



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE
GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA
VÍA JULIACA - LAMPA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO
RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE
GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA
VÍA JULIACA - LAMPA 2025

TESIS PRESENTADA POR:
Bach. LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
PRIMER MIEMBRO	:	 Dr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
SEGUNDO MIEMBRO	:	 Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
ASESOR DE TESIS	:	 Dr. ARNALDO YANA TORRES
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	:	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 998-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7401 presentado por el (la) Bachiller: **LUIS FERNANDO PUMA MAMANI** 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. **LUIS FERNANDO PUMA MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
- * **2do Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 el (la) bachiller: **LUIS FERNANDO PUMA MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 12 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 09:30 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. OSCAR V. VILLAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP 2020



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 797-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 08 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 801 por el señor (a): **LUIS FERNANDO PUMA MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 637- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 032- 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): **LUIS FERNANDO PUMA MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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° 032- 2025 aprobando el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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): **LUIS FERNANDO PUMA MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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 CIENCIAS PURAS

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

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

Dr. Fritz Yana Mamca Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 509-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 24 de junio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 8215, presentado por el señor (a) LUIS FERNANDO PUMA MAMANI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 220-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 038-2025 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) LUIS FERNANDO PUMA MAMANI ha presentado su propuesta de investigación titulada: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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. César Guillermo Camargo Hajar 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° 038-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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) LUIS FERNANDO PUMA MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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 el (a la) docente Dr. ARNALDO YAXA 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 P. VILLANORTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. PABLO VILCA
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc:
Archivos 2025
Interesado (a)



EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ALTERNATIVO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	5%
2	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	2%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%




Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70439210
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0002-0447-5129
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	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	02442876
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Latitud: S 15° 21' 49" Longitud: O 70° 21' 56"</p>  <p>https://maps.app.goo.gl/feMaMyE8qUSy1147</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2025 – Septiembre 2025
URL de disciplinas OCDE	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03
- Librería	



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
Dr. Pío W. Huamani Apaza
DIRECTOR
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LUIS FERNANDO PUMA MAMANI, identificado con DNI
Nro. 70439210, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE

LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD

EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 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 tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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

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

Juliaca 22 de septiembre del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a mi madre Antioquia, a mi padre Severiano y a mi hermano: Marco Antonio, quienes son los pilares de mi vida, que me enseñaron siempre a salir adelante ante las adversidades de la vida diaria.



AGRADECIMIENTO

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Facultad de Ingeniería y Ciencias Puras, Escuela Profesional de Ingeniería Civil por ser el Alma Mater de nuestra formación y una fuente de conocimientos para poder realizar este proyecto de investigación.

Al Dr. Arnaldo Yana Torres por su orientación, asesoramiento y su continuo apoyo en la elaboración de este trabajo de investigación.

A mis catedráticos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, por haberme compartido sus conocimientos, experiencias profesionales y enseñanzas de valores que debo poner en práctica en mi vida diaria.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	i
ÍNDICE DE TABLAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
INTRODUCCIÓN.....	viii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.....	10
1.2 Planteamiento del problema.....	12
1.2.1 Problema general.....	12
1.2.2 Problemas específicos.....	12
1.3 Objetivos de la investigación.....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos.....	12
1.4 Justificación de la investigación.....	13
1.4.1 Justificación técnica.....	13
1.4.2 Justificación económica.....	13
1.4.3 Justificación social.....	14
1.4.4 Justificación ambiental.....	14
1.5 Hipótesis de la investigación.....	15
1.5.1 Hipótesis general.....	15
1.5.2 Hipótesis específicas.....	15
1.6 Variables e indicadores.....	15
1.6.1 Variable independiente.....	15
1.6.2 Variable dependiente.....	15



1.7 Operacionalización de variables..... 17

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 18
2.1.1 Antecedentes internacionales..... 18
2.1.2 Antecedentes nacionales..... 21
2.1.3 Antecedentes locales..... 23
2.2 Bases teóricas 25
2.2.1 Efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado..... 25
2.2.2 Base granular de baja calidad 33
2.2.3 Estabilización mediante reciclaje de pavimento 35
2.2.4 Reciclaje de pavimento..... 40
2.2.5 Pavimento flexible 44
2.3 Marco conceptual..... 49
2.3.1. Base granular..... 49
2.3.2. Estabilización de suelos y materiales 49
2.3.3. Durabilidad del pavimento 49
2.3.4. Pavimento asfáltico reciclado 50
2.3.5. Reciclaje 50

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación 51
3.2 Tipo de la investigación..... 52
3.3 Nivel de la investigación..... 52
3.4 Diseño de la investigación..... 53
3.5 Método de la investigación 54
3.6 Población y muestra de la investigación..... 54
3.6.1 Población..... 54
3.6.2 Muestra 55
3.7 Técnicas e instrumentos 56



3.7.1	Técnicas	56
3.7.2	Instrumentos.....	57
3.8	Validación y confiabilidad del instrumento	57
3.8.1	Validación	57
3.8.2	Confiabilidad.....	57
3.9	Plan de recolección y procesamiento de datos	58
3.9.1	Plan de investigación.....	58
3.9.2	Análisis e interpretación de los resultados	73

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Resultados obtenidos.....	75
4.1.1	Estado actual de la capa de base granular del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa	81
4.1.2	Influencia de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado en el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de la base granular	84
4.1.3	Efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre el CBR de la base granular de la vía Juliaca – Lampa.....	87
4.2	Discusión de Resultados.....	90
CONCLUSIONES		93
RECOMENDACIONES.....		95
BIBLIOGRAFÍA.....		96
ANEXOS		101



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Operacionalización de variables</i>	17
Tabla 2 <i>Material gradado en la exploración 1</i>	76
Tabla 3 <i>Material gradado en la exploración 2</i>	77
Tabla 4 <i>Material gradado en la exploración 3</i>	78
Tabla 5 <i>Material gradado en la exploración 4</i>	79
Tabla 6 <i>Material gradado del pavimento asfáltico reciclado</i>	80
Tabla 7 <i>Limites-Base</i>	81
Tabla 8 <i>Optima humedad y densidad seca-Base</i>	82
Tabla 9 <i>CBR-Base</i>	83
Tabla 10 <i>Comparación de optima humedad y densidad seca</i>	86
Tabla 11 <i>CBR</i>	89



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Tipos de reciclaje</i>	41
Figura 2 <i>Vía de estudio</i>	55
Figura 3 <i>Material gradado en la exploración 1</i>	76
Figura 4 <i>Material gradado en la exploración 2</i>	77
Figura 5 <i>Material gradado en la exploración 3</i>	78
Figura 6 <i>Material gradado en la exploración 4</i>	79
Figura 7 <i>Material gradado del pavimento asfáltico reciclado</i>	80
Figura 8 <i>Comparación de límites de consistencia de la base granular</i>	81
Figura 9 <i>Optima humedad y densidad seca-Base</i>	82
Figura 10 <i>Comparación de CBR de la base granular</i>	83
Figura 11 <i>Correspondencia entre humedad y densidad con 5% de PAR</i>	84
Figura 12 <i>Correspondencia entre humedad y densidad con 15% de PAR</i>	84
Figura 13 <i>Correspondencia entre humedad y densidad con 25% de PAR</i>	85
Figura 14 <i>Correspondencia entre humedad y densidad con 40% de PAR</i>	85
Figura 15 <i>Comparación de optima humedad y densidad seca-Base</i>	86
Figura 16 <i>CBR con 5% de PAR</i>	87
Figura 17 <i>CBR con 15% de PAR</i>	87
Figura 18 <i>CBR con 25% de PAR</i>	88
Figura 19 <i>CBR con 40% de PAR</i>	88
Figura 20 <i>CBR</i>	89



RESUMEN

La investigación titulada "Efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025" tiene como objetivo analizar el impacto del pavimento asfáltico reciclado en las propiedades de la base granular de baja calidad en esta vía. Se empleó una metodología experimental, de nivel explicativo y tipo aplicado. Los resultados muestran que la base granular de la vía Juliaca – Lampa presenta propiedades variables, reflejando una calidad poco óptima. El índice de plasticidad promedio fue de 6.54%, indicando plasticidad moderada, mientras que la humedad óptima promedio fue de 8.37% y la densidad seca promedio fue de 2.071 gr/cm³, lo que sugiere que la base no alcanza su capacidad máxima de resistencia. Los valores de CBR oscilaron entre 50.04% y 51.96%, con un promedio de 50.72%, indicando una resistencia limitada a las cargas vehiculares. La aplicación de pavimento asfáltico reciclado mejoró significativamente las propiedades de la base granular. Con un aumento del porcentaje de pavimento asfáltico reciclado, el contenido óptimo de humedad disminuyó de 8.11% a 7.53%, mientras que la densidad seca aumentó de 2.087 gr/cm³ con 5% de pavimento asfáltico reciclado a 2.121 gr/cm³ con 25%, aunque con 40% de pavimento asfáltico reciclado la densidad fue de 2.107 gr/cm³. En cuanto al CBR, los valores aumentaron progresivamente: de 50.72% en la base granular sin PAR, a 57.54% con 5%, 66.95 con 15%, 72.64% con 25%, y 63.18% con 40% de pavimento asfáltico reciclado. Se concluye que la incorporación de pavimento asfáltico reciclado mejora notablemente la resistencia y capacidad de carga de la base granular, contribuyendo a la durabilidad del pavimento.

Palabras Clave: Base granular, CBR, pavimento asfáltico reciclado, pavimento flexible.



ABSTRACT

The research entitled "Effect of recycled asphalt pavement application on the properties of low-quality granular base on the Juliaca-Lampa 2025 road" aims to analyze the impact of recycled asphalt pavement on the properties of low-quality granular base on this road. An experimental, explanatory, and applied methodology was used. The results show that the granular base of the Juliaca-Lampa road has variable properties, reflecting suboptimal quality. The average plasticity index was 6.54%, indicating moderate plasticity, while the average optimum moisture content was 8.37% and the average dry density was 2.071 g/cm³, suggesting that the base does not reach its maximum strength capacity. CBR values ranged from 50.04% to 51.96%, with an average of 50.72%, indicating limited resistance to vehicular loads. The application of recycled asphalt pavement significantly improved the properties of the granular base. With an increase in the percentage of recycled asphalt pavement, the optimum moisture content decreased from 8.11% to 7.53%, while the dry density increased from 2,087 g/cm³ with 5% recycled asphalt pavement to 2,121 g/cm³ with 25%, although with 40% recycled asphalt pavement the density was 2,107 g/cm³. As for the CBR, the values increased progressively: from 50.72 in the granular base without PAR, to 57.54 with 5%, 66.95 with 15%, 72.64 with 25%, and 63.18 with 40% recycled asphalt pavement. It is concluded that the incorporation of recycled asphalt pavement significantly improves the strength and load-bearing capacity of the granular base, contributing to the durability of the pavement.

Keywords: Granular base, CBR, recycled asphalt pavement, flexible pavement.



INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional y la constante expansión de las áreas urbanas y rurales en el país han generado una gran demanda de infraestructuras viales que soporten el creciente volumen de tránsito. Sin embargo, la calidad de los materiales utilizados en la construcción de pavimentos y la conservación de las vías ha sido un desafío constante, especialmente en zonas donde la base granular presenta características de baja calidad. En este contexto, la aplicación de pavimento asfáltico reciclado emerge como una alternativa sostenible y eficiente que podría mejorar las propiedades de los materiales granulares, optimizando los recursos disponibles y reduciendo el impacto ambiental.

La vía Juliaca - Lampa, ubicada en la región de Puno, es un ejemplo representativo de las infraestructuras viales que enfrentan problemas derivados de la utilización de bases granulares con características deficientes. La deficiencia en la calidad de estos materiales provoca la necesidad de una frecuente intervención para mantener las condiciones adecuadas de transitabilidad, lo que implica un alto costo económico y un impacto negativo en la durabilidad de la vía. Ante esta problemática, la implementación de pavimento asfáltico reciclado podría resultar en una mejora significativa en las propiedades de la base granular, aportando beneficios tanto en términos de resistencia como de sostenibilidad.

El objetivo de esta investigación es evaluar el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa. Esta evaluación permitirá determinar cómo el uso de materiales reciclados puede incidir en la mejora de las propiedades de la base granular, contribuyendo a la prolongación de la vida útil de la vía y reduciendo la necesidad de intervención frecuente.

A lo largo de esta tesis, se realizará un análisis de las propiedades del pavimento asfáltico reciclado y su interacción con los materiales granulares, estableciendo las bases para el desarrollo de soluciones más sostenibles en la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales en regiones con condiciones similares a las de la vía estudiada.



La organización de esta tesis se estructura en los siguientes capítulos:

Capítulo 1: Este capítulo abordará la situación problemática relacionada con las deficiencias en la calidad de la base granular en la vía Juliaca - Lampa, los objetivos que guiarán la investigación y la justificación de la misma, resaltando la importancia de estudiar el impacto del uso del pavimento asfáltico reciclado en la mejora de estas propiedades.

Capítulo 2: En este capítulo se revisarán los conceptos fundamentales relacionados con los pavimentos asfálticos reciclados, su aplicación en infraestructuras viales y sus efectos en las propiedades de los materiales granulares. Además, se detallarán estudios previos relacionados con el uso de materiales reciclados en pavimentación.

Capítulo 3: Aquí se explicará la metodología empleada en la investigación, incluyendo la descripción del área de estudio, los procedimientos para la toma de muestras, los ensayos realizados a los materiales y las técnicas de análisis de los resultados obtenidos.

Capítulo 4: En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos de los ensayos realizados, seguido de un análisis detallado de las cualidades de la base granular antes y después de la aplicación del pavimento asfáltico reciclado.

Finalmente, en este capítulo se resumirán las conclusiones más relevantes de la investigación y se propondrán recomendaciones para la implementación del pavimento asfáltico reciclado en vías similares a la estudiada.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La calidad de las infraestructuras viales es un desafío crucial en el ámbito global, especialmente en países en desarrollo donde la expansión de las áreas urbanas y rurales está en constante crecimiento. Las carreteras son una de las principales arterias para el desarrollo económico y social, pero muchas de ellas se ven afectadas por la degradación prematura debido al uso de materiales de baja calidad y la falta de mantenimiento adecuado. La situación se agrava en aquellas regiones donde las bases granulares presentan características deficientes, lo que genera un deterioro acelerado del pavimento y altos costos de intervención. En este contexto, el uso de materiales reciclados, como el pavimento asfáltico reciclado, se ha propuesto como una solución viable a nivel internacional para reducir costos, promover la sostenibilidad y optimización de las cualidades de los materiales de pavimentación (Pérez & Serrano, 2024).

A nivel nacional, Perú enfrenta una problemática similar en muchas de sus infraestructuras viales. El país ha experimentado un importante crecimiento urbano y rural, lo que ha generado una mayor demanda de pavimentación en diversas regiones. Sin embargo, una gran parte de las vías peruanas, especialmente en zonas rurales y de difícil acceso, presenta un deterioro avanzado debido al uso de materiales granulares de baja



calidad, lo que incrementa la frecuencia de mantenimiento y afecta la seguridad vial. A pesar de los esfuerzos por mejorar la infraestructura, aún persisten grandes retos en términos de sostenibilidad y eficiencia de los recursos empleados. En este sentido, la incorporación de pavimento asfáltico reciclado surge como una alternativa ecológica y económica que podría contribuir significativamente a la mejora de las condiciones de las vías y a la reducción del impacto ambiental (Herbas & Garrafa, 2024).

En el contexto local, la vía Juliaca - Lampa, ubicada en la región de Puno, enfrenta serios problemas relacionados con la calidad de la base granular. Esta carretera, que conecta dos importantes ciudades de la región, ha sufrido un acelerado deterioro debido al uso de materiales granulares de baja calidad, lo que ha generado baches, grietas y otros daños en la capa de rodadura. Las constantes reparaciones y la necesidad de mantener la transitabilidad de la vía han representado un desafío para las autoridades locales, quienes deben hacer frente a los altos costos de intervención. La aplicación de pavimento asfáltico reciclado podría ser una solución eficaz para mejorar la resistencia de la base granular y prolongar la vida útil de la vía, contribuyendo a la optimización de los recursos disponibles y reduciendo la necesidad de reparaciones frecuentes.

La situación problemática en la vía Juliaca - Lampa refleja un fenómeno que es común tanto a nivel nacional como internacional, donde las deficiencias en los materiales de pavimentación y la falta de soluciones sostenibles y económicas han generado un ciclo constante de reparaciones y altos costos. Este estudio busca abordar estos desafíos mediante la evaluación del impacto del pavimento asfáltico reciclado sobre las características de la base granular de baja calidad, con el fin de encontrar una solución viable que mejore la infraestructura vial local y pueda ser replicada en otras zonas del país y del mundo.



1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el estado de la capa de base granular del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa?
2. ¿De qué manera la aplicación de pavimento asfáltico reciclado influye en el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de la base granular en la vía Juliaca – Lampa?
3. ¿De qué manera la aplicación de pavimento asfáltico reciclado influye en el CBR de la base granular de la vía Juliaca – Lampa?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Analizar el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el estado actual de la capa de base granular del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa.
2. Analizar cómo la aplicación de pavimento asfáltico reciclado influye en el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de la base granular en la vía Juliaca – Lampa.



3. Evaluar el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre el CBR de la base granular de la vía Juliaca – Lampa.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 *Justificación técnica*

La investigación sobre el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado en la base granular de baja calidad tiene un respaldo técnico sólido debido a la creciente necesidad de soluciones eficientes y sostenibles en la construcción y conservación de infraestructuras viales. Los pavimentos asfálticos reciclados han demostrado, en diversas investigaciones, una mejora en las propiedades mecánicas de los materiales utilizados, lo que podría incrementar la durabilidad de la vía sin necesidad de recurrir a nuevas extracciones de recursos naturales. Al emplear pavimento asfáltico reciclado, se espera que la resistencia y el soporte de carga de la base granular mejoren significativamente, lo que contribuirá a la reducción del mantenimiento frecuente y la prolongación de la vida útil de la infraestructura vial. Desde el punto de vista técnico, esta investigación proporcionará datos que pueden ser aplicados en la ingeniería civil para optimizar el diseño y ejecución de pavimentos en vías de similar carácter.

1.4.2 *Justificación económica*

La implementación de pavimento asfáltico reciclado ofrece una solución económica a largo plazo frente a los costos elevados asociados con el mantenimiento y la rehabilitación de las vías. El uso de materiales reciclados reduce la necesidad de la adquisición de nuevos materiales, lo que puede disminuir significativamente los costos de construcción y mantenimiento. En el contexto local, la vía Juliaca - Lampa enfrenta un deterioro constante, lo que genera una carga económica considerable para el mantenimiento de la vía. La incorporación de pavimento asfáltico reciclado no solo optimiza los recursos disponibles, sino que también puede reducir los costos asociados con la

reparación de la base granular de baja calidad, prolongando la vida útil de la carretera y reduciendo las frecuencias de intervención. Además, este enfoque económico puede ser replicado en otras infraestructuras viales del país, generando un ahorro general en los gastos del sector público y privado relacionado con la infraestructura vial.

1.4.3 Justificación social

La mejora de la calidad de las vías de comunicación produce un efecto directo en la calidad de vida de los habitantes de las regiones involucradas, en especial en zonas rurales como la de Juliaca - Lampa. Al garantizar una infraestructura vial de mejor calidad, se facilita el acceso a servicios básicos como salud, educación y comercio, promoviendo la integración de las comunidades. Además, el uso de pavimento asfáltico reciclado contribuirá a una mayor seguridad vial, reduciendo los riesgos de accidentes causados por el mal estado de las vías. La aplicación de soluciones sostenibles también promueve una conciencia colectiva sobre la importancia del reciclaje y la reutilización de materiales, fortaleciendo el compromiso de la sociedad con la preservación de los recursos y el desarrollo sostenible.

1.4.4 Justificación ambiental

El reciclaje de materiales asfálticos tiene un fuerte componente ambiental, ya que reduce la extracción de recursos naturales como áridos y petróleo, lo que contribuye a la conservación de los ecosistemas. La utilización de pavimento asfáltico reciclado implica un menor consumo de energía y una reducción significativa de los residuos generados por la construcción. Además, este enfoque contribuye a disminuir la huella de carbono asociada a la producción y transporte de materiales nuevos. Al incorporar materiales reciclados en la construcción de pavimentos, se fomenta una economía circular en la que los recursos se reutilizan, reduciendo el impacto negativo sobre el medio ambiente. A nivel local, el uso de pavimento asfáltico reciclado en la vía Juliaca - Lampa permitirá mitigar las



repercusiones del cambio climático y la pérdida ambiental asociada con la extracción de recursos para la construcción de infraestructura vial.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025, es positiva ya que mejora las propiedades del material estabilizado.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. El estado de la capa de base granular en la vía Juliaca – Lampa no cumplirá con la normativa establecida, lo que afecta la estabilidad y la resistencia del pavimento flexible.
2. La incorporación de pavimento asfáltico reciclado en la base granular optimizara el contenido de humedad y aumentara la densidad seca, mejorando las características de la capa de base.
3. La aplicación de pavimento asfáltico reciclado aumentara el valor del CBR de la base granular, mejorando su capacidad de carga y resistencia a la penetración.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable independiente

Pavimento Asfáltico Reciclado.

Indicadores:

- Adición de pavimento asfaltico reciclado 5%, 15%, 25% y 40%

1.6.2 Variable dependiente

Propiedades de Base Granular



Indicadores:

- Densidad Seca.
- Contenido Óptimo de Humedad.
- CBR



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	DIMENSIÓN	INDICADORES	VALOR FINAL	INST. DE MEDICIÓN	TIPO
VI Pavimento Asfáltico Reciclado	Es un material reutilizado proveniente de pavimentos deteriorados que se incorpora en la construcción de nuevas vías o en la rehabilitación de las existentes.	Porcentaje de Pavimento Reciclado	Adición de pavimento reciclado en 5%, 15%, 25% y 40%.	%	- Balanza para la mezcla y dosificación de material reciclado.	Cuantitativa
VD Propiedades de Base Granular	Se refiere a las características físicas y mecánicas de la base granular, una capa de material que soporta las cargas del pavimento y facilita su estabilidad.	Propiedades de Base Granular	Densidad Seca. Contenido Óptimo de Humedad. CBR	g/cm3 % %	- Prueba de Proctor modificado. - Ensayo CBR.	Cuantitativa Cuantitativa Cuantitativa



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Guzmán et al., (2021) en su trabajo titulado "Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido", afirman que el propósito del presente estudio es evaluar el potencial de reutilización del RAP mediante el empleo de una máquina de desgaste Los Ángeles para recuperar el agregado fino, que posteriormente será utilizado en la producción de pavimentos rígidos. Este es el objetivo del presente estudio. Para ello, se utilizaron RAP en estado Lavado Recuperado (LAV) y RAP en estado No Lavado Recuperado (SL) para realizar ensayos de resistencia a compresión y tracción diametral en varias mezclas de hormigón. Estas pruebas se llevaron a cabo para determinar la resistencia del hormigón. Tras realizar los ensayos de resistencia a la compresión, la probeta de control alcanzó una resistencia de 253 kg/cm², como muestran los datos obtenidos. Por el contrario, la resistencia a la compresión de las mezclas que contenían RAP en estado original y RAP en estado recuperado no lavado resultó ser un 22,14% y un 5,72% inferior, respectivamente, en comparación con la probeta que sirvió de control. Por otro lado, se encontró que la resistencia a la compresión del RAP había aumentado en un 3,98% cuando se encontraba en la condición regada y recuperada. En cuanto a los



resultados del ensayo de resistencia a la tracción, la mezcla que contenía RAP y que fue sometida a la Condición Lavada y Recuperada (LAV) alcanzó un grado de 28,3 kg/cm². Estas resistencias fueron superiores a las de las otras mezclas, que mostraron resistencias de 25,4 kg/cm² para el RAP en Condición Original y de 27,8 kg/cm² para el RAP en Condición Recuperada No Lavada. Este valor fue superior a los resultados de las otras mezclas. Cuando se compara con el RAP en Condición No Lavado Recuperado, los resultados indican que el RAP en Condición Lavado Recuperado exhibe una mejora tanto en la resistencia a la compresión como a la tracción. De acuerdo con estos resultados, el pavimento de asfalto reciclado (RAP) en su estado lavado tiene el potencial de ser una alternativa viable como árido en la producción de hormigón hidráulico. Esto presenta un potencial considerable para su empleo en la construcción de pavimentos robustos.

