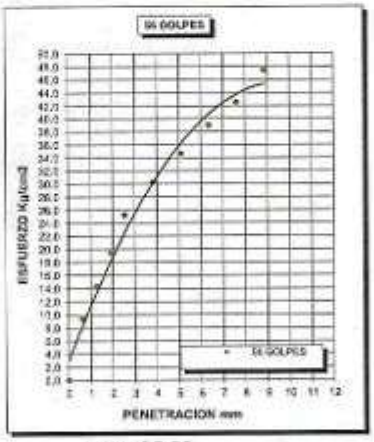
CLASIFICACION :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 23.90



CBR 30.31



CBR 35.80

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-698 D-1557 / AASHTO T-99 T-180)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	1 de 3

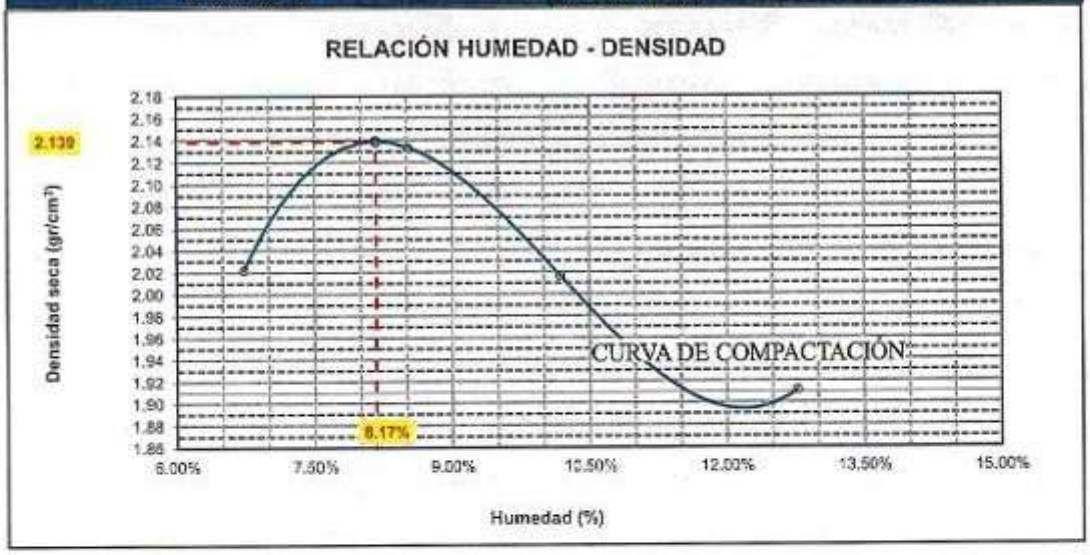
SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025	
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.	
			ENSAYADO POR	: J. C. I. C.	
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	TIPO DE MATERIAL		
MUESTRA	:	CALICATA 3 - AFIRMADO	AFIRMADO		
			FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025	

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2119 cm3
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10423	10756	10557	10418
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm3.	4573	4906	4707	4568
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm3.	2.158	2.315	2.221	2.156

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	339.30	330.53	345.60	345.60	385.60	386.35	288.20	290.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	313.25	313.87	325.40	323.60	355.30	356.20	264.70	264.60
Peso del Agua	gr.	16.95	15.63	22.20	22.20	29.30	30.15	25.50	25.70
Peso de la Capsula	gr.	63.90	64.10	64.20	63.90	64.00	64.10	64.20	64.20
Peso del Suelo Seco	gr.	249.35	249.77	259.20	259.70	292.30	291.10	200.50	200.40
% de Humedad	%	6.80%	6.56%	8.57%	8.47%	10.02%	10.34%	12.72%	12.82%
Promedio de Humedad	%	6.73%		8.52%		10.18%		12.77%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.022		2.134		2.016		1.912	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.139	gr/cm3
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	8.17%	



ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Huancari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gómez Ramos Ingeniero Civil CIP 308596	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor

http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	2 de 3

SOLICITANTE	:	Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO		: 04/09/2025
PROYECTO	:	TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR		: D. E. S. C.
			ENSAYADO POR		: J. C. I. C.
			TIPO DE MATERIAL		
UBICACIÓN	:	JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	AFIRMADO		
MUESTRA	:	CALICATA 3 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN		: 27/09/2025

COMPACTACIÓN

MOLDE No		III		II		I
No DE CAPAS		5		5		5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA		12		25		56
CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13170	13170	13288	13277	12723	12398
Peso del Molde	gr.	8560	8560	8648	8648	7518	7518
Peso del Suelo Humedo	gr.	4610	4610	4640	4629	5205	4880
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.190	2.190	2.208	2.202	2.483	2.328

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	242.330	241.68	223.50		261.24	263.20	218.42		277.60	279.74	227.62	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	218.50	217.85	200.11		234.56	237.12	194.51		248.98	251.62	203.24	
Peso del Agua	gr.	23.80	23.82	23.39		26.68	26.08	23.91		28.62	28.12	24.38	
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.55	23.45		38.08	39.16	23.21		40.53	39.37	23.17	
Peso del Suelo Seco	gr.	179.35	178.30	176.66		196.48	197.96	171.30		208.45	212.25	180.07	
% de Humedad	%	13.27%	13.37%	13.24%		13.58%	13.17%	13.96%		13.73%	13.25%	13.54%	
Promedio de Humedad	%	**13.32%**		**13.24%**		**13.38%**		**13.96%**		**13.49%**		**13.54%**	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	**1.933**		**1.934**		**1.947**		**1.933**		**2.188**		**2.050**	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %	Dial	Expansion mm	Expansion %
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.09	0.00	0.02	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03
		48:00:00	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
		72:00:00	0.13	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03

PENETRACIÓN

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No II Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	MOLDE No I Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		14.0	84.6	0.5		20.4	112	5.6		33.5	168	8.5	
1.27	01:00		24.5	128.1	6.5		39.4	192	9.7		64.5	299	15.1	
1.91	01:30		40.0	194.9	9.9		63.5	295	14.9		80.9	369	18.6	
2.54	02:00	70.31	73.4	336.7	17.0		94.2	425	21.5		113.0	505	25.5	
3.81	03:00		79.9	364.3	18.4		102.5	466	23.3		131.4	583	29.5	
5.09	04:00	105.00	91.2	412.2	20.8		121.4	540	27.3		151.2	667	33.7	
6.35	05:00		101.2	454.7	23.0		145.6	643	32.5		170.8	750	37.9	
7.62	06:00		115.0	513.2	25.9		158.4	885	34.6		191.5	836	42.4	
8.84	07:00		126.0	559.6	28.3		178.2	781	39.5		211.4	922	46.6	

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Inocanti Conquera Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 308696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V°B° CONTROL
ESPECIALISTA		UNIDAD DE CONTROL

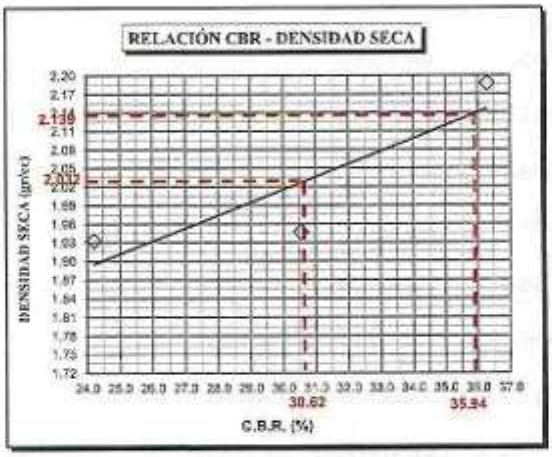
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