Según García y Karina, (2022) en su estudio denominado "Publicación: Revisión de literatura sobre el uso de asfalto flexible reciclado (RAP) como alternativa para la pavimentación de vías terciarias y el efecto económico en la construcción y mantenimiento de la vía", se pretende evaluar la viabilidad de la utilización de RAP como alternativa para la pavimentación de vías terciarias, así como el impacto económico en la construcción y mantenimiento de estas infraestructuras. Teniendo en cuenta la información aportada, se ha determinado que la utilización de pavimento asfáltico reciclado (RAP) es una alternativa factible para la aplicación de mezclas de rodadura en carreteras de tráfico medio-bajo. La cantidad de RAP que debe aplicarse vendrá determinada por la importancia de la ruta, la cantidad de tráfico que haya y la cantidad de dinero que haya que ahorrar. Es posible emplear desde el uno por ciento hasta el sesenta por ciento de RAP para producir la capa de rodadura en Colombia, siendo el treinta por ciento la dosis que más se aconseja. Independientemente de si el reciclado se realiza in situ o en planta, el uso de RAP como alternativa al reciclado ofrece una serie de ventajas, entre las que se encuentra una gran reducción de los gastos asociados a la construcción y mantenimiento de carreteras. Estas



reducciones pueden oscilar entre el 3,3% y el 70%. Además, ayuda a limitar la cantidad de emisiones de dióxido de carbono que se producen durante el proceso de fabricación y conformación de la vía, y elimina la necesidad de canteras, lo que a su vez reduce el impacto que tiene sobre el medio ambiente. En cuanto a las características físicas y mecánicas, así como al comportamiento de las mezclas que contienen RAP, los resultados demostraron que estas mezclas se asemejan considerablemente, o incluso superan, los valores de los pavimentos que se generan de forma habitual. El reciclado de las mezclas de asfalto con RAP es un método de reciclado seguro y fiable. Por otro lado, se sugiere fuertemente que se lleve a cabo un análisis e investigación especial para cada pavimento con el fin de determinar el porcentaje correcto de RAP a utilizar y la capa de la construcción del pavimento donde sería más ventajoso.

Según Aguilar y Torres, (2024) en su estudio denominado "Estabilización de material de base granular (bg-38) y subbase granular (sbg-38), con el uso de rap procedente del material de rechazo de una planta de producción", el objetivo del presente estudio es desarrollar el diseño de una Base Granular (BG-38) y una Subbase Granular (SBG-38), estabilizadas con mezclas asfálticas rechazadas en plantas de producción, con el fin de determinar sus parámetros de resistencia. Para ello, se realizó una evaluación preliminar del material suministrado por la planta asfáltica, encontrando que la mezcla asfáltica contiene un promedio de 4.4% de asfalto, y su curva granulométrica se encuentra dentro de los límites establecidos por la norma INV-E 782 para mezclas densas MDC-19. Al evaluar los parámetros especificados por el Invías para los agregados provenientes de fuentes hídricas ubicadas dentro de la ciudad, se observó que, teóricamente, el material para la base y la subbase granular cumple con todos los requisitos establecidos. Además, las franjas granulométricas se ajustan a los límites exigidos para las capas convencionales. Sin embargo, no se recomienda incorporar RAP en una Base Granular Clase B con nivel de tránsito NT2, ya que no se cumplen los rangos establecidos para las capas convencionales. Por otro lado, los diseños de Subbase Granular, con muestras que



incluyen un 60% y 70% de RAP, se ajustan a los límites normales, lo que permite clasificar estas mezclas como Subbases Granulares de Clase B con nivel de tránsito NT2.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Poma, (2024) nos dice que el presente estudio "Planteamiento de diseño para la reconstrucción de tramos de pavimento flexible reutilizando el pavimento deteriorado en la av. Perú, Amarilis – Huánuco – 2023", el objetivo fue proponer un diseño de pavimento que reutilice el pavimento deteriorado para mejorar la transitabilidad de los vehículos, tal como lo señala Poma Meza (2024). Esta investigación se realizó mediante una técnica cuantitativa, con un nivel explicativo y un diseño que no involucró experimentos. Para las personas que viven en los barrios de San Luis, sectores 1, 2, 3 y 4, la Avenida Perú es y seguirá siendo una vía muy significativa. Para restablecer la transitabilidad vehicular y mantener la seguridad de los transportistas que transitan regularmente por esta vía, el pavimento en la porción que se extiende desde aproximadamente 0,6615 kilómetros hasta 0,9450 kilómetros se encuentra en pésimo estado. La reconstrucción es necesaria para devolver el pavimento a su estado anterior. Se sugirió como solución la restauración del pavimento utilizando material reciclado. Esto optimizaría los costes en un 17,3% en comparación con un diseño convencional, manteniendo los mismos estándares estructurales e incluso aumentando algunas de las cualidades del pavimento. La utilización de pavimento reciclado en el diseño que se presenta ofrece multitud de ventajas, entre ellas la reducción de residuos, la preservación del medio ambiente, la reducción de precios hasta en un 17,3 por ciento y la reducción de recursos hasta en un 40 por ciento. Además, mejora la calidad del pavimento, lo que contribuye a una infraestructura más eficiente y duradera. El diseño de pavimento propuesto tiene un ligante asfáltico de 6 centímetros, una base de 15 centímetros y una subbase de 18 centímetros, lo que da como resultado una superficie total de 1.587,6 metros cuadrados. Esta área corresponde a las siete porciones que se evaluaron utilizando



el enfoque conocido como Índice de Condición del Pavimento (PCI). Gracias a este diseño, se garantiza el funcionamiento del pavimento para los automóviles que circulan por la Avenida Perú, lo que redundará en una mejor transitabilidad y aumenta la longevidad del pavimento a largo plazo.

Además, Herbas y Garrafa, (2024) en su investigación titulada "Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado, utilizando material granular reciclado del pavimento asfáltico en la carretera AP – 646, del distrito de Abancay – Abancay – Apurímac, 2023", su objetivo principal es mejorar las propiedades físico-mecánicas del material utilizado como pavimento en la carretera AP-646, mediante la reutilización de material granular reciclado proveniente de pavimento asfáltico en el distrito de Abancay, provincia de Abancay, departamento de Apurímac. Esta forma de estudio es experimental ya que se modificó intencionalmente la variable independiente, y tiene un enfoque cuantitativo porque los datos que se evaluaron fueron numéricos. Considerando que se estableció la relación causa-efecto entre los factores independientes y las variables dependientes, el grado de estudio que se realizó fue explicativo. La población está constituida por el material aprovechable de la cantera El Gran Chaparral. Este material se utiliza para el mantenimiento de la carretera AP-646. De acuerdo con los resultados obtenidos de la prueba CBR, el grupo experimental 3 (G3) tuvo el mayor porcentaje de CBR, alcanzando un aumento del 123,93% en comparación con la norma. Además, se confirmó que todos y cada uno de los grupos experimentales alcanzaron un CBR superior a la norma. En el contexto del ensayo Proctor modificado, el grupo experimental 5 (G5) demostró el mayor valor de contenido de humedad óptimo, presentando un incremento del 1,77% en comparación con la norma. Para adiciones de RAP superiores al veinte por ciento, el porcentaje de contenido de humedad ideal fue inferior a la norma, y la densidad seca disminuyó a medida que aumentaba la cantidad de RAP. Dentro del rango de dosis que se investigó, se encontró que la adición del 10% de RAP es la dosis óptima. Esto se debe al hecho de que mejora las cualidades físico-mecánicas del pavimento regular. Se



ha observado que el CBR y otros atributos disminuyen cuando la proporción de RAP sube del 10% a niveles aún más altos. El pavimento estándar tenía un porcentaje medio de CBR del 42,83%, pero tras añadir un 10% de RAP, la cifra alcanzó el 9591%, lo que supone un aumento del 123,93%. Esto indica que el porcentaje CBR medio del pavimento estándar ha aumentado. Cuando se añadió un 10% de RAP al pavimento normal, el contenido de humedad ascendió al 6,24%, lo que supone un aumento del 0,65%. El contenido de humedad óptimo del pavimento estándar era del 6,20% antes de la adición del 10% de RAP. El valor de la densidad seca máxima del pavimento convencional fue de 2,30 g/cm³, y tras la adición del 10% de RAP, se redujo a 2,27 g/cm³, lo que supone un descenso del 1,30%. Esto indica que el RAP fue capaz de reducir el valor en un 1,30%.

2.1.3 Antecedentes locales

Según Quispe, (2024) en su tesis de investigación "Diseño y mejoramiento de subbase de pavimento con ceniza de Queñoa y desperdicios ladrilleros triturados en la carretera Juliaca-Coata, 2024", se centra en analizar cómo el uso de ceniza de Queñoa (CDQ) y desperdicio ladrillero triturado (DLT) influye en las propiedades de la subbase de pavimento en la carretera Juliaca-Coata, ubicada en la región de Puno, 2024. La metodología aplicada es de tipo cuasiexperimental, con un enfoque cuantitativo y un nivel explicativo. La población está constituida por tres calicatas ubicadas en la mencionada carretera. Los resultados muestran que la adición de CDQ y DLT tiene un impacto positivo en las propiedades de la subbase de la carretera Juliaca-Coata. Al incorporar estos estabilizadores naturales, se logró un mejor entrelazado entre las partículas del suelo granular de la subbase en la muestra patrón (MP-03), lo que resultó en una mayor resistencia a las cargas vehiculares. En cuanto a las propiedades físicas, el estudio demostró que la adición de CDQ y DLT mejora la granulometría, el contenido de humedad y el índice de plasticidad de la capa de subbase, cumpliendo con los requisitos establecidos por el MTC-EG para subbases. Además, la influencia de CDQ y DLT en las propiedades mecánicas también fue positiva, logrando el cumplimiento de los estándares de contenido



óptimo de humedad para obtener la máxima densidad seca y resistencia al corte, según el ensayo CBR. Al comparar el diseño de la subbase mejorada con el CBR del patrón (CBR 0.1" al 95% M.D.S. = 7.4%) y el CBR de la subbase mejorada (CBR 0.1" al 100% M.D.S. = 11.6%), se obtuvo una diferencia de espesores de 10 cm entre ambos diseños de pavimento, según el método AASHTO-93. Se logró una mejora considerable en el CBR de la subbase patrón (MP-03), cuyo valor inicial fue de CBR = 40.3% (el mínimo requerido). Al adicionar CDQ y DLT, se mejoró el CBR, alcanzando un factor de seguridad adecuado. Como conclusión, el uso de CDQ y DLT en la subbase permitió mejorar significativamente las propiedades del suelo granular de la carretera Juliaca-Coata, reduciendo los espesores de la capa de subbase sin comprometer su rendimiento, lo que resulta en una solución más eficiente y económica.

Según Zela, (2024) en su tesis de investigación "Estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la cantera Taparachi incorporando residuos de construcción para estabilizar la subrasante", discute una estrategia actual en el campo de la construcción, que es la utilización de materiales que son considerados residuos de la construcción. En vista de que las canteras están siendo explotadas a un ritmo más acelerado, el propósito de esta investigación es examinar el comportamiento de la cantera de Taparachi al incluir residuos de construcción en el proceso de elaboración de la subrasante de pavimento. Esta estrategia es una respuesta a la creciente demanda de materiales de las canteras, lo que a su vez provoca la necesidad de explorar alternativas sustentables para la explotación de estos minerales. Los resultados obtenidos fueron el resultado de un programa experimental que comprendió una serie de experimentos utilizando muestras de material natural (MN) y residuos de la construcción (CR). Estas muestras se utilizaron en combinación para obtener los porcentajes óptimos necesarios para estabilizar la subrasante. Durante el transcurso de este proyecto de investigación, tanto los residuos de la construcción (CR) como el material natural (MN) de la cantera de Taparachi fueron recogidos y examinados minuciosamente. Este análisis permitió determinar las



propiedades físicas y mecánicas del suelo, así como establecer la factibilidad o no de incorporar residuos de la construcción como componente de la mezcla para la estabilización de la subrasante. Ello contribuyó a la optimización de los recursos y a la sostenibilidad del proceso de pavimentación.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado

El pavimento asfáltico reciclado, conocido como RAP (por sus siglas en inglés), hace referencia a la práctica de recuperar y reprocesar materiales de pavimentación que contienen asfalto y agregados. Este material se obtiene principalmente al retirar el pavimento asfáltico durante procesos de reconstrucción, repavimentación o cuando es necesario acceder a infraestructuras subterráneas. Tras un proceso adecuado de trituración y cribado, el RAP se convierte en agregados de alta calidad, bien gradados, cubiertos con una capa de cemento asfáltico, lo que lo convierte en un material reutilizable para nuevas aplicaciones viales (Mendoza, 2022).

El proceso de extracción del pavimento asfáltico generalmente se realiza de dos maneras: mediante fresado o excavación profunda. El fresado utiliza máquinas especializadas llamadas enrutadores, que permiten eliminar capas de pavimento de hasta 50 mm de espesor en cada pasada. En cuanto a la remoción profunda, esta técnica implica el uso de excavadoras equipadas con herramientas como el cuerno de rinoceronte o martillos neumáticos para desgarrar y romper el pavimento en fragmentos más grandes. Una vez que el material es extraído, se transporta a instalaciones centrales donde se realiza su procesamiento, que incluye operaciones de trituración, cribado, transporte y apilamiento para preparar el RAP para su reutilización (Mendoza, 2022).

Aunque la mayoría del pavimento asfáltico retirado se procesa en plantas centrales, también existe la opción de reciclar el material in situ, directamente en la carretera. Este proceso involucra el uso de pulverizadores autopropulsados que pulverizan el pavimento



y lo mezclan con materiales adicionales como agregados vírgenes, aglutinantes o regenerantes, con el fin de mejorar las propiedades del asfalto reciclado y asegurar una buena unión entre los materiales. Estos procedimientos de reciclaje pueden llevarse a cabo en caliente o en frío, y en algunos casos, se implementan como operaciones continuas, donde el pavimento se retira parcialmente, se mezcla con los aditivos y se compacta todo en una sola pasada (Saavedra, 2017).

Hay ciertos organismos estatales y autoridades locales que no disponen de datos fiables sobre la cantidad de HPR que se crea. Este es un punto crucial que hay que reconocer. Por otra parte, se prevé que Estados Unidos pueda producir anualmente hasta 41 millones de toneladas métricas, lo que equivale a unos 45 millones de toneladas. Sin embargo, estas estadísticas podrían cambiar en función de la disponibilidad de datos completos y actualizados. El reciclado del pavimento de asfalto reciclado (RAP) es un método útil tanto desde el punto de vista económico como medioambiental. En efecto, contribuye a garantizar la viabilidad a largo plazo de las infraestructuras viarias y hace menos necesaria la compra de nuevos materiales (Saavedra, 2017).

Reciclaje: El pavimento de asfalto reciclado (RAP) se crea en grandes cantidades, la mayoría de las cuales se recicla y reutiliza, aunque esto no ocurre necesariamente en el mismo año en que se fabrica. Cuando se trata de la construcción de carreteras, el material reciclado suele reincorporarse al proceso de alguna manera. En muchos casos, esto se consigue mediante el proceso de reciclado en caliente o en frío, en el que el RAP se reincorpora al asfalto para pavimentar nuevas carreteras. Por otra parte, el RAP reciclado se utiliza frecuentemente como árido en la construcción de bases o subbases de pavimentos. Se trata de una práctica muy extendida. Según las estimaciones, aproximadamente 33 millones de toneladas métricas (36 millones de toneladas) de pavimento asfáltico reciclado (RAP) se reciclan y se utilizan en la producción de mezclas asfálticas en caliente o en frío, así como en el desarrollo de bases granulares o estabilizadas. Esto representa aproximadamente el 80-85% de todo el material asfáltico excedente que se crea a partir del asfalto. En caso de que el RAP reciclado no se ponga



inmediatamente en uso, se conserva para la posibilidad de utilizarlo en otros proyectos (Saavedra, 2017).

Eliminación: El exceso de hormigón asfáltico que no se recicla o reutiliza se elimina, generalmente, en vertederos o, en algunos casos, directamente en el derecho de paso de las carreteras. Esto ocurre con mayor frecuencia cuando las cantidades son pequeñas, cuando el material se mezcla con otros tipos de residuos, o cuando no existen instalaciones adecuadas para el procesamiento y reciclaje del RAP. Se estima que solo una pequeña fracción, inferior al 20% del total de RAP generado anualmente, termina siendo desechada, lo que refleja la alta eficiencia del reciclaje y reutilización del material en la industria de la pavimentación (Saavedra, 2017).

2.2.1.1. Obtención de pavimento asfáltico reciclado (RAP)

En general, el pavimento asfáltico reciclado, especialmente el de mezcla en caliente, se obtiene en instalaciones especializadas en el procesamiento de RAP, donde los pavimentos viejos son sometidos a un proceso de trituración, tamizado y almacenamiento. Las principales aplicaciones de este material reciclado incluyen la creación de mezclas asfálticas, el uso de mezclas en frío y la utilización de este material como árido en la construcción de bases granulares o estabilizadas. Estas plantas de procesamiento se sitúan en fábricas de mezclas asfálticas en caliente, donde el RAP se vende o se reutiliza como materia prima para construir nuevos pavimentos de mezclas asfálticas en caliente o en frío. La mayoría de estas operaciones están situadas en diferentes lugares (Villamil, 2018).

En gran medida, las propiedades del RAP vienen determinadas por los componentes que conforman su composición, así como por el tipo de mezcla asfáltica que se utilizó en la construcción del pavimento inicial. Existe una amplia gama de calidades en el RAP debido al hecho de que procede de diferentes fuentes de pavimentos antiguos. Es posible que elementos indeseables, como suciedad adicional, material granular o escombros, se mezclen y se integren en los montones de pavimento desgastado en



algunas circunstancias. Además, la composición del RAP puede verse afectada por la cantidad de selladores de grietas que se hayan aplicado, la cantidad de reparaciones que se hayan completado y la cantidad de cualquier repavimentación previa que se haya realizado. Por lo tanto, es de suma importancia llevar a cabo un estricto control de calidad con el fin de garantizar que el RAP procesado es aceptable para la aplicación para la que fue diseñado. Debido a que las circunstancias y la calidad del material pueden cambiar más que en las operaciones centralizadas, esto es de suma importancia cuando el reciclado se maneja directamente en la obra (Huaman, 2023).

2.2.1.2. Usos del pavimento asfáltico reciclado (RAP)

El (RAP), que ha sido triturado o fresado, puede ser aprovechado en diversas aplicaciones dentro de la construcción y mantenimiento de carreteras. Entre las más comunes se encuentran su uso como sustituto de agregados, como suplemento de cemento asfáltico en pavimentos reciclados (ya sea en mezcla en caliente o en frío), como material para la construcción de bases o subbases, y en algunos casos, como material para terraplenes o rellenos. La versatilidad del RAP permite que sea un componente valioso en proyectos viales, tanto para la pavimentación como para la estabilización de capas subyacentes (Huaman, 2023).

a) Combinación de concreto asfáltico y aditivo de cemento asfáltico:

El RAP puede ser utilizado en la fabricación de nuevas mezclas asfálticas como un sustituto del agregado tradicional, además de proporcionar un extra de cemento asfáltico que ayuda a reducir la necesidad de este material en nuevas mezclas. Esto no solo optimiza el uso de materiales reciclados, sino que también disminuye los costos asociados con la producción de pavimento nuevo. Al ser incorporado en pavimentos de asfalto (ya sea en mezcla caliente o fría), el RAP puede ser procesado en una planta central o directamente en el sitio de la obra (reciclaje in situ), y la integración del material reciclado se realiza mediante procesos de recuperación de calor o de frío (Huaman, 2023).

b) Asfalto caliente (instalación principal de procesamiento):

La producción de mezcla en caliente reciclada a menudo tiene lugar en plantas centralizadas de procesamiento de RAP. Estas plantas están equipadas con trituradoras, unidades de cribado, cintas transportadoras y apiladoras especialmente destinadas a generar un material reciclado que cumpla los requisitos necesarios para ser reutilizado en mezclas bituminosas frescas. Estas instalaciones se encargan de clasificar el RAP y combinarlo con otros materiales para obtener una mezcla adecuada para su uso en pavimentación. El pavimento asfáltico bruto (RAP) puede incluirse en las mezclas asfálticas en caliente tanto en las instalaciones por lotes como en las instalaciones de mezcla en tambor (Huaman, 2023).

c) Mezcla asfáltica en caliente (reciclado in situ):

El reciclaje en caliente realizada in situ es un proceso que se lleva a cabo como parte de una operación continua. Utiliza equipos especializados para calentar, escarificar, rejuvenecer, extender y compactar el pavimento reciclado en el mismo lugar. Este proceso es ventajoso porque no requiere pasos adicionales antes de la reutilización del material, lo que acelera la operación y reduce el costo asociado al transporte del material reciclado (Huaman, 2023).

d) Asfalto frío (planta de procesamiento central):

En el reciclaje en frío, el procedimiento es análogo al del reciclaje en caliente, pero con la diferencia de que el material reciclado (RAP) se incorpora directamente a las mezclas de pavimentación en frío sin la necesidad de aplicar calor. En este proceso, el RAP previamente clasificado reemplaza al agregado en la mezcla asfáltica fría. Al igual que en el reciclaje en caliente, el RAP es procesado en plantas especializadas o instalaciones centrales diseñadas para este fin. Este enfoque permite la reutilización del material de manera eficiente, sin requerir el uso de altas temperaturas (Huaman, 2023).

e) Asfalto en frío (reciclado in situ):

El reciclaje en frío realizado directamente en el lugar de trabajo emplea maquinaria especializada, comúnmente conocida como trenes de procesamiento. Estos equipos fresan la capa superior del pavimento existente a una profundidad que puede alcanzar hasta 150 mm (aproximadamente 6 pulgadas). El material obtenido en este proceso se mezcla con emulsión asfáltica o asfalto espumado, y luego se coloca y compacta en el mismo sitio de la obra en un único paso. Este método elimina la necesidad de realizar un tratamiento previo del material reciclado, lo que lo convierte en una opción sumamente eficiente y rentable para la rehabilitación de pavimentos (Huaman, 2023).

f) Base granular:

Para producir un agregado granular que pueda utilizarse en bases o subbases, el RAP debe ser triturado y tamizado, luego mezclado con agregados convencionales u otros materiales, como concreto reciclado. Esta mezcla se utiliza para asegurar que la estructura de la carretera tenga la resistencia suficiente para soportar las cargas del tráfico. Si bien el RAP por sí solo puede tener una capacidad de carga ligeramente inferior a la de los agregados granulares convencionales, al ser combinado con otros materiales adecuados, puede cumplir con los estándares de resistencia necesarios para la mayoría de las aplicaciones (Huaman, 2023).

g) Base estabilizada:

El RAP también puede ser empleado para producir bases estabilizadas o subbases, donde se mezcla con reactivos estabilizantes para mejorar sus propiedades mecánicas. Este tipo de base estabilizada es utilizado en situaciones en las que se requieren características de soporte más robustas para el pavimento, proporcionando así una base sólida y resistente que ayuda a distribuir las cargas del tráfico (Villamil, 2018).



h) Terraplén o relleno:

En ciertos casos, el RAP almacenado puede ser empleado como material para la construcción de terraplenes o como relleno. Aunque no es la aplicación más común ni la más recomendable, esta opción puede ser viable en proyectos donde el material ha permanecido almacenado durante un período prolongado o cuando proviene de diferentes fuentes dentro del proyecto. Utilizar el RAP como base para terraplenes o material de relleno en los derechos de paso puede ser una alternativa útil para disminuir la cantidad de residuos generados en proyectos de pavimentación, evitando la necesidad de su disposición y contribuyendo a una gestión de recursos más eficiente en el lugar de trabajo (Villamil, 2018).

2.2.1.3. Propiedades

a) Físicas

El comportamiento del RAP (pavimento asfáltico reciclado) depende en gran medida de las características de los materiales que lo componen y del tipo de mezcla asfáltica utilizada (como pavimentos, capas intermedias, etc.). Las mezclas de asfalto pueden variar considerablemente en cuanto a la calidad, tamaño y consistencia de los agregados. Dado que los agregados empleados en pavimentos asfálticos deben contar con una alta resistencia al desgaste y a la abrasión (pulido), lo que proporciona una resistencia adecuada a la fricción, estos agregados a menudo poseen una calidad superior a la de los agregados utilizados en otras aplicaciones pavimentales (Villamil, 2018).

Tanto la molienda como la trituración del RAP generan un grado de degradación en los agregados. Sin embargo, la molienda tiende a provocar una mayor degradación que la trituración. El material RAP molido generalmente tiene una gradación más fina y densa que la de los agregados vírgenes. Por otro lado, la trituración, aunque también provoca cierto grado de degradación, no afecta tanto la calidad de la gradación como la molienda, y el material triturado suele ser más fino que el agregado virgen procesado de forma similar (Cardozo & Mendoza, 2021).



b) Químicas

El RAP está compuesto principalmente por agregados minerales, que representan entre el 93% y el 97% en peso del material. Solo una pequeña fracción, entre el 3% y el 7%, está formada por cemento asfáltico endurecido. En términos de composición química, el RAP es muy similar a los agregados naturales, que constituyen su principal componente.

El cemento asfáltico está formado principalmente por compuestos de hidrocarburos alifáticos de elevado peso molecular. Sin embargo, también contiene trazas de otros componentes, como azufre, nitrógeno e hidrocarburos policíclicos, que se caracterizan por un nivel relativamente bajo de reactividad química. Se incluyen los aromáticos y/o naftenos que forman estos compuestos. El betún y el betún blando, compuesto por una mezcla de resinas y aceites, se combinan para producir cemento asfáltico destinado a la construcción. Es importante señalar que los asfaltenos, que son más viscosos que las resinas o los aceites, son un factor importante que influye en la viscosidad del betún. A través de un proceso de oxidación que tiene lugar con el tiempo, el betún madura. Este proceso transforma el aceite en resina y, a partir de ahí, la resina se transforma en betún. El proceso de envejecimiento genera un aumento de la viscosidad del ligante, lo que, en última instancia, hace que el material se vuelva cada vez más rígido con el paso del tiempo (Guzmán et al., 2021).

c) Mecánicas

Varios factores, incluyendo el tipo de pavimento asfáltico que se utilizó originalmente, los procedimientos que se utilizaron para recuperar el material, y el grado de procesamiento que fue necesario para hacerlo aceptable para su aplicación particular, todos tienen un impacto en las cualidades mecánicas del pavimento de asfalto reciclado (RAP). Existe una escasez general de conocimientos sobre las cualidades mecánicas del RAP cuando se coloca en ubicaciones o aplicaciones distintas de la pavimentación, a pesar del hecho de que el pavimento de asfalto reciclado (RAP) se recicla para su reutilización en pavimentos (Bertolotto, 2023).

A medida que aumenta el peso unitario del material, el peso unitario comprimido del RAP suele descender hacia el extremo inferior del espectro. Se ha informado de que los valores de densidad seca del RAP pueden oscilar entre 1600 kg/m³ y 2000 kg/m³. En cuanto al coeficiente de soporte de California (CBR) para el RAP que incorpora agregado de roca trampa, los valores que se han registrado varían entre el veinte y el veinticinco por ciento. Sin embargo, cuando el RAP se acopla con áridos naturales para su uso en bases granulares, el cemento asfáltico que contiene el RAP tiene un impacto discernible de fortalecimiento con el paso del tiempo. Por ejemplo, se ha demostrado que cuando las muestras que contenían un cuarenta por ciento de RAP se dejaron curar durante una semana, pudieron adquirir valores de CBR superiores al ciento cincuenta por ciento. Esto indica que las características mecánicas del material habían mejorado significativamente (Bertolotto, 2023).

2.2.2 Base granular de baja calidad

Una base granular de baja calidad es un tipo de material utilizado en la construcción de infraestructura vial, como carreteras, pavimentos y caminos rurales. Este tipo de base está compuesto por una mezcla de partículas de roca, arena, grava o suelos poco procesados. Su principal característica es que, a diferencia de las bases granulares de alta calidad, que están formadas por materiales bien seleccionados, procesados y estabilizados, las bases de baja calidad contienen una mayor proporción de materiales que no han sido tratados o procesados adecuadamente. Este material puede presentar variaciones significativas en su composición, lo que afecta sus propiedades de resistencia, durabilidad y capacidad de carga (Mendoza, 2022).

❖ Características de la base granular de baja calidad

1. Composición de materiales:

- **Materiales principales:** Las bases granulares de baja calidad están formadas principalmente por partículas de **grava, arena y rocas**, con una mayor proporción



de **materiales finos** como arcillas, limos o tierra. Estos materiales finos pueden disminuir la capacidad de drenaje de la base, afectando negativamente el rendimiento estructural del pavimento.

- **Materiales no tratados:** En muchos casos, la base granular de baja calidad puede contener materiales reciclados o provenientes de fuentes no controladas, lo que significa que no se han sometido a procesos rigurosos de selección y limpieza. Esto puede incluir restos de materiales de construcción, suelos contaminados o escombros de otras construcciones.
- **Alta presencia de materia orgánica:** Algunos de estos materiales pueden tener una mayor concentración de materia orgánica, como restos vegetales, que pueden descomponerse con el tiempo, lo que reduce la estabilidad y resistencia de la base (Ruiz, 2019).

2. Propiedades físicas y mecánicas:

- **Menor capacidad de carga:** Las bases de baja calidad no pueden soportar cargas pesadas de manera eficiente. Esto se debe a que la proporción de materiales más débiles, como arcillas o materiales finos, reduce la capacidad de la base para distribuir la carga y mantener la estabilidad estructural. Como resultado, este tipo de base se deforma con mayor facilidad bajo el peso del tráfico vehicular.
- **Baja resistencia a la compresión:** La resistencia de la base granular de baja calidad a las fuerzas de compresión es mucho más baja que la de bases de alta calidad. Esto significa que la base puede colapsar o agrietarse más rápidamente bajo el peso y la presión, especialmente si el tráfico es intenso o las condiciones climáticas son extremas.
- **Poca cohesión y compactación:** Las bases granulares de baja calidad son más difíciles de compactar adecuadamente. Esto se debe a la mezcla de partículas de tamaño irregular y la presencia de materiales orgánicos que no tienen una buena

adherencia entre sí. La baja compactación resulta en una estructura menos estable, más susceptible a deformaciones como baches y hundimientos.

- **Menor capacidad de drenaje:** Una de las principales desventajas de una base de baja calidad es su capacidad de drenaje deficiente. El exceso de material fino y las partículas de arcilla pueden obstruir los poros, lo que impide que el agua se drene adecuadamente. Esto puede llevar a la acumulación de agua en la base, que, con el tiempo, debilita aún más la estructura y acelera el proceso de desgaste (Pérez & Vásquez, 2021).

2.2.3 Estabilización mediante reciclaje de pavimento

La estabilización del suelo mediante el reciclaje de pavimentos viales es una técnica ampliamente empleada en la ingeniería civil, cuyo propósito principal es mejorar las características físicas y mecánicas del suelo, así como prolongar la durabilidad de las infraestructuras viales. Este proceso de reciclaje consiste en la reutilización de los materiales de pavimentación existentes, lo que aporta múltiples beneficios tanto económicos como medioambientales. Al utilizar el pavimento antiguo en lugar de generar nuevos materiales, se logran reducir significativamente los costos asociados con la construcción de nuevas carreteras. Además, este enfoque minimiza el impacto ambiental, ya que evita que los desechos de pavimento sean descartados en vertederos, promoviendo una gestión más sostenible de los recursos (Guzmán et al., 2021).

A lo largo del tiempo, han emergido diversos métodos para llevar a cabo la estabilización del suelo, adaptándose a las necesidades específicas de cada proyecto de construcción vial y considerando factores como el tipo de pavimento y las condiciones del suelo. Entre las técnicas más utilizadas se encuentra el reciclaje in situ, un procedimiento que consiste en triturar el pavimento ya existente y mezclarlo directamente con el suelo que se encuentra en el lugar de la obra. Este proceso se realiza con maquinaria especializada, lo que permite asegurar una distribución homogénea de los materiales reciclados y garantizar que el suelo estabilizado cumpla con las especificaciones



requeridas para la construcción de la carretera o camino. La principal ventaja de este método es que se reduce la necesidad de transporte de materiales, lo que también disminuye el tiempo de ejecución y los costos operativos (Guzmán et al., 2021).

Además del reciclaje in situ, existe el método de reciclaje fuera del lugar, que implica la remoción del pavimento deteriorado, su transporte hacia una planta de reciclaje donde se realiza la trituración y el procesamiento de los materiales. Posteriormente, estos materiales reciclados se combinan con nuevos componentes y se devuelven a la vía para su nueva aplicación. Este enfoque permite un control más preciso sobre el proceso de reciclaje y la mezcla de los materiales, aunque puede conllevar mayores costos asociados al transporte y a las instalaciones de procesamiento (Bertolotto, 2023).

Por último, otro método eficaz de estabilización del suelo es la incorporación de estabilizadores químicos. Este procedimiento consiste en añadir sustancias como cemento, cal o emulsiones bituminosas al suelo, con el fin de mejorar sus propiedades mecánicas y su resistencia a las cargas. Los estabilizadores químicos no solo aumentan la cohesión y la estabilidad del suelo, sino que también contribuyen a reducir la permeabilidad del material y a mejorar su desempeño a largo plazo. Este tipo de estabilización es especialmente útil en suelos que presentan características problemáticas, como una alta plasticidad o baja resistencia, lo que hace que el suelo no sea adecuado para la construcción sin un tratamiento previo (Bertolotto, 2023).

La estabilización del suelo mediante el reciclaje de pavimentos es una práctica que ha demostrado ser eficiente tanto desde el punto de vista económico como ambiental. Los diferentes métodos disponibles, como el reciclaje in situ, el reciclaje fuera del lugar y el uso de estabilizadores químicos, ofrecen diversas opciones según las necesidades específicas de cada proyecto. Estos métodos no solo contribuyen a mejorar la calidad de las carreteras y caminos, sino que también promueven una construcción más responsable y sostenible.

La estabilización de suelo mediante el reciclaje de pavimentos de vías es un proceso utilizado en la ingeniería civil para mejorar las propiedades de los suelos y garantizar la longevidad de las infraestructuras viales. Este proceso involucra la



reutilización del pavimento de carreteras deterioradas, que se retira de las vías, luego se procesa y se pulveriza para ser utilizado como base en la pavimentación de algunas vías terciarias. Lo interesante de esta técnica es que, a menudo, se combina con materiales pétreos, lo que facilita un desarrollo más rápido del proceso de estabilización y mejora las características finales del suelo tratado. Este enfoque no solo optimiza los recursos, sino que también reduce significativamente el impacto ambiental, ya que la reutilización del pavimento evita que grandes cantidades de material sean desechadas en vertederos, contribuyendo a la sostenibilidad del proyecto (Cardozo & Mendoza, 2021).

El reciclaje del asfalto, aunque no es una práctica nueva, ha ganado popularidad en los últimos años debido a sus ventajas económicas y ecológicas. El pavimento de las carreteras está sometido a un proceso de envejecimiento progresivo debido al tráfico vehicular, las condiciones climáticas adversas y la degradación natural del material con el paso del tiempo. En un contexto donde los costos del petróleo continúan aumentando y los presupuestos destinados a la construcción y mantenimiento de carreteras son limitados, el reciclaje del asfalto se presenta como una alternativa económica viable. Esta práctica permite mantener las superficies asfaltadas de manera eficiente sin necesidad de recurrir a la extracción de nuevos materiales, lo que a su vez reduce la huella ambiental asociada con la producción de asfalto nuevo (Adhikari et al., 2020).

Una de las principales ventajas del reciclaje del asfalto es que permite el aprovechamiento del 100% del pavimento dañado, lo que se traduce en una disminución significativa de los costos de mantenimiento vial, con reducciones superiores al 40%. Este ahorro no solo beneficia a los contratistas y autoridades viales, sino también a la comunidad en general, al permitir una mayor inversión en otros aspectos de la infraestructura sin comprometer la calidad de las carreteras (Adhikari et al., 2020).

2.2.3.1. Tipos de estabilización del suelo

La estabilización del suelo es una técnica esencial para mejorar la capacidad de soporte y la durabilidad de los suelos empleados en la construcción de pavimentos.

Dependiendo de la naturaleza del suelo y las necesidades del proyecto, la estabilización puede llevarse a cabo utilizando diversos métodos: físicos, mecánicos o químicos. La elección del tipo de estabilización adecuado depende principalmente del tipo de suelo a tratar, así como del uso previsto de la superficie estabilizada. Los suelos más comúnmente estabilizados incluyen suelos limosos, arcillosos, las arenas arcillosas y las arenas limosas (Parra, 2024).

a) Estabilización Física

La mejora de las cualidades de un suelo puede lograrse mediante el proceso de estabilización física, que consiste en modificar la estructura física del suelo sin afectar significativamente a su composición. En esta categoría de estabilización se incluyen varias técnicas, como la mezcla de suelos, la vibroflotación, el uso de geotextiles y la preconsolidación. Por ejemplo, la estabilización físico-mecánica consiste en mejorar un suelo mediante la incorporación de un tipo diferente de suelo procedente de un lugar determinado. Esto mejora la interacción entre las partículas de la sustancia y el suelo, lo que a su vez mejora el resultado del proceso de estabilización (Parra, 2024).

b) Estabilización Mecánica

- **Por Compactación:** La estabilización mecánica por compactación es uno de los métodos más utilizados en la mejora de suelos, ya que no altera su estructura ni composición, sino que optimiza la distribución de las partículas del suelo. Este proceso tiene como objetivo reducir el volumen de los vacíos presentes en el suelo, lo que aumenta su densidad y mejora la distribución de las fuerzas aplicadas sobre el suelo, garantizando mayor estabilidad y evitando asentamientos posteriores. El proceso se lleva a cabo en el lugar (in situ) utilizando maquinaria especializada, como rodillos y compactadores, que aplican presión, impacto o vibraciones sobre el material.



- **Por Granulometría:** En este tipo de estabilización, se modifica la granulometría del suelo al mezclarlo con otros materiales que tienen propiedades complementarias. Este proceso busca mejorar características como la plasticidad, que afecta la capacidad del suelo para absorber agua, y la granulometría, que determina la resistencia, la trabajabilidad y la capacidad de compactación del suelo. La estabilización por granulometría se puede llevar a cabo tanto en el lugar de la obra como en una planta centralizada. El procedimiento incluye la escarificación del suelo, la mezcla homogénea de materiales, la extensión y nivelación de la mezcla, y finalmente, su humectación y compactación para alcanzar la densidad mínima prescrita en la obra.
- **Con Geosintéticos:** La estabilización con geosintéticos es otra técnica eficaz que consiste en utilizar materiales sintéticos como geotextiles o geomallas para reforzar el suelo. Estos materiales mejoran las propiedades mecánicas del suelo, incrementando su capacidad portante y, por ende, la vida útil de las infraestructuras viales. Al incorporar geosintéticos, se pueden aumentar los ejes equivalentes del diseño de la carretera, lo que permite que la vía soporte más carga sin comprometer su integridad estructural (Parra, 2024).

c) Estabilización Química

La estabilización química se realiza mediante la incorporación de productos como cemento, cal o emulsiones bituminosas al suelo. Este proceso convierte el suelo suelto y débil en un material más firme y resistente, adecuado para la construcción de pavimentos duraderos. La estabilización con cemento, por ejemplo, es particularmente efectiva en suelos granulares, como los tipos A1, A-2 y A-3 según la clasificación AASHTO. La clave de este tipo de estabilización es asegurar una buena compactación y curado del suelo estabilizado, lo que permite que el material adquirido tenga la resistencia necesaria para soportar las cargas vehiculares a lo largo del tiempo. El contenido óptimo de agua para

este tipo de estabilización se determina mediante el ensayo de Proctor, que es utilizado en la compactación de suelos (Parra, 2024).

2.2.4 Reciclaje de pavimento

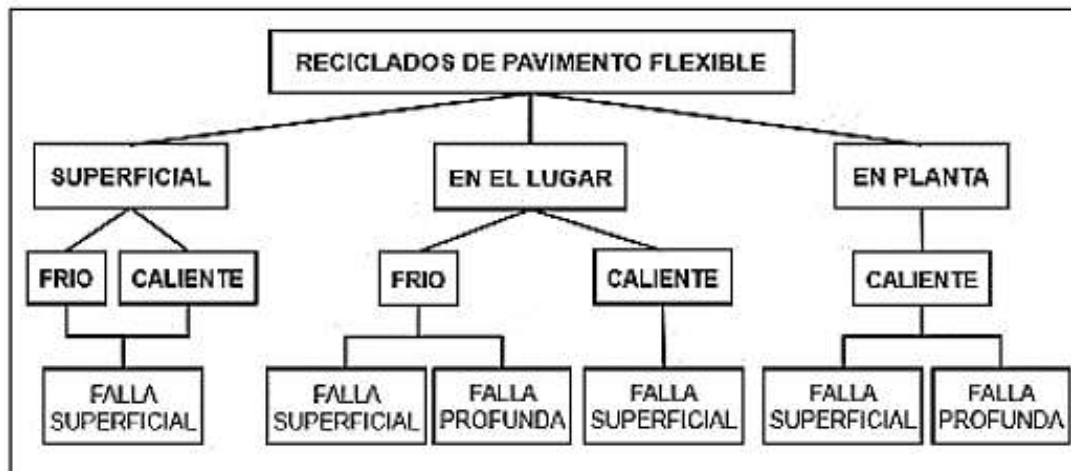
El reciclaje de pavimentos flexibles se refiere al proceso mediante el cual se recupera material de pavimentos que ya ha cumplido su propósito original, sometiéndolo a un tratamiento adecuado para devolverle una utilidad en la construcción de nuevas infraestructuras viales. Este procedimiento permite revalorar el material que, tras su uso inicial, se considera obsoleto o desgastado, transformándolo en un recurso aprovechable. El material resultante de este reciclaje puede ser reutilizado en la reparación o refuerzo de la misma vía en la que fue utilizado anteriormente, o bien, en la creación de nuevas capas para pavimentar otras carreteras. De esta manera, se contribuye al ahorro de recursos, se reduce la necesidad de extraer materiales vírgenes y se optimiza el uso de los recursos disponibles, apoyando la sostenibilidad de las infraestructuras viales (Valencia, 2024).

2.2.4.1. Tipos de reciclaje

Como puede verse en la imagen, el reciclado de pavimentos asfálticos puede dividirse en tres categorías principales, cada una de las cuales se segmenta a su vez en función de la técnica y la forma de aplicación que se utilice. El empleo de estos procesos permite reutilizar el material de forma eficaz, ajustándose a los distintos estados de degradación y a las necesidades particulares de las carreteras (Valencia, 2024). A continuación, se explican los tres tipos principales de reciclaje de pavimento flexible:

Figura 1

Tipos de reciclaje



Nota. Tomada de (Valencia, 2024).

a) Reciclaje superficial

Este tipo de reciclaje se enfoca en la reutilización de la capa superficial del pavimento cuando los daños presentes no son estructurales, es decir, cuando los problemas de la carretera se limitan a la capa de rodadura, que no afecta a la estabilidad estructural del pavimento. En general, se aplica a capas con un espesor de hasta 2.5 centímetros o menos. El proceso consiste en fresar, cepillar o escarificar la superficie dañada, para luego triturarla. Dependiendo de la situación, el material triturado puede ser tratado con un agente de reciclaje, el cual puede añadirse tanto en forma de emulsión como en seco. En algunos casos, también se incorporan pequeñas cantidades de materiales vírgenes para mejorar las propiedades del pavimento reciclado. Este proceso puede llevarse a cabo tanto en frío como en caliente, según las características del material reciclado y las condiciones climáticas (Valencia, 2024).

b) Reciclaje en el lugar

Este proceso, también conocido como reciclaje en frío, se refiere a la restauración del pavimento asfáltico cuando los daños afectan a capas de mayor profundidad, superior a los 2.5 cm, incluyendo o no la capa base. El procedimiento consiste en rasgar el



pavimento dañado, triturar el material resultante hasta obtener un tamaño adecuado y mezclarlo con un agente de reciclaje. Posteriormente, se añade una proporción de agregados nuevos que cumplen con los requisitos de la mezcla final. A diferencia del reciclaje superficial, este proceso implica una restauración más profunda del pavimento. Los aditivos comúnmente utilizados en este tipo de reciclaje son emulsiones asfálticas, cemento Portland, cal y mezclas de cal con cenizas volantes, lo que ayuda a mejorar la calidad y la durabilidad del nuevo pavimento. En algunos casos, es posible llevar a cabo el reciclaje in-situ utilizando asfalto con un alto grado de penetración, lo que mejora las propiedades del material reciclado (Valencia, 2024).

c) Reciclaje en planta

También conocido como reciclaje en caliente, este proceso se realiza de manera centralizada en una planta, donde el pavimento reciclado es triturado y clasificado para obtener partículas de tamaño adecuado. El material fresado, obtenido a través de un proceso de fresado en frío, es transportado a la planta, donde se somete a un proceso adicional de trituración. El material triturado se analiza para determinar su composición y se utiliza este análisis para desarrollar la mezcla reciclada adecuada. El reciclaje en planta generalmente implica la adición de nuevos materiales, como agentes de reciclaje y agregados pétreos, que mejoran las características del pavimento reciclado. Una vez que la mezcla en caliente está lista, se transporta de nuevo al lugar de aplicación, donde se distribuye y se compacta utilizando equipos convencionales. Este método es muy eficaz cuando se requiere un mayor control sobre la calidad de la mezcla y la precisión en su aplicación (Valencia, 2024).

Cada uno de estos métodos de reciclaje tiene sus propias ventajas y se elige en función de las condiciones del pavimento existente, la profundidad del daño y los objetivos de la obra, contribuyendo todos a la sostenibilidad en la construcción y mantenimiento de infraestructuras viales.



2.2.4.2. Ventajas

El método tradicional de reparación y conservación de pavimentos presenta una serie de inconvenientes significativos que afectan su eficiencia a largo plazo. En muchos casos, los pavimentos envejecidos no presentan daños estructurales graves, sino que se componen de una capa base que aún conserva su integridad, mientras que la capa superficial está deteriorada debido al uso. Si se opta por la simple aplicación de una nueva capa de pavimento sobre esta superficie envejecida, sin realizar un tratamiento previo, se corre el riesgo de crear una capa intermedia entre la base y la nueva superficie que estará compuesta por materiales desgastados y que han perdido sus propiedades mecánicas. Esta capa deteriorada no será capaz de soportar adecuadamente las cargas y, por lo tanto, interrumpirá el correcto funcionamiento del pavimento, comprometiendo su estabilidad y durabilidad (Pradhan & Biswal, 2022).

El uso de pavimento reciclado ofrece una solución eficiente a este problema. En lugar de simplemente añadir una capa nueva sobre la superficie envejecida sin tratar, el reciclaje permite reutilizar el material existente, mejorando así la estructura del pavimento de manera integral. Al someter la capa deteriorada a un proceso de reciclaje, se eliminan las capas obsoletas que han perdido sus propiedades, lo que permite que el pavimento reciba un refuerzo adecuado. Esto no solo mejora la capacidad estructural del pavimento en su conjunto, sino que también aumenta su durabilidad, proporcionando un servicio más eficiente y duradero al usuario (Arshad, 2020).