GEORAAS
CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

georaascgsac@gmail.com
RUC: 20601877326

ENSAYO DE MATERIALES	RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA - C.B.R. (ASTM D-1883 / MTC E 132)	Código	FRM_GR_EM_304
		Versión	V.01
		Aprobado	GG_GR
		Página	3 de 3

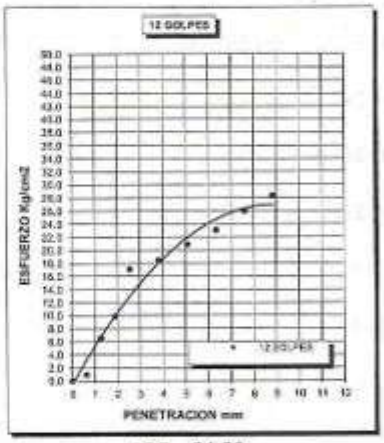
SOLICITANTE	: Sr. DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI	FECHA MUESTREO	: 04/09/2025
PROYECTO	: TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025	MUESTREADO POR	: D. E. S. C.
		ENSAYADO POR	: J. C. I. C.
		TIPO DE MATERIAL	
UBICACIÓN	: JR. CARLOS MARIATEGUI - AZÁNGARO	AFIRMADO	
MUESTRA	: CALICATA 3 - AFIRMADO	FECHA EXPEDICIÓN	: 27/09/2025



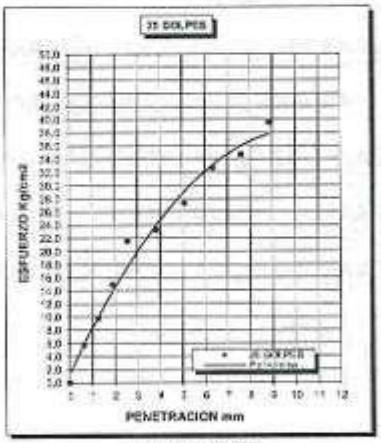
METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91

MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.139
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.17%
CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	35.94
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	30.62

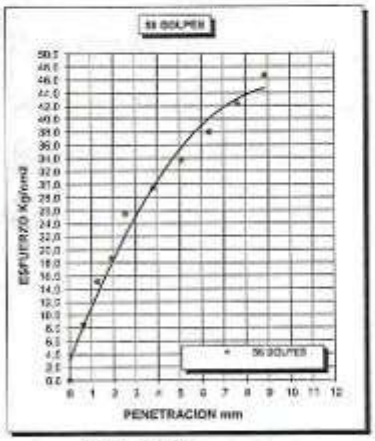
CLASIFICACIÓN :
AASHTO :
EMBEBIDO :



CBR 24.20



CBR 30.55



CBR 36.29

ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Jhonatan Carlos Incacari Coaquira Técnico de Laboratorio GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	Marco Antonio Gomez Ramos Ingeniero Civil CIP 336696 GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES SAC	GEORAAS CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. V° B° CONTROL
TÉCNICO DE LABORATORIO	ESPECIALISTA	UNIDAD DE CONTROL

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X] Fecha de entrega: 20-04-2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DIEGO ENRIQUE SUCAPUCA CHAMBI
Dirección: Jr. LAMBAYEQUE 633
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75894260
Teléfono: 973 661 220 email: kike.sucacha@gmail.com

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

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL
Título o Grado Académico a optar: TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE CENIZA VOLANTE SOBRE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE Y SU EFECTO EN EL ESPESOR DE AFIRMADO DE VÍAS NO PAVIMENTADAS EN LA PROVINCIA DE AZÁNGARO 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): CENIZA VOLANTE, CAPACIDAD DE SOPORTE, SUBRASANTE Y ESPESOR DE AFIRMADO

¿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.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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 comérciales 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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

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.

[X] Internacional

[ ] Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



Firma de Autor | huella digital | 20-04-2026 Fecha

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES JULIACA

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/