Además, el reciclaje de pavimento asfáltico representa una forma sostenible de utilizar los recursos disponibles de manera más eficiente. Utilizando técnicas de reciclaje apropiadas, los materiales previamente usados, aunque obsoletos, pueden ser reutilizados en la construcción de nuevos pavimentos. Este enfoque reduce considerablemente la necesidad de materiales vírgenes como áridos y asfalto, lo que disminuye la presión sobre las fuentes naturales y evita la explotación de canteras cercanas al sitio de trabajo. De este modo, no solo se optimizan los recursos, sino que también se contribuye a la protección



del medio ambiente, ya que se minimiza la extracción de nuevos materiales y la generación de residuos (Kadhun & Al-Jumaili, 2024).

Otro beneficio importante del reciclaje in-situ es la reducción significativa en los costos asociados al transporte. Este tipo de reciclaje permite eliminar el traslado de materiales viejos a los vertederos, lo cual es costoso y perjudicial para el medio ambiente. Asimismo, se elimina la necesidad de transportar materiales nuevos desde las plantas de suministro hasta el sitio de construcción, lo que implica un ahorro considerable en términos de combustible, tiempo y recursos. Estas ventajas operativas no solo reducen los costos generales del proyecto, sino que también mejoran el rendimiento y la eficiencia del proceso de conservación de pavimentos (Sedghi et al., 2023).

El reciclaje de pavimentos asfálticos no solo mejora la funcionalidad y durabilidad de las carreteras, sino que también representa una alternativa ecológica y económica frente a las técnicas tradicionales. Contribuye a la sostenibilidad de los proyectos de conservación vial, optimiza el uso de los recursos existentes y favorece la reducción de costos, todo ello sin comprometer la calidad del pavimento final ni el respeto por el medio ambiente (Maylle & Avila, 2023).

2.2.5 Pavimento flexible

El pavimento flexible es un tipo de superficie utilizada en la construcción de caminos y carreteras, que se destaca por su capacidad para adaptarse a los cambios y movimientos del terreno subyacente sin que sufra daños estructurales significativos. Este pavimento está conformado por diversas capas de materiales que trabajan de manera coordinada para distribuir eficientemente las cargas que provienen del tránsito vehicular (Flores, 2022).

El pavimento flexible se distingue por su capacidad de absorber y distribuir las tensiones generadas por el tráfico vehicular, adaptándose a los movimientos del suelo sin fracturarse. Su principal ventaja es la flexibilidad, lo que permite que se acomode a las variaciones del terreno sin que se formen grietas importantes. Este tipo de pavimento es



comúnmente utilizado en carreteras de tráfico pesado debido a su versatilidad y costo relativamente bajo en comparación con pavimentos rígidos (Flores, 2022).

La estructura de pavimento flexible es un sistema complejo y bien diseñado que distribuye las cargas de tráfico de manera eficiente y garantiza la durabilidad de las carreteras. Cada capa, desde la subrasante hasta la carpeta asfáltica, desempeña un papel fundamental en el rendimiento global del pavimento, y la selección de materiales y técnicas de construcción adecuadas es crucial para el éxito de cualquier proyecto de pavimentación (Gómez, 2018).

2.2.5.1. Estructura del pavimento flexible

El pavimento flexible se construye a partir de una serie de capas que se disponen sobre el suelo de cimentación o subrasante. Estas capas se componen de materiales que varían en calidad y grosor, y se adhieren a un determinado diseño estructural. Este sistema de capas tiene como principal objetivo distribuir y soportar las cargas que provienen del tráfico vehicular, asegurando así la durabilidad y funcionalidad de las vías. A lo largo de los años, el diseño de pavimentos ha sido, en su mayoría, empírico, basado en la experiencia y la interpretación de resultados obtenidos en investigaciones de campo. Para realizar estos diseños, los ingenieros requerían una profunda experiencia, que les permitiera tomar decisiones acertadas respecto a las características del suelo y los materiales empleados en la pavimentación (Vallejo, 2025).

En el caso de los pavimentos asfálticos, están formados por una capa asfáltica que, en la mayoría de los casos, se apoya en dos capas que no se consideran rígidas. Estas capas son la base y la subbase. Sin embargo, en función de los requisitos del proyecto, puede ser posible eliminar tantos niveles como sea necesario. De manera general, la estructura de un pavimento flexible consta de varias capas fundamentales: la subrasante, la subbase, la base y la superficie de rodadura. La función de cada una de estas capas es



crucial para la correcta distribución de las cargas y la resistencia a las condiciones de tráfico (Dioses, 2022).

a) Subrasante:

La subrasante es la capa inferior dentro de la estructura del pavimento y corresponde a la superficie que se encuentra en contacto directo con el terreno natural. Esta capa actúa como base para las demás partes que conforman el pavimento, siendo una componente clave en la formación del prisma de la carretera, que se extiende entre el terreno natural (o explanada) y las capas superiores del pavimento. En términos más concretos, la subrasante constituye el fondo de las excavaciones realizadas o el terraplén de la carretera, brindando el soporte necesario para la correcta colocación y estabilidad de la estructura del pavimento (Chávez, 2021).

El suelo de la subrasante debe ser cuidadosamente seleccionado por sus características y ser compactado para formar una base estable, de modo que pueda soportar las cargas que provienen del tráfico sin deformarse o ceder. Es esencial que los suelos en la subrasante sean de calidad, con un CBR (California Bearing Ratio) superior al 6%. Si el CBR es inferior a este valor, se considera que el suelo es inadecuado y debe ser estabilizado. Para esto, se pueden emplear técnicas como la estabilización mecánica, el reemplazo del material de cimentación, o la estabilización química, dependiendo de las características del suelo. Los últimos 30 cm de la subrasante deben ser compactados a un 95% de la máxima densidad seca obtenida en el ensayo Proctor modificado (MTC EM 115), lo que garantiza una adecuada preparación para la siguiente capa del pavimento (Huaman, 2023).

b) Subbase:

La subbase es una capa de material que se coloca sobre la subrasante, aunque no siempre es necesaria dependiendo de los requisitos del proyecto. Esta capa ayuda a distribuir las cargas que provienen del tráfico, pero sus requisitos de calidad son menos

estrictos que los de las capas superiores. Los materiales que conforman la subbase deben ser seleccionados adecuadamente para garantizar que puedan soportar los esfuerzos verticales que se transmiten desde la superficie del pavimento. En la subbase granular, se utiliza el CBR para evaluar su calidad; un CBR del 40% es el mínimo requerido para este tipo de materiales, lo que asegura una resistencia adecuada para soportar las cargas de tránsito. El módulo resiliente (MR) de una subbase granular con CBR del 40% es de aproximadamente 17,000 psi, lo que es suficiente para cumplir con las exigencias estructurales del pavimento (Ruiz, 2019).

La subbase forma parte integral de la estructura de un pavimento, actuando como una de las capas granulares esenciales en el sistema. Su función principal es la de resistir, distribuir y transferir de manera eficiente las cargas que provienen del tráfico vehicular hacia la capa inferior, conocida como la subrasante. Gracias a su composición granular, la subbase contribuye significativamente al refuerzo de la capacidad de soporte del suelo subyacente, lo que a su vez mejora la estabilidad general de la carretera. Además, su presencia permite optimizar el grosor de la capa de rodadura, reduciendo la necesidad de materiales más pesados en las capas superiores (Pérez & Vásquez, 2021).

La subbase juega un papel crucial en la eficiencia estructural del pavimento, asegurando que las cargas aplicadas por el tránsito se distribuyan de manera uniforme y no afecten negativamente a la base o la subrasante. La subbase puede estar compuesta por distintos tipos de materiales granulares, y su elección depende de las características del suelo y de los requisitos específicos del proyecto vial (Carpio & Mosqueira, 2020).

c) Base:

La base es una capa de material granular que se coloca sobre la subbase. Su función principal es transmitir las cargas provenientes del tráfico a las capas inferiores, como la subbase y la subrasante. Los materiales que conforman la base deben cumplir con estándares de calidad más estrictos que los de la subbase. En este caso, la base generalmente se forma a partir de grava chancada, que es compactada hasta alcanzar el

100% de la densidad máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado. El CBR mínimo para la base es del 100%, lo que garantiza una alta resistencia a las cargas. El módulo resiliente (MR) de una base granular con CBR del 100% es de aproximadamente 30,000 psi, lo que asegura que la capa sea lo suficientemente fuerte como para distribuir eficazmente las cargas sin sufrir deformaciones (Lopez, 2019).

La base es una capa fundamental dentro de la estructura del pavimento, desempeñando un papel crucial en la distribución y transmisión de las cargas generadas por el tránsito vehicular. Esta capa actúa como un intermediario, transmitiendo las fuerzas aplicadas a la subbase, que a su vez las pasa a la subrasante. Sobre esta capa se coloca la capa de rodadura, que es la que entra en contacto directo con los vehículos (Conto et al., 2019).

La base está conformada por material pétreo, que puede ser tanto cribado como triturado, y en ocasiones, este material es combinado parcial o completamente con un estabilizador compuesto por material fino proveniente de suelos finos. Esta mezcla tiene como objetivo mejorar la resistencia y estabilidad de la base, adaptándose a las condiciones de carga y tránsito a las que se someterá la carretera. Dependiendo de los requisitos del proyecto y las características del suelo, la base puede clasificarse en cuatro tipos diferentes, cada uno con propiedades específicas para cumplir con las necesidades estructurales del pavimento (Hinojosa, 2022).

d) Carpeta Asfáltica:

La última capa del pavimento es la capa de rodadura, también denominada ligante asfáltico. Esta capa es la que está en contacto directo con el tráfico que circula por la calzada. Es necesario que sea capaz de soportar los impactos abrasivos tanto del medio ambiente como del tráfico para cumplir con su deber de proporcionar una superficie homogénea y estable, y que sea aceptable para el tráfico. Es posible que la capa asfáltica resista las cargas sin deformarse, ya que se trata de una capa rígida que posee altos valores de módulo elástico. Para evaluar el diseño de esta capa, se utiliza el módulo



dinámico complejo (E^*). Este módulo es una medida de la capacidad de la capa para soportar cargas de tráfico durante un periodo de tiempo. Para indicar su gran capacidad para soportar tráfico pesado y circunstancias severas, el módulo de resistencia de la mezcla bituminosa en caliente oscila entre 400.000 y 450.000 psi a 20 grados Celsius, según los criterios de diseño establecidos por la American Society of Highway Transportation Officials en 1993. Esta capa es necesaria para mantener la longevidad del pavimento y la seguridad de la carretera (Campos & Vega, 2019).

2.3 Marco conceptual

2.3.1. Base granular

La base granular es una capa estructural dentro de la construcción de pavimentos, que se encuentra entre la subrasante (suelo natural) y la capa de rodadura. Se compone principalmente de materiales granulares, como grava, arena o piedra triturada. Esta capa tiene la función de distribuir las cargas del tráfico y proporcionar estabilidad a la estructura del pavimento. La calidad de la base granular es crucial para la durabilidad del pavimento.

2.3.2. Estabilización de suelos y materiales

La estabilización de suelos es un proceso en el cual se mejoran las propiedades de los materiales del suelo o de la base granular, mediante la adición de aditivos, como cemento, cal, emulsiones asfálticas, o materiales reciclados, como el RAP. En este contexto, la estabilización busca aumentar la capacidad de carga de una base granular de baja calidad y mejorar su rendimiento estructural.

2.3.3. Durabilidad del pavimento

La durabilidad del pavimento se refiere a la capacidad de las estructuras viales para resistir las cargas del tráfico, las condiciones climáticas y otros factores ambientales



durante su vida útil. En tu investigación, estudiarás cómo el uso de pavimento asfáltico reciclado influye en la durabilidad de la base granular y del pavimento en general.

2.3.4. Pavimento asfáltico reciclado

El pavimento asfáltico reciclado (RAP, por sus siglas en inglés) es el proceso de reutilización de material asfáltico proveniente de pavimentos antiguos para la fabricación de nuevo pavimento. Este reciclaje puede incluir la recuperación de la mezcla asfáltica y la utilización de agregados reutilizados para formar una nueva mezcla de pavimento. Su uso reduce el impacto ambiental, al disminuir la necesidad de extracción de nuevos recursos y disminuir la cantidad de residuos en vertederos.

2.3.5. Reciclaje

El reciclaje de pavimentos asfálticos es una práctica que tiene un bajo impacto ambiental, ya que reduce la necesidad de materiales nuevos y disminuye la cantidad de residuos generados por el desgaste de pavimentos antiguos. Además, este proceso permite disminuir la huella de carbono al reducir las emisiones generadas durante la producción y el transporte de nuevos materiales.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Es un conjunto de métodos, técnicas y procedimientos sistemáticos que se emplean para realizar una investigación científica. Su objetivo es guiar el proceso de recolección, análisis y presentación de datos, asegurando que los resultados obtenidos sean válidos, confiables y objetivos. Esta metodología se fundamenta en principios lógicos y coherentes, permitiendo que el investigador estructure y organice el trabajo de forma eficiente, con el fin de responder de manera clara y precisa las preguntas planteadas al inicio del estudio. Es una herramienta esencial para transformar la observación en conocimiento científico aplicable. La metodología de investigación es fundamental para estructurar el proceso de indagación de manera rigurosa y coherente, permitiendo la obtención de resultados válidos y significativos (Alfonso et al., 2020).

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo es un método de investigación que se centra en la recolección y el análisis de datos numéricos. Este enfoque busca identificar patrones, medir variables y establecer relaciones entre ellas utilizando herramientas estadísticas. El objetivo principal es obtener resultados objetivos y verificables que permitan hacer generalizaciones sobre una población a partir de una muestra representativa. A través de



este enfoque, los investigadores pueden probar hipótesis, formular teorías y hacer predicciones basadas en evidencias cuantificables, lo que otorga a la investigación una alta precisión y fiabilidad. Una de las características fundamentales del enfoque cuantitativo es su énfasis en la objetividad, ya que se utilizan procedimientos estandarizados y mediciones precisas para evitar sesgos. Los métodos utilizados en este enfoque incluyen experimentos controlados, encuestas estructuradas, y análisis estadísticos, entre otros (Alfonso et al., 2020).

Enfoque cuantitativo porque se aplica la recolección y análisis de datos numéricos de los ensayos realizados.

3.2 Tipo de la investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación cuyo principal propósito es la solución de problemas prácticos y concretos en un área específica del conocimiento. A diferencia de la investigación básica, que se enfoca en la generación de teorías o principios generales, la investigación aplicada se orienta hacia la utilización del conocimiento ya existente para resolver situaciones particulares. Esta investigación busca aplicar de manera directa los resultados de estudios previos para mejorar procesos, productos o servicios, abordando problemas reales que afectan a individuos, organizaciones o comunidades. De esta manera, la investigación aplicada tiene un carácter utilitario y busca beneficios inmediatos para la sociedad (Pimienta et al., 2018).

Investigación aplicada porque se tuvo como objetivo resolver un problema práctico y concreto relacionado con la mejora de las propiedades de la base granular de baja calidad mediante la aplicación de pavimento asfáltico reciclado.

3.3 Nivel de la investigación

El nivel de investigación explicativo es aquel que tiene como objetivo principal esclarecer las causas de los fenómenos estudiados, proporcionando explicaciones claras



sobre las relaciones causales entre las variables de un estudio. En este tipo de investigación, el investigador no solo describe los hechos o fenómenos, sino que busca entender el porqué de los mismos, profundizando en las variables que influyen en el problema de investigación. A través del análisis de estas variables y su interrelación, se intenta identificar los factores que generan o provocan un determinado fenómeno, y se emplean métodos que permitan establecer conclusiones más robustas sobre la causalidad, en lugar de solo observar su presencia (Pimienta et al., 2018).

Nivel explicativo porque se buscó determinar las causas o efectos específicos de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación experimental es un tipo de diseño en el que el investigador manipula una o más variables independientes para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, manteniendo controladas las condiciones que puedan influir en el resultado. Este enfoque permite establecer relaciones causales entre variables, ya que, a través de la manipulación y control de variables, se pueden inferir los efectos directos de los cambios experimentales. El diseño experimental se caracteriza por la asignación aleatoria de los participantes o unidades de observación a los diferentes grupos experimentales, lo cual contribuye a la validez interna del estudio al reducir sesgos y asegurar que los resultados sean atribuibles a la intervención (Alfonso et al., 2020).

Diseño experimental porque se manipula la variable independiente, que es la aplicación de pavimento asfáltico reciclado, para observar su efecto sobre la variable dependiente, las propiedades de la base granular.



3.5 Método de la investigación

El método de investigación científico es un proceso sistemático y ordenado que se utiliza para obtener conocimientos a partir de la observación, experimentación y análisis riguroso de fenómenos o hechos. Este método sigue una serie de pasos lógicos que van desde la formulación de preguntas o hipótesis hasta la interpretación y validación de los resultados. La investigación científica se caracteriza por ser objetiva, controlada y verificable, utilizando instrumentos y técnicas adecuadas que permiten obtener datos confiables. Su propósito es explicar, predecir y, en algunos casos, modificar los fenómenos estudiados, generando un conocimiento nuevo que pueda ser generalizable y aplicable en diversos contextos (Pimienta et al., 2018).

Método de investigación científica porque se sigue un proceso sistemático, controlado y riguroso para obtener conocimiento a través de la observación, experimentación y análisis de datos objetivos.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

Se refiere al conjunto completo de elementos o individuos que cumplen con las características específicas definidas por el investigador para el estudio. Esta población incluye todos los casos que podrían ser relevantes para responder a las preguntas de investigación planteadas. En términos generales, la población está constituida por todos los elementos que tienen las características comunes necesarias para la inclusión en el estudio, y estos pueden ser personas, objetos, organizaciones, eventos, entre otros, dependiendo del tipo de investigación. La definición precisa de la población es crucial, ya que garantiza la relevancia y la representatividad de los resultados obtenidos (Alfonso et al., 2020).

La población en la presente investigación está compuesta por la vía Juliaca – Lampa, el cual consta de 23 Km longitudinales.

Figura 2

Vía de estudio



Se muestra la vía de estudio que es la de Juliaca-Lampa.

3.6.2 Muestra

La muestra de investigación es un subconjunto representativo de la población de investigación, seleccionado para participar en un estudio. En lugar de estudiar a toda la población, lo cual puede ser costoso o inviable, el investigador selecciona una muestra que refleje las características clave de dicha población. El proceso de selección de la muestra debe realizarse de manera cuidadosa para asegurar que sea representativa, lo que permite generalizar los resultados obtenidos a toda la población. Existen diferentes métodos de muestreo, como el muestreo aleatorio, estratificado, sistemático, entre otros, cada uno adecuado según el tipo de investigación y los recursos disponibles. La muestra es esencial para la eficiencia y viabilidad de la investigación, ya que permite obtener datos de una manera más accesible sin comprometer la validez de los resultados. Además, el tamaño y



las características de la muestra deben estar alineados con los objetivos de la investigación, de modo que los resultados obtenidos sean lo más representativos y precisos posible (Alfonso et al., 2020).

La muestra está conformada por cuatro puntos de exploración (calicatas) ubicados en la vía Juliaca - Lampa.

- Punto de exploración 1 – Km 5+000
- Punto de exploración 2 – Km 10+000
- Punto de exploración 3 – Km 15+000
- Punto de exploración 4 – Km 20+000

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Sirven para recolectar, analizar e interpretar los datos necesarios para responder a las preguntas de investigación. Estas técnicas varían según el tipo de investigación y los objetivos del estudio, y pueden incluir métodos cualitativos, como entrevistas y grupos focales, o métodos cuantitativos, como encuestas y experimentos. Las técnicas de investigación están diseñadas para proporcionar datos válidos, confiables y relevantes que permitan al investigador alcanzar conclusiones fundamentadas y precisas. La elección de la técnica adecuada depende del enfoque metodológico del estudio, el tipo de datos que se desean obtener y las condiciones del contexto de investigación. El uso adecuado de las técnicas de investigación es fundamental para la calidad y rigor del estudio, ya que influye directamente en la validez y precisión de los resultados (Pino, 2019).

- Experimentación.
- Análisis de laboratorio.



3.7.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación son herramientas utilizadas por los investigadores para recolectar los datos necesarios durante el proceso de investigación. Estos instrumentos pueden ser cualitativos o cuantitativos, dependiendo del tipo de estudio y del tipo de datos que se requieran. Entre los instrumentos más comunes se encuentran las encuestas, cuestionarios, entrevistas, escalas de medición, pruebas psicológicas, y dispositivos de observación, entre otros. La elección del instrumento adecuado depende del diseño de investigación, los objetivos del estudio, y las características de la muestra, ya que cada instrumento está diseñado para captar información específica que permita responder a las preguntas de investigación (Pino, 2019).

- Equipos y herramientas de ensayos.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación

La validación de un instrumento de investigación es el proceso mediante el cual se evalúa si dicho instrumento realmente mide lo que se propone medir, es decir, si es válido para los objetivos del estudio. Este proceso implica una serie de procedimientos técnicos y metodológicos para comprobar que los datos obtenidos a través del instrumento sean consistentes, precisos y relevantes para el tema investigado. La validación de los instrumentos es crucial para garantizar la fiabilidad y calidad de los datos en la investigación. Para llevar a cabo la validación, se pueden emplear diversas técnicas, como la revisión de expertos, el análisis estadístico o la prueba piloto, que permiten ajustar el instrumento y asegurar su efectividad antes de su aplicación final (Pimienta et al., 2018).

3.8.2 Confiabilidad

Se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados que dicho instrumento produce cuando se aplica en condiciones similares en diferentes momentos o con

diferentes grupos. Un instrumento confiable es aquel que proporciona resultados consistentes y reproducibles, lo que significa que, si se aplica repetidamente en el mismo contexto, debería generar resultados semejantes. La confiabilidad es crucial para asegurar que los datos recolectados sean precisos y no estén influenciados por factores externos o errores sistemáticos, lo que garantiza la validez de las conclusiones obtenidas a partir de los datos (Pimienta et al., 2018).

3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos

3.9.1 Plan de investigación

❖ Recolección de muestras

1. Identificación de puntos de muestreo:

- Selección de Ubicaciones: Se seleccionaron cuatro puntos de muestreo representativos a lo largo de la vía Juliaca – Lampa, en tramos donde se conocía que la base granular presentaba baja calidad y requería evaluación.
- Criterios de Selección: Los puntos fueron elegidos considerando factores como el tráfico vehicular, el estado visible del pavimento (deterioro, grietas, deformaciones) y las características geográficas de la zona.

3. Extracción de muestras:

- Método de Muestreo: La extracción de muestras de base granular se realizó mediante un procedimiento de perforación en el área seleccionada. Para asegurar la representatividad, las muestras fueron obtenidas de diferentes profundidades de la base granular.
- Tamaño de las Muestras: Cada muestra recogida tenía un volumen mínimo de 5 kg, suficiente para realizar los ensayos de laboratorio necesarios, como el ensayo de Proctor, CBR, y granulometría.



4. Registro y etiquetado:

- Etiquetado de Muestras: Cada muestra recolectada fue etiquetada con el número de punto de muestreo, la fecha de recolección y la profundidad de la muestra.
- Registro de Datos: Se documentó el tipo de material y las características observadas in situ, así como el estado del pavimento en el punto de muestreo.

5. Transporte y almacenamiento:

- Transporte al Laboratorio: Las muestras fueron transportadas al laboratorio en condiciones que evitaran alteraciones o contaminación, utilizando bolsas plásticas selladas y recipientes adecuados.
- Condiciones de Almacenaje: Las muestras fueron almacenadas en condiciones controladas de temperatura y humedad, asegurando que no se alteraran antes de los ensayos.

La recolección de muestras de la base granular en la vía Juliaca – Lampa fue cuidadosamente planificada para garantizar que las muestras fueran representativas y adecuadas para los análisis posteriores. Este procedimiento permitió obtener datos confiables sobre el estado actual de la base granular, los cuales serán fundamentales para evaluar el impacto de la incorporación de pavimento asfáltico reciclado (PAR) en las propiedades del material.

❖ Recolección de material de pavimento asfáltico

La recolección de material de pavimento asfáltico reciclado se llevó a cabo a partir de un montículo de pavimento previamente retirado de tramos deteriorados.

El proceso de recolección consistió en seleccionar el material de pavimento asfáltico que había sido previamente triturado y clasificado, asegurando que el material fuera homogéneo y representativo del pavimento reciclado disponible. Se prestó especial atención a la calidad del material, buscando asegurarse de que no estuviera contaminado con impurezas o material no asfáltico que pudiera afectar la composición de la mezcla final.



❖ Ensayos den campo

a) Granulometría

El análisis granulométrico es una técnica fundamental para determinar la distribución del tamaño de partículas en suelos, y según la normativa MTC E 107 (MTC, 2016), este procedimiento se realiza a través de un tamizado. El objetivo principal de este análisis es obtener una clasificación precisa de las partículas del suelo, lo que es esencial para entender las características del mismo, como su capacidad de filtración y su comportamiento en obras de construcción.

Equipos necesarios:

- **Balanza:** Se requiere dos balanzas con diferentes precisiones. Una debe tener una capacidad de aproximación de 0.01 gramos, destinada para pesar la fracción fina, y otra debe tener una capacidad de 0.1% del peso total de la muestra, utilizada para la fracción gruesa.
- **Estufa:** Debe ser capaz de mantener temperaturas constantes y uniformes hasta 110 \pm 5°C para secar las muestras de manera adecuada.
- **Envases para el secado de muestras:** Son necesarios para contener las muestras durante el proceso de secado.
- **Cepillo y brocha:** Utilizados para limpiar las partículas adheridas a los tamices y otros equipos.
- **Juego de tamices de malla:** El conjunto de tamices se utiliza para separar las partículas de diferentes tamaños durante el proceso de tamizado.

Procedimiento para la fracción retenida en el tamiz N° 4:

1. Se inicia con la porción de la muestra que ha quedado retenida en el tamiz N° 4, y se organiza el conjunto de tamices de acuerdo con las fracciones gruesas que se indican en la tabla 6.



2. Posteriormente, la muestra se coloca en una tamizadora mecánica y se activa, dejándola funcionar durante aproximadamente diez minutos. Este tiempo tiene como objetivo garantizar que las partículas sean clasificadas de manera adecuada y precisa.
3. Una vez completado el proceso de tamizado, se procede a pesar cada una de las fracciones de material en una balanza calibrada. Es fundamental que la suma total de los pesos de las fracciones obtenidas no se desvíe más del 1% respecto al peso original de la muestra (MTC, 2016).

Procedimiento para la fracción fina:

1. Para llevar a cabo el análisis de la fracción fina del suelo (aquella que pasa a través del tamiz N° 4), se somete el material a un proceso de tamizado diseñado de acuerdo con las características específicas de la muestra y los datos que se desean obtener de la misma.
2. Se selecciona una muestra representativa del suelo utilizando el método de cuarteo, y esta muestra se coloca en un recipiente adecuado, el cual se llena con agua para permitir que el material se hidrate. La muestra se deja reposar en el agua hasta que los terrones de tierra se ablanden por completo.
3. Tras el ablandamiento de los terrones, la muestra se lava cuidadosamente sobre un tamiz N° 200, asegurándose de que ninguna partícula se pierda en el proceso de lavado.
4. Una vez lavado el material, se transfiere a una plancha de secado que se coloca sobre una estufa, donde se deja secar completamente. Después de que la muestra se haya secado por completo, se deja enfriar durante algunos minutos antes de proceder a pesarlo.
5. Finalmente, los tamices se organizan y se coloca una vasija en la parte inferior para evitar que el material se pierda. La muestra seca se coloca sobre los tamices y se realizara el tamizado durante un período determinado para asegurar una correcta clasificación.

Este proceso de análisis granulométrico es esencial para obtener una clasificación precisa de los materiales del suelo, lo que ayuda a determinar su idoneidad para diferentes aplicaciones en la construcción. Al seguir el procedimiento detallado en la normativa MTC E 107, se asegura la calidad y precisión de los resultados obtenidos.

b) Límite Líquido

El límite líquido, según la normativa MTC E 110, es un ensayo cuyo objetivo principal es calcular la cantidad de agua en relación con el peso seco de una muestra de suelo, en el rango de transición entre los estados líquido y plástico. Este límite es una propiedad importante que ayuda a clasificar los suelos en función de su capacidad de retener agua, lo que a su vez influye en su comportamiento en diversas aplicaciones de ingeniería civil y construcción, como la compactación y la estabilidad de las estructuras.

Equipos necesarios:

- Vasija de porcelana: Se utiliza una vasija de aproximadamente 115 mm de diámetro, que servirá como recipiente para la mezcla de la muestra de suelo y agua destilada.
- Aparato Casagrande: Este aparato, de operación mecánica, es el equipo principal utilizado para aplicar los golpes necesarios y observar el comportamiento de la muestra al alcanzar el límite líquido.
- Acanalador y calibrador: Son herramientas necesarias para crear una ranura en la muestra de suelo dentro de la copa de Casagrande, lo que permite determinar el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.
- Balanza: Se utiliza una balanza con una sensibilidad de 0.01 gramos para pesar las muestras y garantizar una medición precisa del peso.
- Tamiz N° 40: Es un tamiz de malla fina utilizado para tamizar la muestra de suelo antes de proceder al ensayo, asegurando que solo las partículas más pequeñas sean incluidas en la prueba.



Procedimiento:

1. Obtención de la muestra: El primer paso consiste en tamizar el suelo utilizando el tamiz N° 40. La muestra que pasa a través de este tamiz se pesa, tomando aproximadamente entre 150 y 200 gramos de la muestra tamizada para realizar el ensayo.
2. Preparación de la mezcla: A continuación, se añade agua destilada a la muestra de suelo contenida en la vasija, con el objetivo de lograr una mezcla completamente homogénea. La mezcla resultante debe presentar un color uniforme y una consistencia viscosa, lo cual es indicativo de que el suelo ha sido adecuadamente hidratado, permitiendo así proceder al siguiente paso del ensayo.
3. Colocación de la muestra en la copa de Casagrande: Una vez que la mezcla ha alcanzado la consistencia adecuada, se transfiere una cantidad específica de esta mezcla homogénea al centro de la copa de Casagrande. La muestra se comprime y distribuye de manera cuidadosa hasta alcanzar una profundidad de aproximadamente 10 mm en su parte más profunda, asegurándose de que la superficie quede completamente plana y nivelada para garantizar una medición precisa en el siguiente paso del procedimiento.
4. Creación de la ranura: Utilizando el acanalador, se crea una ranura a través de la muestra de suelo. Esta ranura debe ser claramente visible, dividiendo la muestra en dos partes iguales. Este paso es esencial para determinar el límite líquido, ya que se espera que las dos mitades del suelo se junten al aplicarse una cantidad específica de golpes.
5. Determinación del número de golpes: Se comienza a aplicar golpes con el aparato Casagrande, y el proceso se detiene cuando las dos mitades de suelo se tocan en la base de la ranura, lo que indica que se ha alcanzado el límite líquido. La cantidad de golpes necesarios para que esto suceda se registra como el número de golpes N.
6. Secado de la muestra: Después de determinar el número de golpes, se toma una pequeña porción de la muestra, la cual se coloca en una vasija de peso conocido. Esta muestra se seca en un horno a una temperatura adecuada para eliminar la humedad.



Posteriormente, se pesa la muestra seca para calcular el contenido de agua en relación con el peso seco de la muestra.

7. Repetición del ensayo: El procedimiento se repite para al menos dos pruebas adicionales, asegurándose de que cada repetición se realice con la misma técnica. A medida que se repiten las pruebas, el número de golpes requerido para cerrar la ranura generalmente disminuye, lo que refleja un aumento en la plasticidad del suelo. Cada prueba adicional proporciona un valor más preciso para el límite líquido, y los resultados finales se calculan promediando los números de golpes obtenidos en las tres pruebas.

Este procedimiento de ensayo es crucial para la clasificación de suelos, ya que el límite líquido es un parámetro importante que influye en el comportamiento del suelo bajo diferentes condiciones de humedad. La determinación precisa de este valor ayuda a los ingenieros a entender cómo se comportará el suelo cuando se utilice en la construcción de obras como carreteras, cimientos y otras estructuras.

c) Límite Plástico e Índice de Plasticidad

El límite plástico, según lo establecido en la normativa MTC E 111, tiene como objetivo principal determinar el contenido de agua en el suelo cuando este se encuentra entre los estados plástico y semisólido. Este valor es crucial para caracterizar la plasticidad de los suelos, ya que ayuda a comprender cómo se comportarán bajo diferentes condiciones de humedad, lo cual es esencial para su uso en la construcción y otras aplicaciones de ingeniería civil.

Equipos necesarios:

- Espátula de hoja flexible: Se utiliza para mezclar y amasar la muestra de suelo con agua destilada hasta lograr una consistencia homogénea y uniforme.
- Recipiente de almacenamiento: Un recipiente de aproximadamente 115 mm (4 ½ pulgadas) de diámetro, en el que se manipula y almacena la muestra durante el proceso.



- Balanza: Con una sensibilidad de 0.01 gramos, se utiliza para pesar con precisión la muestra antes y después de la prueba.
- Horno: Debe ser capaz de mantener temperaturas constantes y uniformes hasta $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para el secado adecuado de las muestras de suelo y la determinación del contenido de humedad.
- Tamiz N° 40: Este tamiz es usado para clasificar el suelo, separando las partículas que pasan a través de la malla y que serán objeto del análisis.
- Vidrios de reloj o recipientes pequeños: Son necesarios para contener y pesar las muestras de suelo.
- Superficie de rodadura (vidrio grueso): Utilizada como base sobre la cual se amasa y modela la muestra de suelo.

Procedimiento:

1. Preparación de la muestra: Se seleccionan aproximadamente 20 gramos de la muestra de suelo que han pasado a través del tamiz N° 40. A esta muestra se le añade agua destilada de manera gradual y controlada. A medida que se incorpora el agua, se amasa la muestra para obtener una mezcla homogénea y densa. La consistencia debe ser tal que el suelo se pueda moldear fácilmente con los dedos sin que se adhiera a ellos, lo que indica que ha alcanzado el estado plástico.
2. Moldeo de la muestra: Una vez que la mezcla ha alcanzado la consistencia adecuada, se toma una porción de la muestra homogénea y se moldea en forma de un elipsoide. Después, sobre una placa de vidrio grueso, se utiliza los dedos para moldear la muestra, dándole forma de un cilindro con un diámetro aproximado de 3.2 mm. Este proceso continúa hasta que el cilindro comienza a desmoronarse, lo que indica que se ha alcanzado el límite plástico.
3. Determinación del contenido de humedad: Una vez obtenida la muestra modelada, se coloca en recipientes tarados. Se busca que la cantidad de suelo en cada recipiente sea aproximadamente 6 gramos. Los recipientes con la muestra se llevan al horno de



laboratorio, donde se secan a una temperatura constante y controlada. El objetivo es determinar el contenido de humedad del suelo, lo que es esencial para el cálculo del límite plástico.

4. Repetición del procedimiento: El mismo procedimiento debe repetirse con la otra mitad de la muestra homogénea. Esto asegura que se obtengan resultados precisos y consistentes, permitiendo calcular de manera confiable el contenido de agua en el suelo entre los estados plástico y semisólido.

El límite plástico, junto con otros parámetros como el límite líquido, es una propiedad crucial que define el comportamiento de los suelos en condiciones de humedad. A partir de los resultados obtenidos en este ensayo, se puede calcular el índice de plasticidad, que es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico. Este índice es fundamental para clasificar los suelos y para entender mejor su comportamiento frente a cargas y cambios en las condiciones ambientales, lo cual tiene aplicaciones directas en la construcción de obras viales, cimientos y otros proyectos de ingeniería civil.

d) Proctor Modificado

El ensayo de Proctor modificado, según lo establecido en la normativa MTC E 115, tiene como principal objetivo determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo, utilizando una energía modificada. Este ensayo se utiliza para evaluar la compactabilidad de los suelos y entender cómo varía su densidad con diferentes contenidos de humedad.

Equipos Necesarios:

- Balanza: Con una precisión de 0.01 gramos para pesajes precisos de las muestras.
- Pisón o Martillo: Herramienta para aplicar los golpes necesarios sobre cada capa del suelo.
- Horno: Debe ser capaz de mantener temperaturas constantes y uniformes hasta $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ para secar las muestras de suelo.



- Tamices de 3/4", 3/8" y N° 4: Utilizados para clasificar el material del suelo antes de comenzar el proceso.
- Herramientas de Mezcla: Como cucharas, morteros, paleta, espátula, entre otros, para mezclar el agua con el suelo.
- Regla Metálica: Para enrasar y nivelar el espécimen compactado después del proceso.

Procedimiento:

1. Preparación del suelo:

- La muestra de suelo no necesita ser secada previamente. Se procede a tamizar el material a través de una malla de 3/4" para eliminar las partículas más gruesas.
- A continuación, se mide el contenido de agua presente en el suelo que ha sido procesado.
- Se seleccionan aproximadamente 29 kg de suelo seco, de los cuales se extrae una porción representativa para su análisis posterior.
- Se preparan al menos cuatro muestras, cada una con un contenido de agua distinto, con el objetivo de obtener valores lo más cercanos posible al contenido de agua óptimo estimado. Para lograrlo, se debe añadir agua a la muestra y mezclarla de manera uniforme para asegurar una correcta distribución del agua en el suelo.

2. Preparación de los especímenes:

- Se preparan cuatro especímenes, cada uno con un peso de aproximadamente 5.9 kg.
- Es importante determinar y anotar tanto la masa como el volumen del molde antes de comenzar la compactación.

3. Montaje del molde:

- Se asegura el molde y se ensambla el collar al plato base, asegurándose de que este conjunto esté fijado a una superficie rígida y estable, como un cimiento.

4. Compactación:



- Se coloca la primera capa de suelo en el molde y se le aplica una cantidad de 56 golpes con el pisón o martillo.
 - Se debe compactar el suelo en un total de cinco capas, asegurando que cada capa tenga un espesor uniforme.
 - La última capa debe quedar en el collarín para que luego se pueda enrasar la muestra compactada de manera precisa. Esto se realiza usando una regla recta para nivelar la parte superior e inferior del molde, asegurando una superficie plana.
5. Determinación de la masa del espécimen:
- Una vez que se ha completado la compactación, se mide y se registra el peso total del espécimen resultante.
 - Luego, el material se retira con cuidado del molde, y se toma una pequeña porción del suelo de la muestra compactada con el fin de determinar su contenido de humedad.
6. Secado y determinación de la humedad:
- La muestra extraída se coloca en un horno para secar el suelo, lo que permitirá calcular con precisión el contenido de humedad. Este proceso es fundamental para obtener la relación entre la cantidad de agua presente y el peso seco de la muestra, lo que proporciona una medición exacta del contenido de agua en el suelo.
7. Repetición del procedimiento:
- Se repite el mismo procedimiento para obtener un mínimo de cuatro puntos de humedad diferentes. De estos, dos puntos deben estar en el lado seco de la curva de compactación, y los otros dos deben ubicarse en el lado húmedo. Esto permite obtener una curva de compacidad precisa que describe cómo varía la densidad del suelo con diferentes contenidos de agua.

El ensayo Proctor Modificado sigue siendo indispensable para determinar el grado de compactación del suelo con determinados niveles de humedad. Los resultados de este ensayo permiten determinar el contenido de humedad óptimo para la densidad máxima de



un suelo, que es un componente crucial para aplicaciones en ingeniería civil como la construcción de carreteras, cimientos y otros tipos de infraestructuras.

e) Relación de Soporte de California (CBR)

De acuerdo con la norma MTC E132, el propósito principal del Coeficiente de Soporte de California (CBR) es determinar la resistencia potencial de los materiales que se utilizan en subrasantes, subbases y bases de pavimento. Esto incluye materiales que han sido reciclados. Es esencial disponer de este índice para evaluar la capacidad de un suelo o material granular para soportar cargas. Esta evaluación tiene una influencia directa en el diseño y la construcción de pavimentos de carreteras y otros tipos de infraestructuras. Para determinar si un material es capaz o no de soportar las condiciones de presión y tráfico que se dan en las carreteras, se realiza el ensayo CBR.

Equipos Necesarios:

Compactación:

- Molde de metal cilíndrico: Con un diámetro interior de 6 pulgadas, provisto de un collarín de metal de 2 pulgadas, que asegura una forma estandarizada para las muestras.
- Disco espaciador: Utilizado para ajustar y regular la altura de las capas de suelo durante la compactación.
- Pisón de compactación: Herramienta que se usa para compactar el suelo en capas de manera uniforme.
- Aparato medidor de expansión: Se utiliza para medir cualquier expansión del material durante el ensayo.
- Pesas de plomo anular y ranurada: Se emplean para aplicar la sobrecarga durante la prueba y medir la resistencia de la muestra al esfuerzo aplicado.



Prueba de Penetración:

- Pistón de penetración: Este pistón, que tiene una sección transversal circular de 2 pulgadas de diámetro, se utiliza para medir la penetración de la muestra de suelo cuando se le aplica una carga específica.
- Prensa hidráulica: Se emplea para generar y aplicar la carga necesaria para evaluar la penetración del pistón en la muestra de suelo, asegurando que la medición se realice bajo condiciones controladas.
- Dos diales: Estos instrumentos de medición permiten determinar con alta precisión el grado de penetración del pistón en la muestra, facilitando la obtención de resultados exactos.
- Tanque de inmersión de los moldes en agua: En este tanque, se sumergen los moldes que contienen la muestra durante un tiempo determinado, permitiendo la adecuada hidratación o preparación de la muestra antes de proceder con la prueba.
- Estufa: Este equipo mantiene una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, lo cual es esencial para el secado de las muestras cuando sea necesario, asegurando que el proceso se realice de manera controlada y uniforme.
- Balanzas: Se requiere el uso de dos balanzas, una con capacidad de 20 kg y otra con capacidad de 1000 gramos, ambas con sensibilidades de 1 gramo y 0.1 gramos, respectivamente. Estas balanzas permiten pesar las muestras con gran precisión y exactitud, lo cual es fundamental para los cálculos del contenido de humedad y otros análisis.
- Tamices: Se utilizan tamices de 2 pulgadas, 3/4 pulgadas y N° 4 para clasificar y separar el material antes de realizar la prueba, asegurando que las muestras estén adecuadamente preparadas.
- Misceláneos: Este conjunto incluye herramientas adicionales como cuarteadores, mezcladores, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel filtro, cronómetros, extensómetros, entre otros, que son necesarios para llevar a cabo el proceso de prueba de manera eficiente y precisa.



Procedimiento:

a) Preparación de la Muestra:

- La muestra de suelo se tamiza utilizando mallas de 3/4" y N° 4. La fracción que queda retenida en el tamiz de 3/4" se elimina, y se sustituye en la misma proporción por material que se encuentra entre los tamices de 3/4" y N° 4. Este procedimiento de mezcla debe realizarse de manera uniforme para asegurar que se obtenga una muestra completamente homogénea.
- Una vez que la muestra está lista, se extrae la cantidad necesaria para realizar el ensayo de apisonado, lo que equivale a aproximadamente 5 kg por cada molde de CBR. Cabe resaltar que cada muestra se utiliza únicamente una vez durante el ensayo, para evitar variaciones en los resultados.
- A continuación, se determina el contenido de humedad y la densidad máxima de la muestra mediante el método de compactación que se haya seleccionado previamente, lo que garantiza que los parámetros se ajusten a los requisitos del ensayo.
- Si es necesario ajustar el contenido de humedad de la muestra, se agrega la cantidad adecuada de agua para alcanzar el nivel de humedad especificado para el ensayo, asegurando que la muestra cumpla con las condiciones requeridas para la prueba.

b) Elaboración de Especímenes:

- El molde cilíndrico, junto con su base, es inicialmente pesado. Luego, se coloca el collarín, el disco espaciador y el papel filtro grueso, asegurándose de que todos tengan el mismo diámetro.
- A continuación, se agrega agua a la muestra de suelo en la cantidad precisa, y se mezcla adecuadamente con la energía necesaria para alcanzar los niveles óptimos de humedad y densidad. Es esencial que el contenido de humedad de las muestras esté dentro de un rango del 2% para garantizar la consistencia de los resultados.
- Para los suelos granulares, la compactación se lleva a cabo aplicando 55 golpes en la primera capa, 26 golpes en la segunda capa y 12 golpes en la tercera capa,

manteniendo en todo momento la humedad adecuada del material para asegurar una compactación homogénea y eficiente.

- Una vez que la compactación se ha completado, se retira cuidadosamente el collarín, se nivela la parte superior del molde y, finalmente, se voltea el molde para extraer la base perforada y el disco espaciador.
- En la última etapa, se pesa el molde que contiene la muestra compactada, y se calcula tanto la densidad como el contenido de humedad de la muestra, lo que proporciona los datos necesarios para el análisis del ensayo.

c) Inmersión:

- Una vez que se ha determinado la densidad y humedad de la muestra, se coloca un papel filtro sobre la superficie de la muestra compactada, seguido de una placa metálica perforada. Los anillos necesarios se colocan para completar la sobrecarga, que debe ser inferior a 4.54 kg.
- Se toma una lectura inicial de la expansión del suelo, utilizando un trípode de medida. Esta medición se repite cada 24 horas, registrando las lecturas, la fecha y la hora correspondientes. Posteriormente, el molde se sumerge en un tanque lleno de agua, y se mantiene en esta condición durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua constante.
- Al finalizar las 96 horas, se toma la lectura final del deformímetro para calcular el hinchamiento del suelo.
- Luego, se retira el molde del tanque, se drena el exceso de agua libre durante 15 minutos, se retira la sobrecarga y la placa perforada, y finalmente, se pesa la muestra antes de realizar el ensayo de penetración.

d) Penetración:

- Para realizar el ensayo de penetración, se coloca la pesa anular junto con las pesas de plomo sobre la muestra que previamente ha sido sumergida en agua durante el ensayo de hinchamiento. Es importante que la sobrecarga utilizada en esta prueba de

- penetración sea prácticamente igual a la que se empleó durante el ensayo de hinchamiento, asegurando así la consistencia en las condiciones de prueba.
- El molde que contiene la muestra compactada, junto con la sobrecarga, se coloca sobre el dial medidor de forma que permita registrar la penetración del pistón. Se aplica una carga de 50 N (equivalente a 5 kg) sobre la muestra para iniciar el proceso de penetración.
 - Una vez que el pistón está asentado en su lugar, se procede a poner a cero el extensómetro que mide la penetración, y también se ajusta el dial del extensómetro a cero, garantizando una medición precisa desde el inicio del ensayo.
 - La carga necesaria para la penetración del pistón se aplica a través del mecanismo adecuado de la prensa hidráulica, que permite un control preciso de la presión ejercida sobre la muestra.
 - Finalmente, se desmonta el molde y se extrae una muestra de la capa superior de la muestra, en la zona cercana al punto de penetración. Esta muestra se utiliza para determinar su contenido de humedad, lo cual es esencial para evaluar las propiedades del material bajo prueba.

Este proceso completo permite evaluar la capacidad de un suelo o material granular para resistir la penetración bajo condiciones controladas, lo que ayuda a determinar su idoneidad como material de base para pavimentos y otras aplicaciones viales. El CBR es un indicador clave en la ingeniería civil para el diseño de pavimentos, ya que proporciona información sobre la resistencia del suelo a las cargas de tráfico y su comportamiento bajo condiciones de humedad.

3.9.2 *Análisis e interpretación de los resultados*

El análisis e interpretación de los resultados es el proceso mediante el cual el investigador examina y organiza los datos obtenidos durante la investigación para extraer conclusiones significativas y responder a las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio. Este proceso implica el uso de técnicas estadísticas o cualitativas, según



el tipo de datos recolectados, para identificar patrones, relaciones o tendencias dentro de los datos. El análisis busca transformar la información bruta en conocimiento estructurado y comprensible, a través de una interpretación adecuada y rigurosa de los resultados, para hacerlas coherentes con los objetivos de la investigación.

Una vez que los datos han sido analizados, la interpretación consiste en explicar qué significan esos resultados en el contexto de la investigación y cómo se relacionan con el marco teórico o los hallazgos previos. Este paso es esencial para establecer las implicaciones de los resultados, tanto en el ámbito práctico como en el científico. El investigador debe ser objetivo y transparente en la interpretación, evitando sesgos y errores que puedan distorsionar las conclusiones.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos realizados con el objetivo de evaluar el impacto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de la vía Juliaca-Lampa.

Se analizaron diferentes proporciones de pavimento asfáltico reciclado, específicamente en concentraciones de 5%, 15%, 25% y 40%, con el fin de determinar cómo cada porcentaje influye en las características del material.

Los resultados se presentarán de manera clara mediante tablas y gráficos, lo que permitirá una visualización efectiva de las variaciones en los parámetros evaluados. Además, se incluirá un análisis detallado y explicativo de los resultados obtenidos, en el que se abordarán las posibles causas de los efectos observados, así como sus implicaciones en el comportamiento de la base granular para el mejoramiento de la infraestructura vial.

❖ Características de la base granular existente

Se muestran la gradación de material explorado en diferentes calicatas.

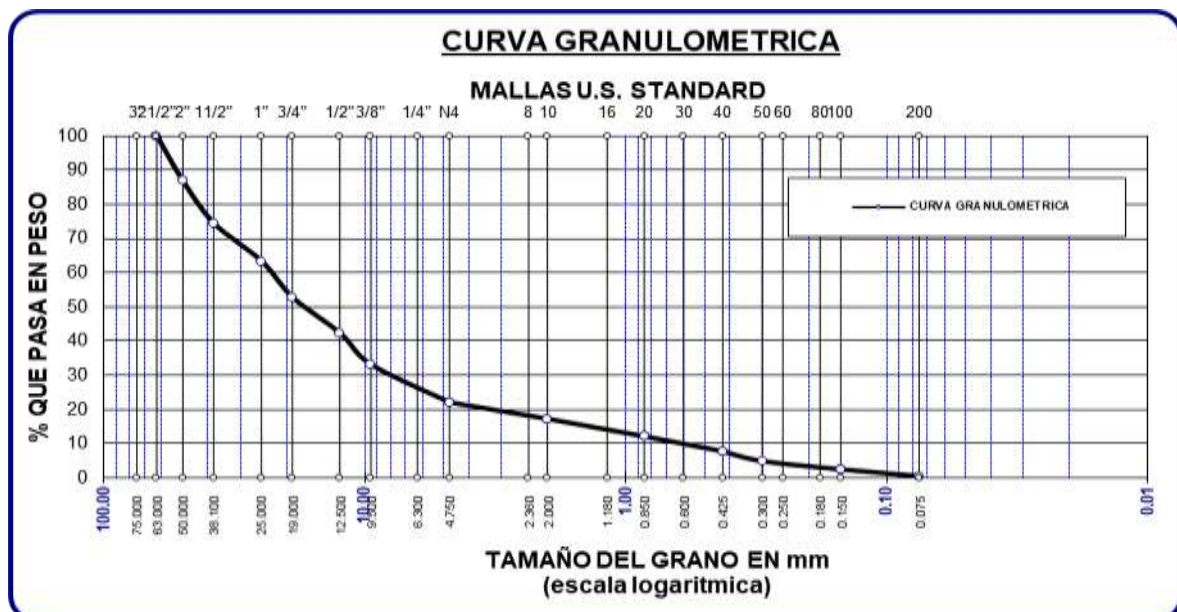
Tabla 2

Material gradado en la exploración 1

Tamices	P. retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	462.28	13.21	13.21	86.79
1 1/2"	432.68	12.36	25.57	74.43
1"	387.59	11.07	36.64	63.36
3/4"	372.54	10.64	47.29	52.71
1/2"	365.78	10.45	57.74	42.26
3/8"	321.66	9.19	66.93	33.07
No4	388.54	11.10	78.03	21.97
No10	168.54	4.82	82.85	17.15
No20	179.58	5.13	87.98	12.02
No40	154.24	4.41	92.38	7.62
No 50	99.87	2.85	95.24	4.76
No100	84.26	2.41	97.64	2.36
No200	69.75	1.99	99.64	0.36
BASE	12.69	0.36	100.00	0.00
TOTAL	3500.00	100.00		
% PERDIDA	0.36			

Figura 3

Material gradado en la exploración 1



La clasificación de la base granular en la exploración 1 es de una grava limosa con presencia de arcillas (GM- GC).

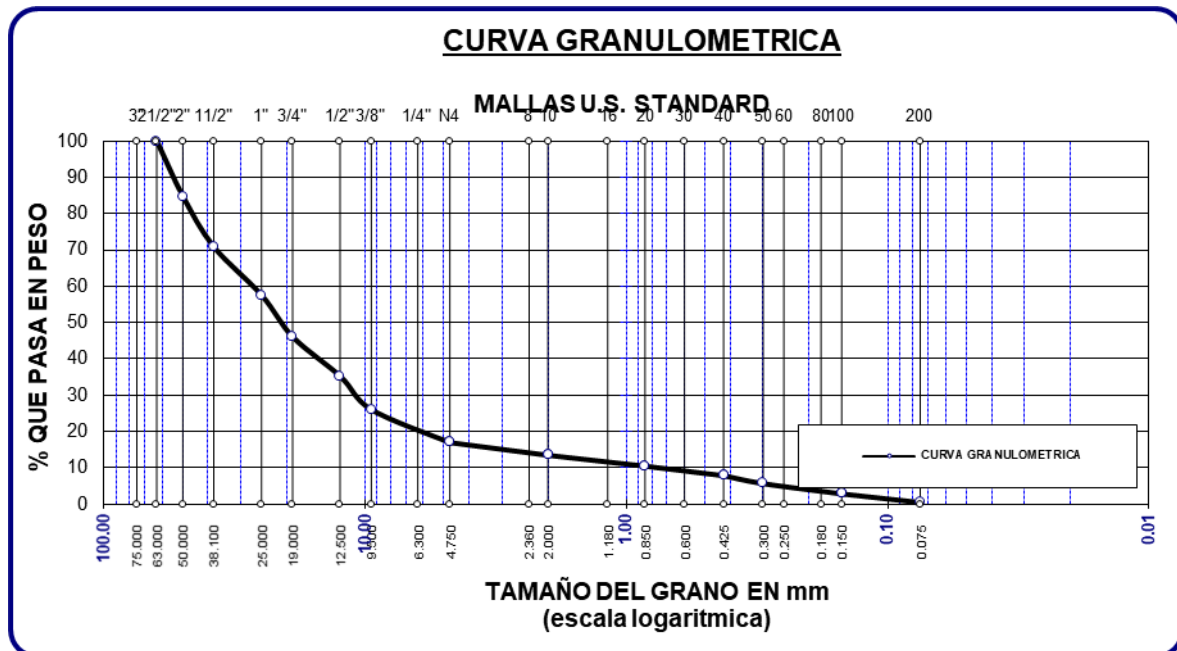
Tabla 3

Material gradado en la exploración 2

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	458.94	15.30	15.30	84.70
1 1/2"	415.89	13.86	29.16	70.84
1"	397.63	13.25	42.42	57.58
3/4"	344.56	11.49	53.90	46.10
1/2"	324.56	10.82	64.72	35.28
3/8"	274.56	9.15	73.87	26.13
No4	271.78	9.06	82.93	17.07
No10	104.36	3.48	86.41	13.59
No20	89.45	2.98	89.39	10.61
No40	78.62	2.62	92.01	7.99
No 50	65.74	2.19	94.20	5.80
No100	84.56	2.82	97.02	2.98
No200	71.68	2.39	99.41	0.59
BASE	17.67	0.59	100.00	0.00
TOTAL	3000.00	100.00		
% PERDIDA	0.59			

Figura 4

Material gradado en la exploración 2



La clasificación de la base granular en la exploración 2 es de una grava bien graduada con presencia de limos (GW-GM).

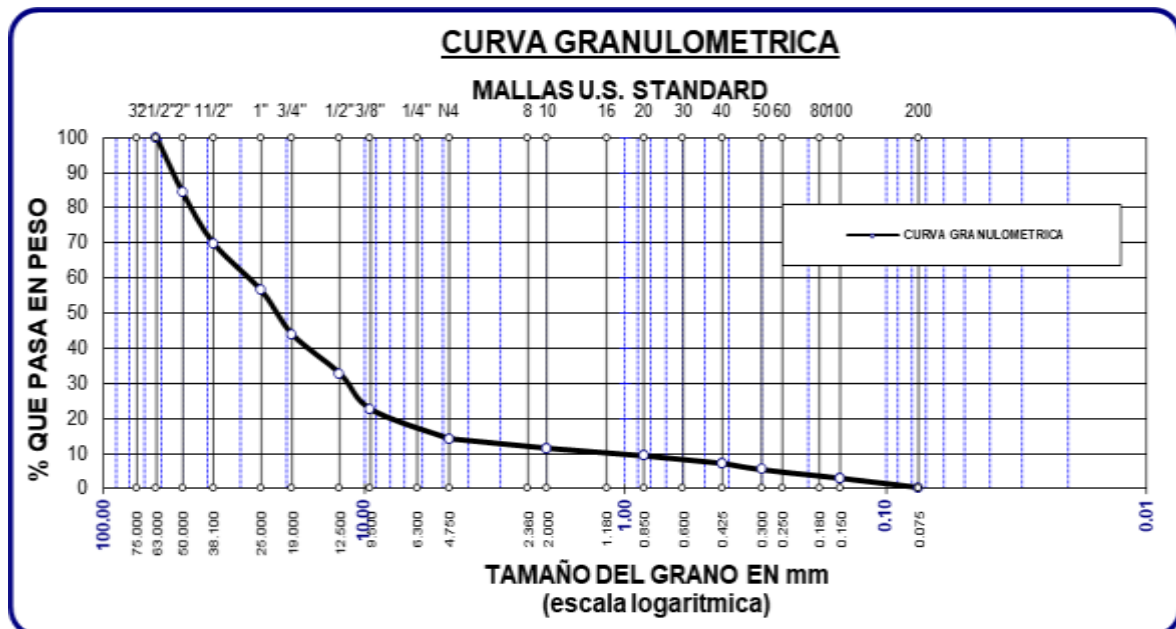
Tabla 4

Material gradado en la exploración 3

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	472.58	15.75	15.75	84.25
1 1/2"	432.11	14.40	30.16	69.84
1"	402.87	13.43	43.59	56.41
3/4"	374.56	12.49	56.07	43.93
1/2"	332.87	11.10	67.17	32.83
3/8"	305.58	10.19	77.35	22.65
No4	251.54	8.38	85.74	14.26
No10	81.47	2.72	88.45	11.55
No20	65.23	2.17	90.63	9.37
No40	63.27	2.11	92.74	7.26
No 50	54.74	1.82	94.56	5.44
No100	72.68	2.42	96.98	3.02
No200	79.54	2.65	99.63	0.37
BASE	10.96	0.37	100.00	0.00
TOTAL	3000.00	100.00		
% PERDIDA	0.37			

Figura 5

Material gradado en la exploración 3



La clasificación de la base granular en la exploración 3 es de una grava mal graduada con presencia de limos (GP-GM).

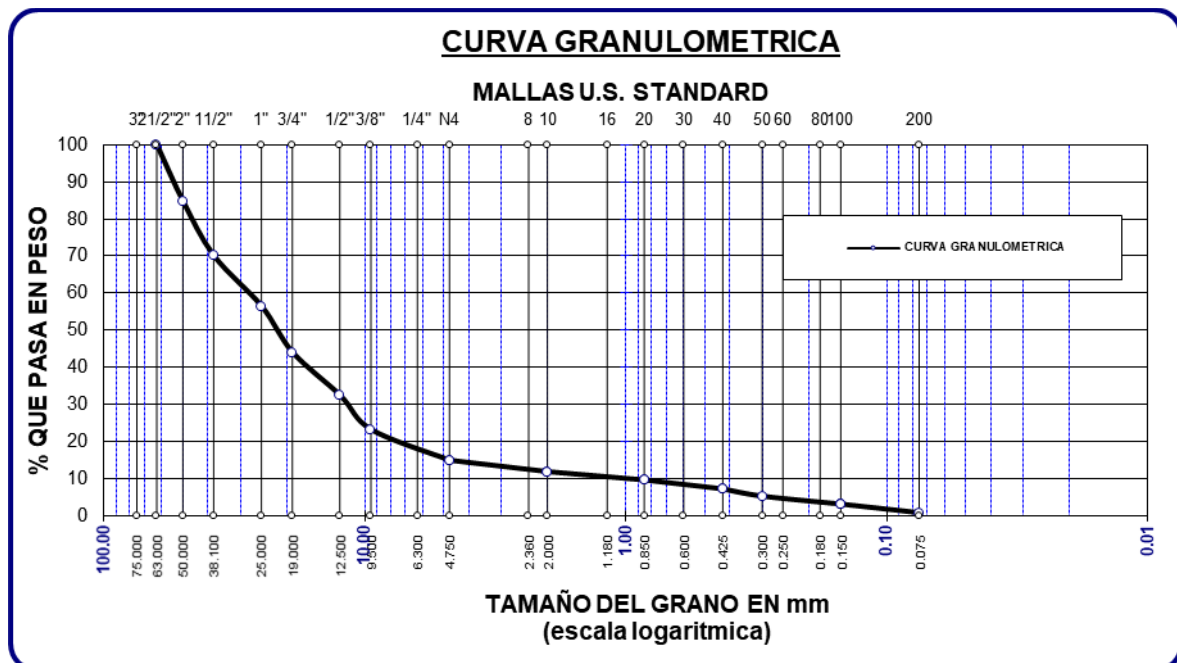
Tabla 5

Material gradado en la exploración 4

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	457.89	15.26	15.26	84.74
1 1/2"	441.26	14.71	29.97	70.03
1"	408.63	13.62	43.59	56.41
3/4"	374.26	12.48	56.07	43.93
1/2"	347.26	11.58	67.64	32.36
3/8"	277.23	9.24	76.88	23.12
No4	248.63	8.29	85.17	14.83
No10	92.45	3.08	88.25	11.75
No20	67.48	2.25	90.50	9.50
No40	72.48	2.42	92.92	7.08
No 50	58.66	1.96	94.87	5.13
No100	64.21	2.14	97.01	2.99
No200	70.24	2.34	99.36	0.64
BASE	19.32	0.64	100.00	0.00
TOTAL	3000.00	100.00		
% PERDIDA	0.64			

Figura 6

Material gradado en la exploración 4



La clasificación de la base granular en la exploración 3 es de una grava mal graduada con presencia de limos (GP- GM).

❖ Características del pavimento asfáltico reciclado

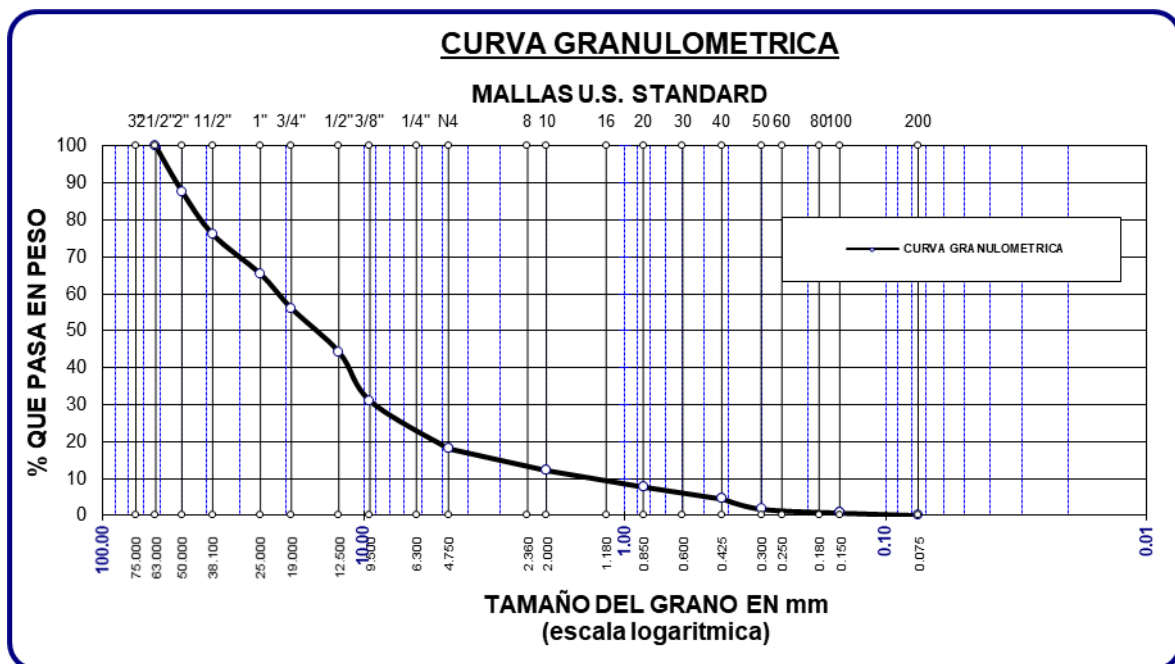
Tabla 6

Material gradado del pavimento asfáltico reciclado

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	365.89	12.20	12.20	87.80
1 1/2"	349.71	11.66	23.85	76.15
1"	321.67	10.72	34.58	65.42
3/4"	280.32	9.34	43.92	56.08
1/2"	354.78	11.83	55.75	44.25
3/8"	396.21	13.21	68.95	31.05
No4	388.24	12.94	81.89	18.11
No10	176.78	5.89	87.79	12.21
No20	134.55	4.49	92.27	7.73
No40	97.23	3.24	95.51	4.49
No 50	82.74	2.76	98.27	1.73
No100	31.65	1.06	99.33	0.67
No200	20.23	0.67	100.00	0.00
BASE	0.00	0.00	100.00	0.00
TOTAL	3000.00	100.00		
% PERDIDA	0.00			

Figura 7

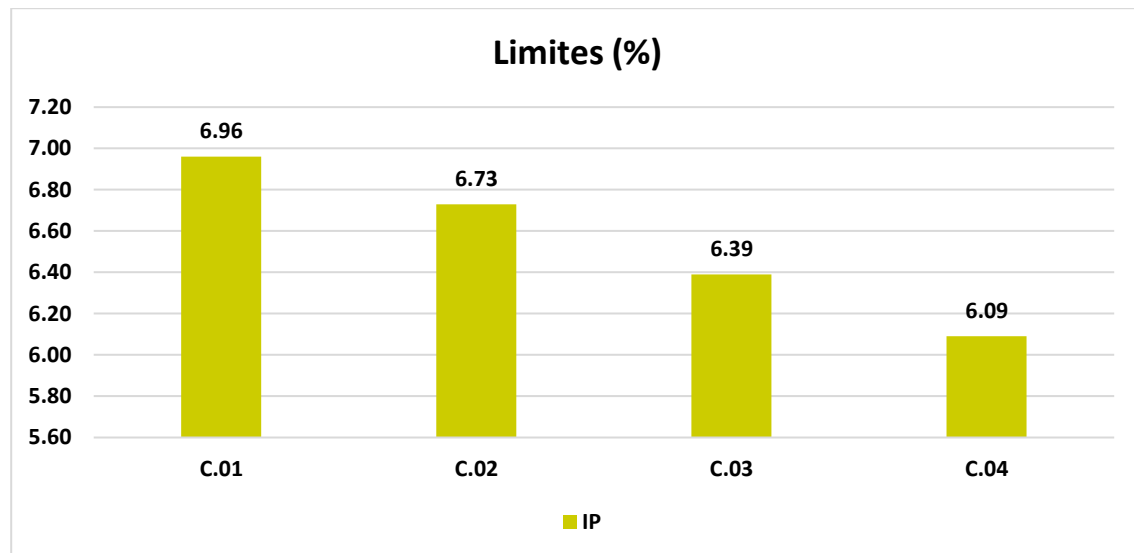
Material gradado del pavimento asfáltico reciclado



4.1.1 Estado actual de la capa de base granular del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa

Tabla 7*Límites de consistencia de la base granular*

Límites	Puntos exploratorios			
	C.01	C.02	C.03	C.04
LL %	12.78	11.90	11.73	12.26
LP %	5.82	5.17	5.34	6.17
IP %	6.96	6.73	6.39	6.09
Promedio IP	6.54%			
IP según MTC debería de ser un 2% como mínimo y 4% como máximo				

Figura 8*Comparación de límites de consistencia de la base granular*

El índice de plasticidad (IP) promedio de la base granular en la vía Juliaca – Lampa es de 6.54%, calculado a partir de los valores obtenidos en los puntos exploratorios (6.96%, 6.73%, 6.39% y 6.09%). Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), el IP debería estar entre 2% y 4%, lo que indica que el material de la vía excede los límites recomendados.

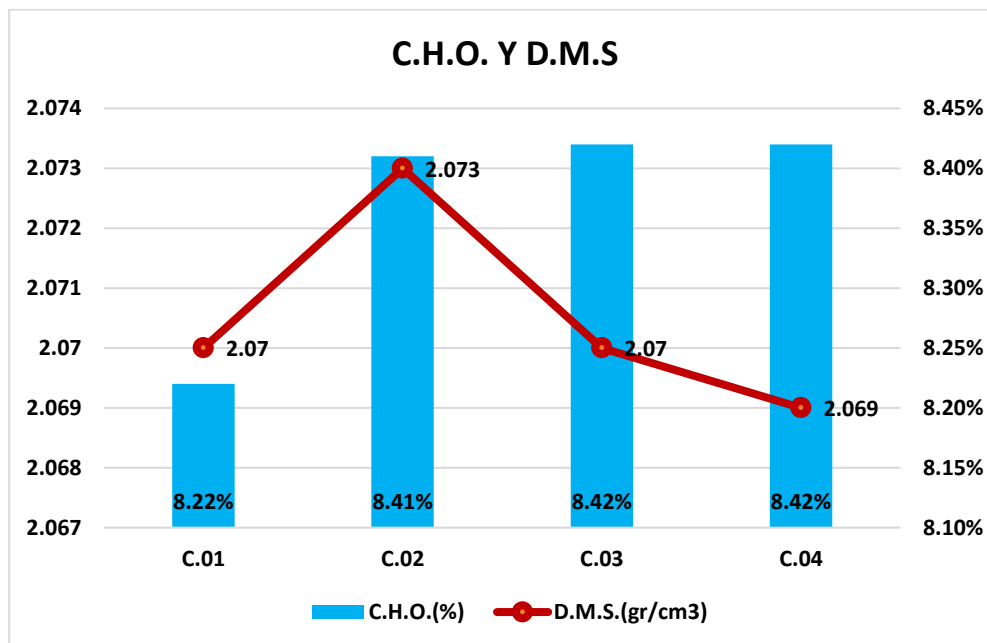
Tabla 8

Óptima humedad y densidad seca-Base

Detalles	Puntos exploratorios			
	C.01	C.02	C.03	C.04
OCH (%)	8.22%	8.41%	8.42%	8.42%
MDS (gr/cm ³)	2.07	2.073	2.07	2.069
Promedio OCH	8.37%			
Promedio MDS	2.071 gr/cm³			

Figura 9

Óptima humedad y densidad seca-Base



Se muestra los valores de la óptima humedad (OCH) y densidad seca (MDS) en cuatro puntos exploratorios (C.01, C.02, C.03, C.04). Los valores de OCH oscilan entre 8.22% y 8.42%, con un promedio de 8.37%, mientras que los valores de MDS varían entre 2.069 y 2.073 gr/cm³, con un promedio de 2.071 gr/cm³. Los resultados indican una ligera variabilidad en los dos parámetros entre los puntos analizados.

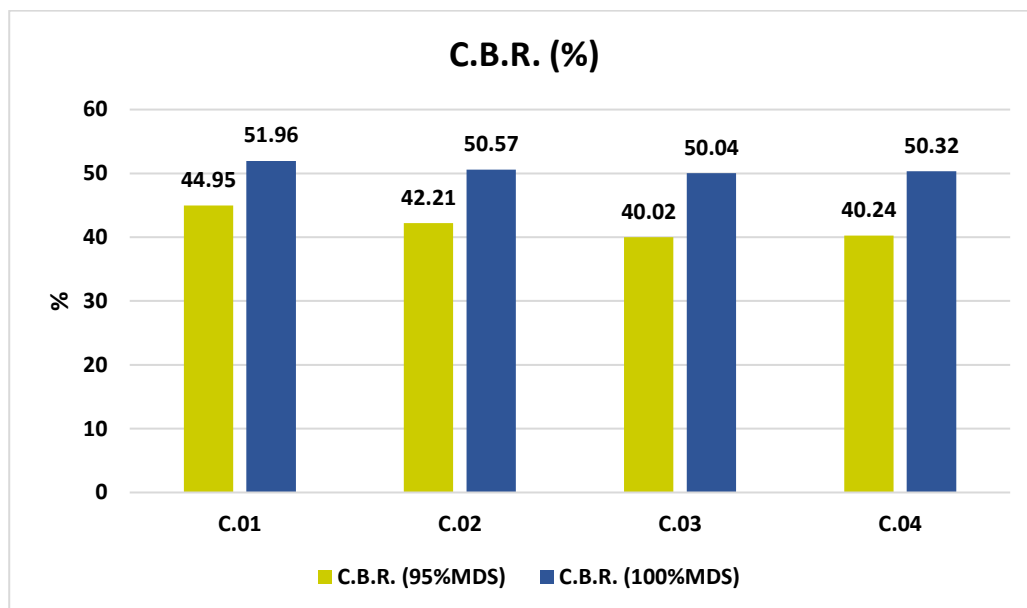
Tabla 9

CBR de la base granular

Detalles	C.B.R. (95%MDS)	C.B.R. (100%MDS)	CBR requerido según el MTC
C.01	44.95	51.96	80% al 100% de la MDS
C.02	42.21	50.57	
C.03	40.02	50.04	
C.04	40.24	50.32	
Promedio	41.86 %	50.72 %	

Figura 10

Comparación de CBR de la base granular

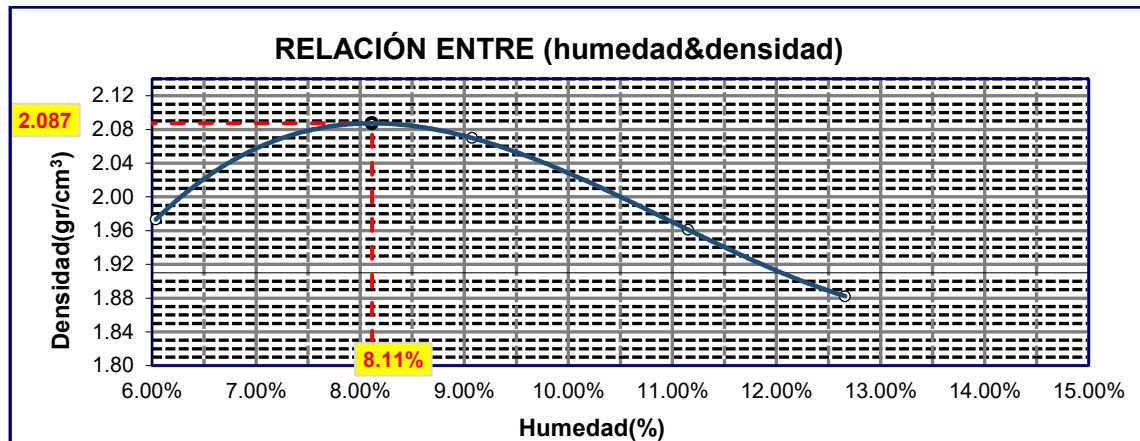


Se muestra los resultados de la prueba CBR para la base en dos condiciones de humedad (95% MDS y 100% MDS) en cuatro puntos exploratorios (C.01, C.02, C.03, C.04). Los valores de CBR para 95% MDS oscilan entre 40.02 y 44.95, con un promedio de 41.86, mientras que los valores para 100% MDS varían entre 50.04 y 51.96, con un promedio de 50.72.

4.1.2 Influencia de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado en el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de la base granular

Figura 11

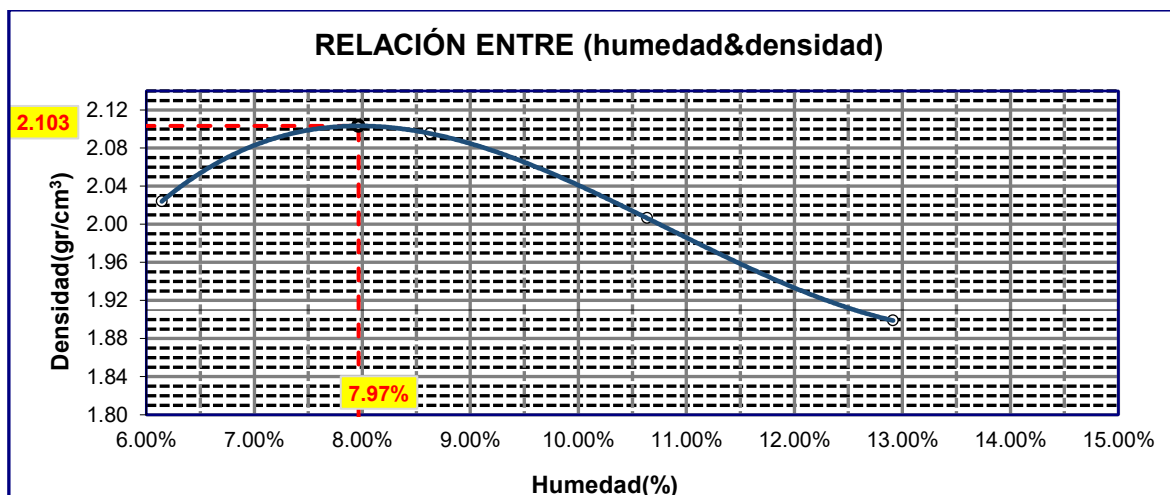
Correspondencia entre humedad y densidad con 5% de PAR



Se muestra la relación entre la humedad y la densidad de la base granular con un 5% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). El valor máximo de densidad se alcanza a una humedad de 8.11%, con un valor de 2.087 gr/cm³.

Figura 12

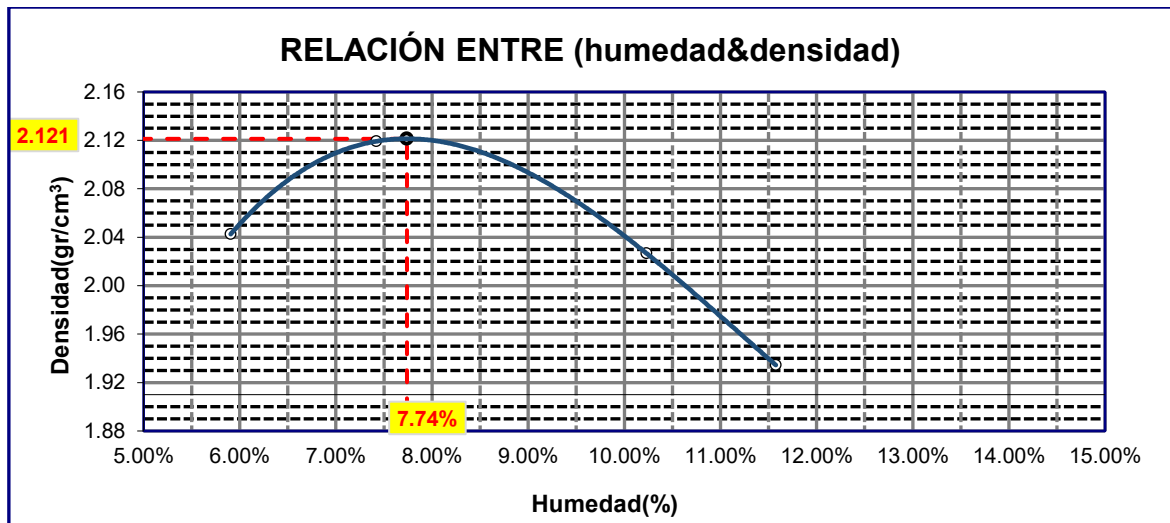
Correspondencia entre humedad y densidad con 15% de PAR



Se muestra la relación entre la humedad y la densidad de la base granular con un 15% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). El valor máximo de densidad se alcanza a una humedad de 7.97%, con un valor de 2.103 gr/cm³.

Figura 13

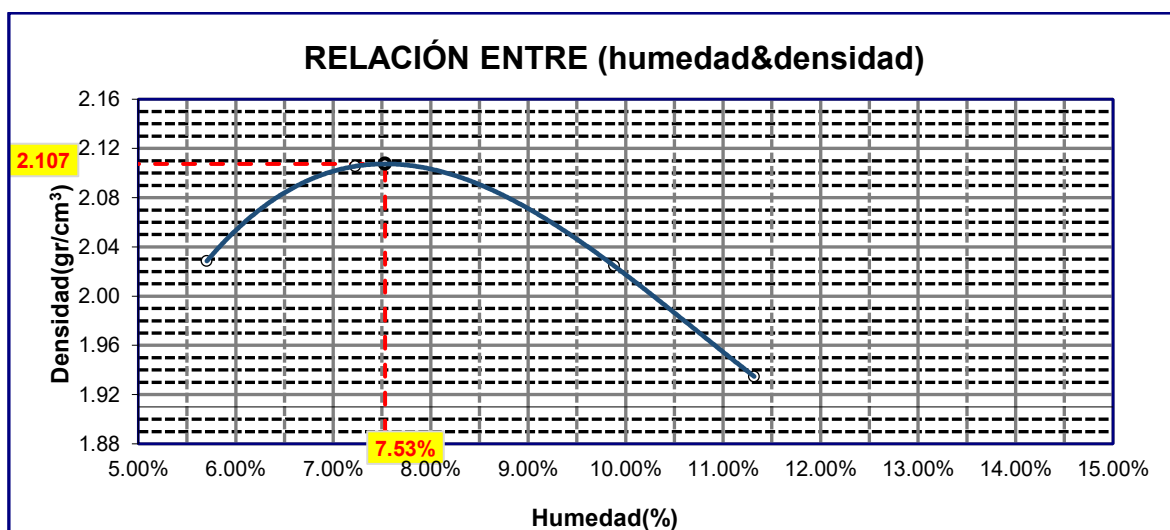
Correspondencia entre humedad y densidad con 25% de PAR



Se muestra la relación entre la humedad y la densidad de la base granular con un 25% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). El valor máximo de densidad se alcanza a una humedad de 7.74%, con un valor de 2.121 gr/cm³.

Figura 14

Correspondencia entre humedad y densidad con 40% de PAR



Se muestra la relación entre la humedad y la densidad de la base granular con un 40% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). El valor máximo de densidad se alcanza a una humedad de 7.53%, con un valor de 2.107 gr/cm³.

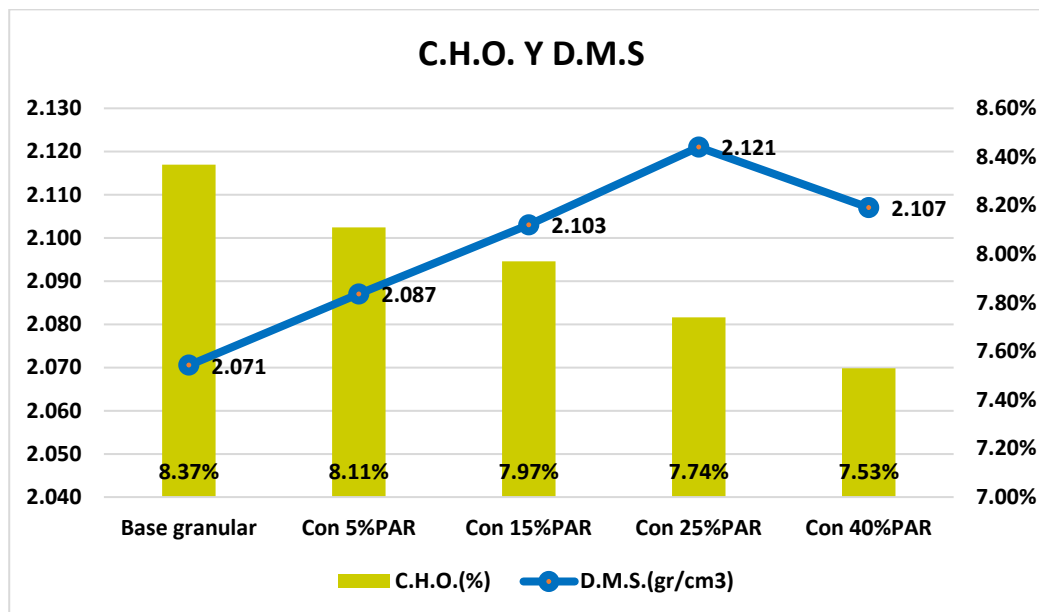
Tabla 10

Comparación de optima humedad y densidad seca

Detalles	OCH (%)	MDS (gr/cm3)
Base granular	8.37%	2.071
Con 5%PAR	8.11%	2.087
Con 15%PAR	7.97%	2.103
Con 25%PAR	7.74%	2.121
Con 40%PAR	7.53%	2.107

Figura 15

Comparación de optima humedad y densidad seca-Base

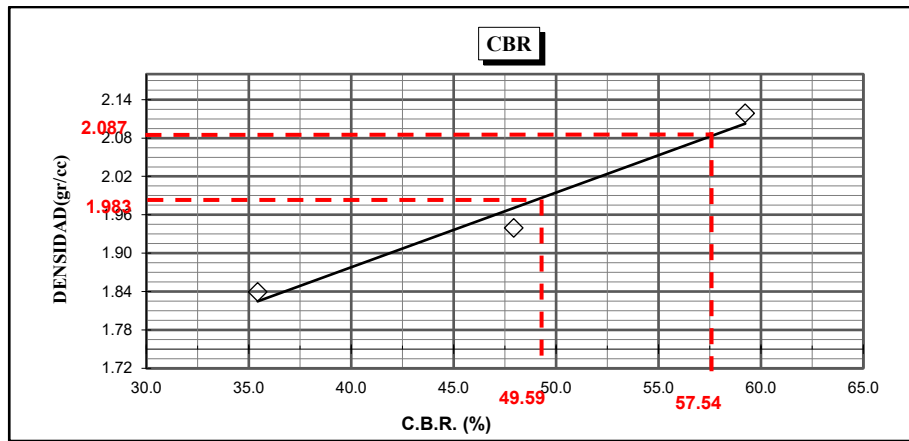


Se muestra la comparación de (OCH) y (MDS) de la base granular y de mezclas con diferentes porcentajes de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). La OCH disminuye a medida que aumenta el porcentaje de PAR, comenzando desde 8.37% para la base granular hasta 7.53% para la mezcla con 40% de PAR. En cuanto a la MDS, aumenta de 2.071 gr/cm³ en la base granular a 2.121 gr/cm³ con 25% de PAR, antes de disminuir ligeramente a 2.107 gr/cm³ con 40% de PAR.

4.1.3 Efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre el CBR de la base granular de la vía Juliaca – Lampa.

Figura 16

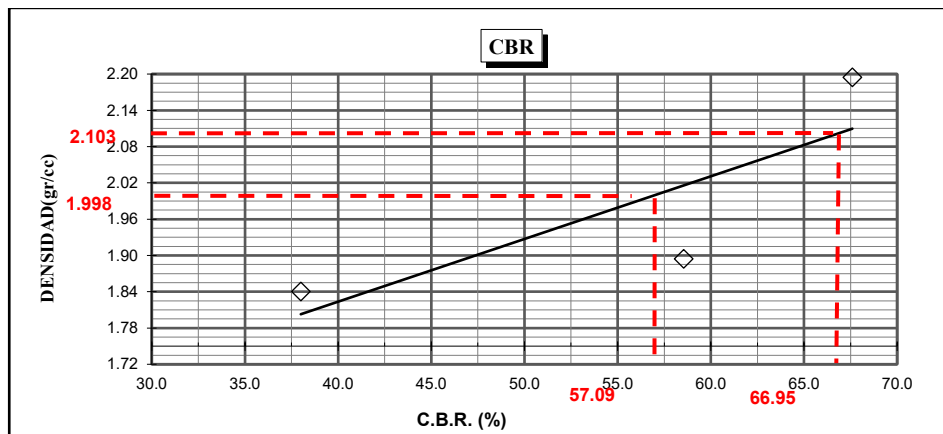
CBR con 5% de PAR



Se muestra la relación entre el CBR y la densidad para una base granular con 5% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). Los puntos indicados en la gráfica muestran una tendencia ascendente de densidad en función del CBR, con una densidad de 2.087 gr/cm³ a un CBR de 57.54% y una densidad de 1.993 gr/cm³ a un CBR de 49.59%.

Figura 17

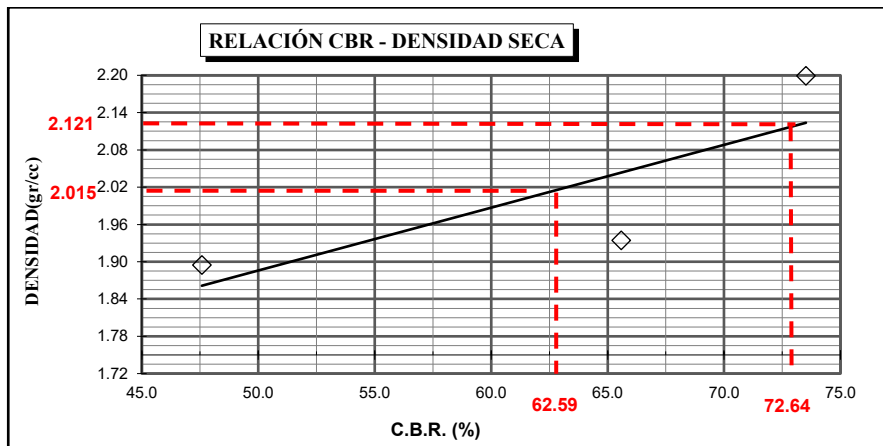
CBR con 15% de PAR



Se muestra la relación entre el CBR y la densidad para una base granular con 15% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). Los puntos indicados en la gráfica muestran una tendencia ascendente de densidad en función del CBR, con una densidad de 2.103 gr/cm³ a un CBR de 66.95% y una densidad de 1.998 gr/cm³ a un CBR de 57.09%.

Figura 18

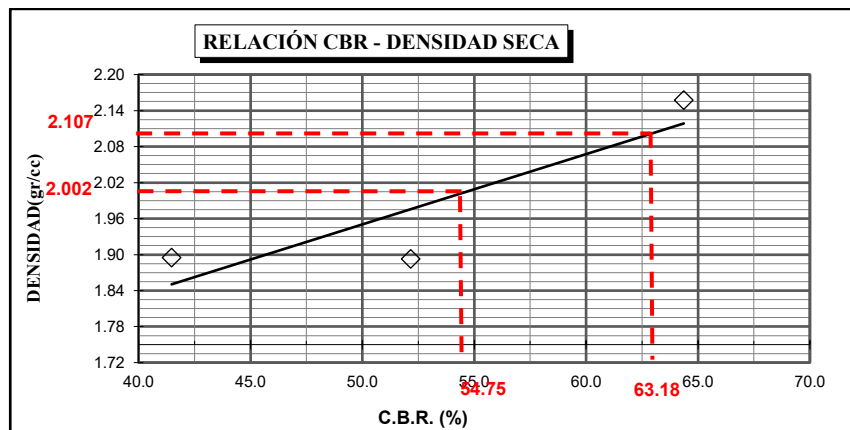
CBR con 25% de PAR



Se muestra la relación entre el CBR y la densidad para una base granular con 25% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). Los puntos indicados en la gráfica muestran una tendencia ascendente de densidad en función del CBR, con una densidad de 2.121 gr/cm³ a un CBR de 72.64% y una densidad de 2.015 gr/cm³ a un CBR de 62.59%.

Figura 19

CBR con 40% de PAR



Se muestra la relación entre el CBR y la densidad para una base granular con 40% de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). Los puntos indicados en la gráfica muestran una tendencia ascendente de densidad en función del CBR, con una densidad de 2.107 gr/cm³ a un CBR de 63.18% y una densidad de 2.002 gr/cm³ a un CBR de 54.75%.

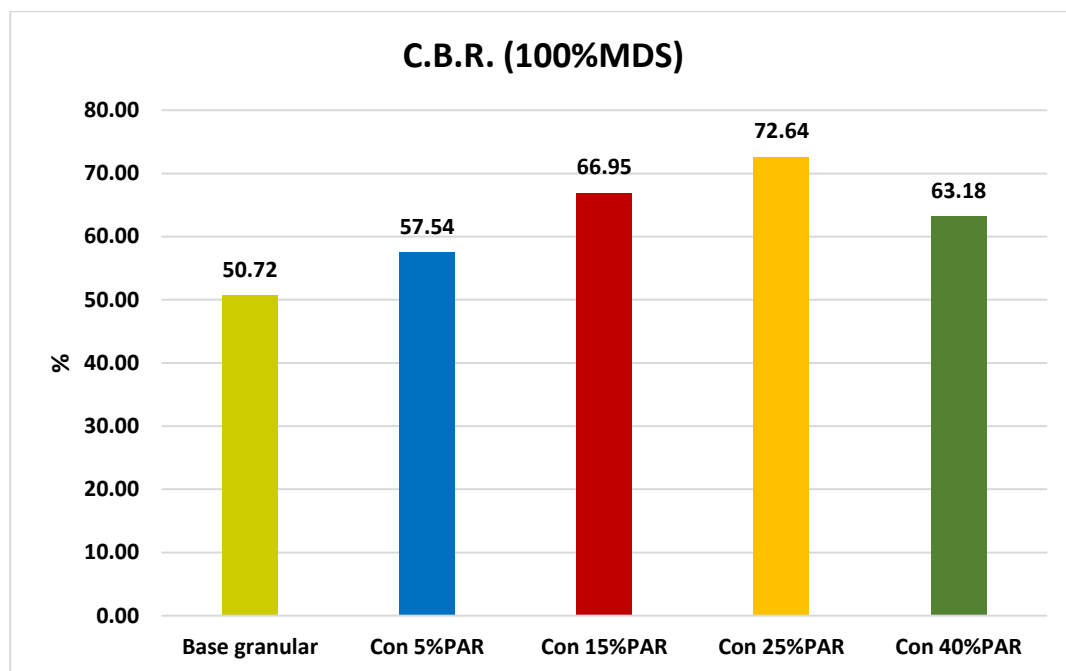
Tabla 11

CBR

Detalles	C.B.R. (100%MDS)
Base granular	50.72 %
Con 5%PAR	57.54 %
Con 15%PAR	66.95 %
Con 25%PAR	72.64 %
Con 40%PAR	63.18 %

Figura 20

CBR



Se muestra los resultados del CBR para diferentes mezclas de base granular con distintos porcentajes de Pavimento Asfáltico Reciclado (PAR). Los valores de CBR aumentan con el incremento de PAR: de 50.72 para la base granular a 57.54 con 5% PAR, 66.95 con 15% PAR, 72.64 con 25% PAR, y 63.18 con 40% PAR. Esto indica una mejora en la resistencia a la penetración conforme se aumenta la cantidad de PAR en la mezcla.



4.2 Discusión de Resultados

A partir de los antecedentes analizados, se observa que el uso de materiales reciclados en la pavimentación y estabilización de suelos ha mostrado resultados positivos tanto en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los materiales como en la sostenibilidad y reducción de costos. Estos estudios sirven de base para comprender los efectos que el pavimento asfáltico reciclado puede tener en la calidad de las bases granulares y las subbases en proyectos viales, como el de la vía Juliaca-Lampa.

El estudio de Poma Meza (2024) sobre la reutilización de pavimento asfáltico deteriorado para la reconstrucción de pavimentos en la avenida Perú revela que el uso de material reciclado no solo es una opción viable para reducir costos, sino también para mejorar la durabilidad y calidad del pavimento. En su caso, se logró una reducción de costos de hasta el 17.3% en comparación con un diseño convencional, lo que demuestra la eficacia del reciclaje en pavimentación, alineándose con los beneficios observados en el presente estudio al aplicar pavimento asfáltico reciclado en diferentes proporciones en la vía Juliaca-Lampa. Este tipo de enfoques no solo optimizan el uso de recursos, sino que también responden a la necesidad de soluciones sostenibles en la infraestructura vial.

Por otro lado, el trabajo de Herbas & Garrafa (2024) refuerza la idea de que la adición de materiales reciclados, como el RAP (pavimento asfáltico reciclado), mejora significativamente las propiedades mecánicas de los materiales. En su investigación, el aumento en el CBR (índice de resistencia de suelos) al agregar un 10% de RAP muestra una mejora del 123.93% respecto al material patrón. Este hallazgo es crucial para comprender cómo las distintas proporciones de pavimento reciclado podrían impactar la resistencia y durabilidad de las bases granulares en la vía Juliaca-Lampa, especialmente al trabajar con porcentajes de 5%, 15%, 25% y 40% como en este estudio. Sin embargo, también es importante considerar que, a medida que aumenta el porcentaje de RAP más allá del 10%, las propiedades del material comienzan a decrecer, lo que destaca la



importancia de encontrar una proporción óptima para maximizar los beneficios sin comprometer la calidad.

Los antecedentes locales también ofrecen un valioso aporte, como se observa en el estudio de Quispe (2024), que evaluó el uso de ceniza de Queñoa y desperdicios ladrilleros triturados para mejorar las propiedades de la subbase de pavimentos en la carretera Juliaca-Coata. El estudio muestra que la adición de estos materiales mejora significativamente la resistencia a las cargas vehiculares y las propiedades físicas del material granular de la subbase, lo que permite una reducción de espesores sin comprometer la funcionalidad del pavimento. Este hallazgo es relevante para la investigación actual, ya que subraya cómo la incorporación de materiales reciclados o de desecho, como el pavimento asfáltico reciclado, puede mejorar no solo la resistencia, sino también la eficiencia en el uso de los recursos.

Además, el estudio de Zela (2024), que explora la estabilización de la subrasante con residuos de construcción, también ofrece una perspectiva interesante sobre la reutilización de materiales en la pavimentación. Al incorporar residuos de construcción en la subrasante, se optimizan los recursos disponibles, lo que resalta la importancia de adoptar enfoques sostenibles y circulares en los proyectos de infraestructura vial. En el contexto de la vía Juliaca-Lampa, la implementación de pavimento reciclado podría complementar otras estrategias de reutilización de materiales, contribuyendo a la sostenibilidad general del proyecto.

En conclusión, los resultados obtenidos en los estudios previos respaldan la hipótesis de que la aplicación de pavimento asfáltico reciclado en proporciones variables puede tener un efecto positivo sobre las propiedades de las bases granulares, mejorando la calidad y durabilidad de las infraestructuras viales. Los beneficios económicos y ambientales, junto con la mejora de las propiedades mecánicas del material, hacen del pavimento reciclado una opción cada vez más atractiva para proyectos de pavimentación como el de la vía Juliaca-Lampa. Sin embargo, es fundamental determinar la proporción



óptima de reciclado que maximice estos beneficios sin afectar negativamente la resistencia del material, tal como se destacó en los estudios anteriores.



CONCLUSIONES

Primera, la incorporación de pavimento asfáltico reciclado mostró mejoras en las propiedades de la base granular, aumentando la densidad seca y reduciendo el contenido de humedad a medida que incrementaba el porcentaje de pavimento reciclado. Además, el estudio evidenció una mejora significativa en el CBR, con un aumento progresivo de los valores conforme se aumentaba la proporción de pavimento asfáltico reciclado, alcanzando su punto más alto con un 25%. Estos resultados sugieren que el uso de pavimento asfáltico reciclado es una opción efectiva para mejorar las propiedades de la base granular en la vía Juliaca – Lampa.

Segunda, el análisis del estado actual de la capa de base granular en la vía Juliaca – Lampa muestra propiedades variables, reflejando una capa de baja calidad. El índice de plasticidad promedio de 6.54 indica plasticidad moderada. La humedad óptima (8.37%) y la densidad seca (2.071 gr/cm^3) presentan ligera variabilidad, lo que sugiere que la base no alcanza su resistencia óptima. Los valores de CBR, que oscilan entre 50.04 y 51.96, con un promedio de 50.72% lo que indican una resistencia limitada a las cargas vehiculares según normativa.

Tercera, la aplicación de pavimento asfáltico reciclado mejoró el contenido óptimo de humedad y la densidad seca de la base granular en la vía Juliaca – Lampa. A medida que aumentó el porcentaje de pavimento asfáltico reciclado, el contenido de humedad disminuyó: con un 5% fue 8.11%, con 15% fue 7.97%, y con 40% alcanzó 7.53%. Por otro lado, la densidad seca aumentó con el incremento de pavimento asfáltico reciclado, pasando de 2.087 gr/cm^3 con 5%, a 2.103 gr/cm^3 con 15%, y a 2.121 gr/cm^3 con 25%, pero con un 40% se logró una densidad de 2.107 gr/cm^3 .

Cuarta, el estudio del efecto del pavimento asfáltico reciclado sobre el CBR de la base granular demuestra una mejora significativa en la resistencia a la penetración de la base



con el incremento de pavimento asfáltico reciclado. Los resultados muestran un aumento progresivo en los valores de CBR: el valor inicial de 50.72 para la base granular sin pavimento asfáltico reciclado aumentó a 57.54 con 5% de pavimento asfáltico reciclado, 66.95 con 15%, 72.64 con 25%, y 63.18 con 40%.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda continuar con la aplicación de pavimento asfáltico reciclado en las capas de base granular de las vías, ya que los resultados demostraron una mejora significativa en las propiedades mecánicas de la base, como la densidad seca y la resistencia al CBR.

Segunda, se recomienda explorar el uso de otros materiales reciclados en combinación con el pavimento asfáltico reciclado, como residuos plásticos, cenizas de materiales industriales o goma de neumáticos, para analizar su impacto sobre las propiedades de la base granular.

Tercera, se recomienda realizar investigaciones sobre cómo el tráfico pesado afecta el comportamiento de la base granular mejorada con pavimento asfáltico reciclado podría ser de gran utilidad. Esto podría incluir estudios sobre el desgaste de la base granular y su capacidad para soportar el aumento del volumen de carga vehicular, así como la correlación entre el índice CBR y el tráfico real en la vía.

Cuarta, se sugiere llevar a cabo un análisis económico detallado de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado en la mejora de la base granular. Este estudio podría comparar el costo-beneficio de utilizar materiales reciclados versus materiales vírgenes, considerando no solo el ahorro de costos en la construcción, sino también el impacto ambiental y los beneficios a largo plazo en la durabilidad de las infraestructuras viales.

**BIBLIOGRAFÍA**

- Adhikari, S., Khattak ,Mohammad J., & and Adhikari, B. (2020). Mechanical characteristics of Soil-RAP-Geopolymer mixtures for road base and subbase layers. *International Journal of Pavement Engineering*, 21(4), 483-496.
<https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1492131>
- Aguilar Tarazona, W. D., & Torres Gámez, J. E. (2024). Estabilización de material de base granular (bg-38) y subbase granular (sbg-38), con el uso de rap procedente del material de rechazo de una planta de producción.
<https://catalogobiblioteca.ufps.edu.co/cgi-bin/koha/opac-retrieve-file.pl?id=f4513b9b9f66364aaff65b242b16089f>.
<https://repositorio.ufps.edu.co/handle/ufps/9081>
- Arshad, M. (2020). Laboratory investigations on the mechanical properties of cement treated RAP-natural aggregate blends used in base/subbase layers of pavements. *Construction and Building Materials*, 254, 119234.
<https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119234>
- Bertolotto Esquivel, J. L. (2023). *Efecto de la sustitución de arenas bituminosas RAP como agregado en las propiedades mecánicas de micropavimentos, Huancayo 2023*.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9899>
- Campos Rodríguez, J. L., & Vega Arroyo, A. E. (2019). Estabilización de suelos con concreto asfáltico reciclado el el PJ. Dos de Mayo—Chimbote. *Repositorio Institucional - UNS*. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/3687>
- Carpio Garcés, S. H., & Mosqueira Niño De Guzman, E. C. (2020). Incorporación de material reciclado de asfalto en mezcla asfáltica para diseño de pavimento, Jirón Ayacucho km1,Talavera, Andahuaylas, 2020. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82998>



- Chávez Zúñiga, M. del P. (2021). *Influencia del cemento Viforte en estabilización de pavimento asfáltico reciclado envejecido en la carretera Costanera 2, Vichayal, Piura, 2021.*
- Conto Torres, F. J., López Bocanegra, J. H., & Herrera Anaya, R. D. (2019). *Evaluación técnica económica y ambiental del RAP (Recycled Asphalt Pavement) como alternativa sostenible para el uso de afirmado de base y sub-base en vías.* <https://hdl.handle.net/20.500.12494/13507>
- Dioses Duran, J. A. (2022). *Uso de agregados reciclados para la construcción de un pavimento flexible en la ciudad de Chiclayo.* <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5474>
- Flores Mori, J. C. (2022). *Matriz de pavimento definitivo vs pavimento reciclado existente en la determinación del pavimento rentable.*
- García, B., & Karina, V. (2022). *Revisión de literatura sobre el uso de asfalto flexible reciclado (RAP) como alternativa para la pavimentación de vías terciarias y el efecto económico en la construcción y mantenimiento de la vía.* <https://hdl.handle.net/20.500.12494/45115>
- Gómez Rojas, O. E. (2018). *Evaluación de las especificaciones técnicas para el uso del asfalto natural procedente de la mina la milagrosa (Norcasia –Caldas) en afirmado, base y sub bases granulares.* <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/5618>
- Guzmán-Ortiz, D. V., Hernández-Zaragoza, J. B., López-Lara, T., Horta-Rangel, J. M., & Giraldo-Posada, D. A. (2021). Uso de agregado de pavimento asfáltico reciclado para un pavimento rígido. *Ingeniería, investigación y tecnología*, XXII(1), 1-11.
- Hinojosa Huaman, J. H. (2022). Influencia de materiales reciclados de escombros para la subbase del Pavimento Flexible en la Av. Central, SJM-Lima 2022. *Repositorio Institucional - UCV.* <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/124024>



- Huaman Matos, E. D. (2023). *Efecto de la aplicación del rejuvenecedor cecabase RWI en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas recicladas RAP - Huancayo 2023.*
- Kadhun, R. K., & Al-Jumaili, M. A. (2024). Impact of adding reclaimed asphalt pavement (RAP) on subbase course properties. *AIP Conference Proceedings*, 3249(1), 060025. <https://doi.org/10.1063/5.0238390>
- Lopez Rodriguez, L. E. (2019). *Capacidad de soporte de sub-base granular de pavimentos flexibles con áridos reciclados mixtos seleccionados aplicando 3% de cloruro de magnesio.*
- Maylle Paima, A., & Avila Tarma, P. E. (2023). Elaboración de un diseño de mezcla para la estabilización de un suelo con emulsión asfáltica tipo CSS-1h y pavimento asfáltico reciclado (RAP) basado en el procedimiento de Marshall modificado. *Infraestructura Vial*, 25(44), 1-17. <https://doi.org/10.15517/iv.v25i44.53441>
- Mendoza Viveros, E. L. (2022). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del pavimento flexible adicionando residuos de construcción y demolición en la base granular, Ilo, 2021.*
- Parra Merino, C. J. (2024). *Estabilización del suelo empleando el reciclaje de pavimento en la vía de tercer orden Alao—Pungalá* [bachelorThesis, Riobamba]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/14383>
- Pérez Durán, A. M., & Serrano Sierra, R. (2024). *Análisis del comportamiento mecánico de un suelo fino mezclado con pavimento asfáltico reciclado (rap) y estabilizado con goma xantana.* <https://hdl.handle.net/11227/18594>
- Pérez-Rativa, L. N., & Vásquez-Vanegas, L. A. (2021). *Estudio de una sub base granular estabilizada con Geostab aplicado a vías terciarias.* <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/281b195c-7d96-4526-96b2-245577c3f819>
- Pino, R. (2019). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.*



- Poma Meza, Q. A. (2024). Planteamiento de diseño para la reconstrucción de tramos de pavimento flexible reutilizando el pavimento deteriorado en la av. Perú, Amarillis – Huánuco – 2023. *Universidad de Huánuco*.
<https://repositorio.udh.edu.pe/xmlui/handle/20.500.14257/5024>
- Pradhan, S. K., & Biswal, G. (2022). Utilization of reclaimed asphalt pavement (RAP) as granular sub-base material in road construction. *Materials Today: Proceedings*, 60, 288-293. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.564>
- Quispe, W. O. (2024). Diseño y mejoramiento de subbase de pavimento con ceniza de Queñoa y desperdicios ladrilleros triturados en la carretera Juliaca-Coata, 2024. *Revista Veritas de Difusão Científica*, 5(3), Article 3.
<https://doi.org/10.61616/rvdc.v5i3.332>
- Ruiz Zambrano, D. L. (2019). *Influencia de la temperatura en el módulo resiliente de materiales granulares con diferentes proporciones de RAP (Reclaimed Asphalt Pavement)*. <http://hdl.handle.net/1992/43736>
- Saavedra Ramírez, C. D. (2017). *Evaluación del uso de mezclas asfálticas en caliente y frío fabricadas con RAP (Reclaimed Asphalt Pavement) como material de base en pavimentos rígidos*. <http://hdl.handle.net/1992/34476>
- Sedghi, A., Mohammadirad, S., & Ghorbani, M. (2023). RAP Inclusion to Overcome Brittle Behavior and Enhance Strength of CWA–Lime-Treated Clay for Road Base/Subbase Application. *International Journal of Pavement Research and Technology*, 16(6), 1482-1500. <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00209-3>
- Valencia Céspedes, D. F. (2024). *Evaluación del desempeño de una base granular con diferentes proporciones de RAP variando la temperatura y humedad de compactación*. <https://hdl.handle.net/1992/73328>
- Vallejo Espín, B. E. (2025). *Evaluación de las propiedades mecánicas de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible combinado con asfalto reciclado y escoria de siderurgia entre las calles Corazón y Cordillera Occidental del cantón Ambato*



de la provincia de Tungurahua.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/43592>

Villamil Rojas, R. (2018). *Aplicación de residuos de pavimentos (RAP) en construcción de vías, ajustes a las metodologías actuales.*

<http://repository.unad.edu.co/handle/10596/21454>

Zela Huanccho, A. E. (2024). *Estudio de propiedades físicas y mecánicas del suelo de la Cantera Taparachi con la adición de residuos de construcción para la estabilización de subrasantes en la Ciudad de Juliaca.*

<https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2124>



ANEXOS



Anexo. Matriz de consistencia

EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Analizar el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre las propiedades de la base granular de baja calidad en la vía Juliaca - Lampa 2025, es positiva ya que mejora las propiedades del material estabilizado.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Pavimento Asfáltico Reciclado</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Porcentaje de Pavimento Reciclado.</p> <p>Variable Dependiente</p> <p>Propiedades de Base Granular</p> <p>Dimensiones:</p> <p>Propiedades de Base Granular.</p>	<p>Balanza para la mezcla y dosificación de material reciclado.</p> <p>- Prueba de Proctor modificado.</p> <p>- Ensayo CBR.</p>
<p>Problemas Específicos</p>	<p>Objetivos Específicos</p>	<p>Hipótesis Específicas</p>		
<p>¿Cuál es el estado de la capa de base granular del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa?</p> <p>¿De qué manera la aplicación de pavimento asfáltico reciclado influye en el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de la base granular en la vía Juliaca – Lampa?</p> <p>¿De qué manera la aplicación de pavimento asfáltico reciclado influye en el CBR de la base granular de la vía Juliaca – Lampa?</p>	<p>Determinar el estado actual de la capa de base granular del pavimento flexible en la vía Juliaca – Lampa.</p> <p>Analizar cómo la aplicación de pavimento asfáltico reciclado influye en el contenido óptimo de humedad y la máxima densidad seca de la base granular en la vía Juliaca – Lampa.</p> <p>Evaluar el efecto de la aplicación de pavimento asfáltico reciclado sobre el CBR de la base granular de la vía Juliaca – Lampa.</p>	<p>El estado de la capa de base granular en la vía Juliaca – Lampa no cumplirá con la normativa establecida, lo que afecta la estabilidad y la resistencia del pavimento flexible.</p> <p>La incorporación de pavimento asfáltico reciclado en la base granular optimizara el contenido de humedad y aumentara la densidad seca, mejorando las características de la capa de base.</p> <p>La aplicación de pavimento asfáltico reciclado aumentara el valor del CBR de la base granular, mejorando su capacidad de carga y resistencia a la penetración.</p>		



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

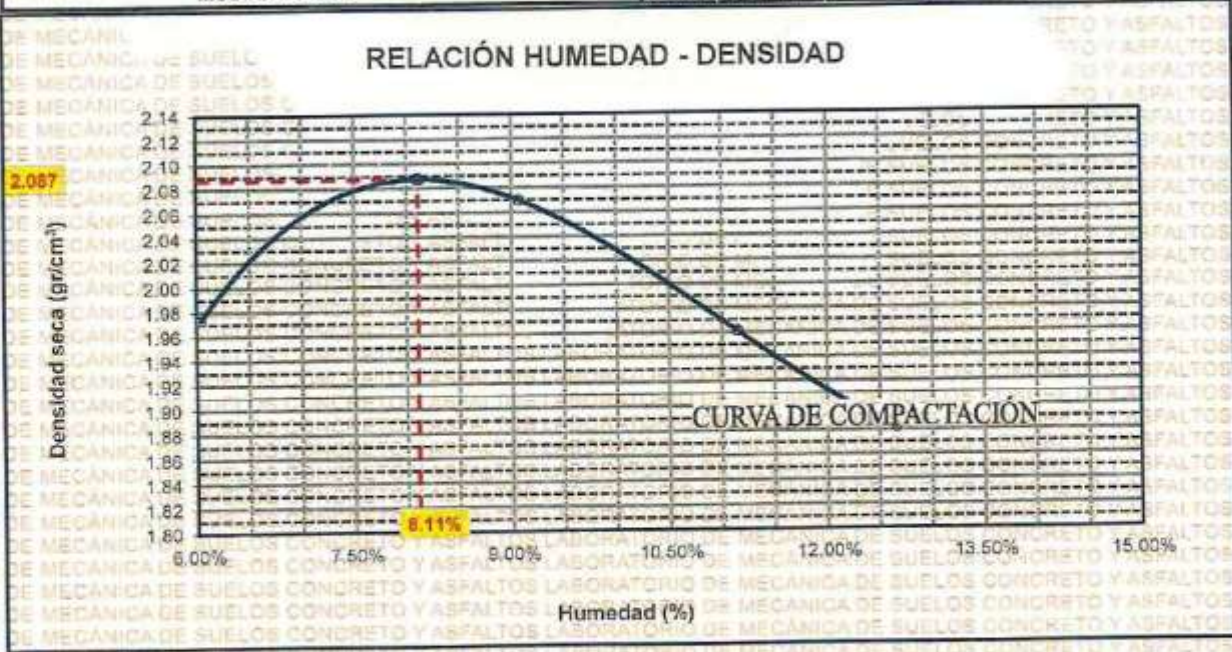
TESIS	: EFECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CON 5% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 58 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10270	10620	10455	10330
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4425	4775	4610	4485
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	2.092	2.258	2.180	2.121

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	321.15	322.58	338.42	342.12	395.32	389.08	252.32	231.28
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	307.31	307.12	318.24	318.32	353.48	358.28	231.54	212.24
Peso del Agua	gr.	13.84	15.48	22.18	23.80	31.88	32.80	20.78	19.02
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.	243.31	242.12	252.24	254.32	288.48	291.28	167.54	147.24
% de Humedad	%	5.69%	6.39%	8.79%	9.36%	11.04%	11.26%	12.40%	12.92%
Promedio de Humedad	%	6.04%		9.08%		11.15%		12.66%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.973		2.070		1.961		1.882	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.087 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.11%



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



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

UBICACIÓN: VÍA JULIACA - LAMPA

MUESTRA: CON 5% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO

FECHA: 02 DE JULIO DEL 2025

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

	gr.	12970	12860	13275	13120	12565	13080
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8567	8567	8648	8648	7523	7523
Peso del Molde	gr.	4403	4313	4627	4472	5042	5557
Peso del Suelo Humedo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.092	2.049	2.201	2.128	2.405	2.651
Densidad del Suelo Humedo							

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	7
Suelo Humedo + Capsula	gr.	230.01	233.62	201.25	236.50	250.21	201.50	247.80	235.60	202.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	207.20	209.98	180.30	212.40	225.70	180.20	222.98	212.40	181.30
Peso del Agua	gr.	22.81	23.64	20.95	24.10	24.51	21.30	24.82	23.20	21.20
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.68	23.48	39.08	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	188.05	170.32	158.85	174.32	186.54	156.99	182.45	173.03	158.13
% de Humedad	%	13.57%	13.88%	13.86%	13.83%	13.14%	13.57%	13.60%	13.41%	13.41%
Promedio de Humedad	%	13.73%	13.36%	13.48%	13.57%	13.51%	13.41%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.839	1.808	1.940	1.873	2.119	2.337			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.08	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.10	0.00	0.02
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.14	0.00	0.03	0.20	0.01	0.04	0.19	0.00	0.04

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		26.3	111.3	0.9		34.6	172	8.7		48.6	231	11.7	
1.27	01:00		51.2	242.4	12.3		85.2	387	19.5		102.3	459	23.2	
1.91	01:30		81.4	370.8	18.7		100.5	482	22.8		132.8	589	29.8	
2.54	02:00	70.31	110.2	492.9	24.9		151.2	687	33.7		186.2	824	41.6	
3.81	03:00		124.4	553.1	28.0		161.4	795	40.2		236.1	1040	52.6	
5.09	04:00	105.00	155.2	693.9	34.6		200.6	877	44.3		295.9	1281	64.7	
6.35	05:00		165.2	728.3	36.7		221.4	965	48.8		310.5	1343	67.9	
7.62	06:00		195.4	854.5	43.2		245.3	1085	53.9		331.8	1433	72.5	
8.84	07:00		210.4	918.2	45.4		289.2	1168	58.0		355.7	1535	77.5	

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

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA - TENDÓN

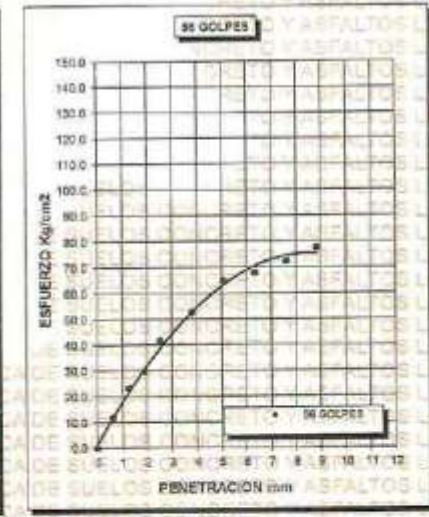
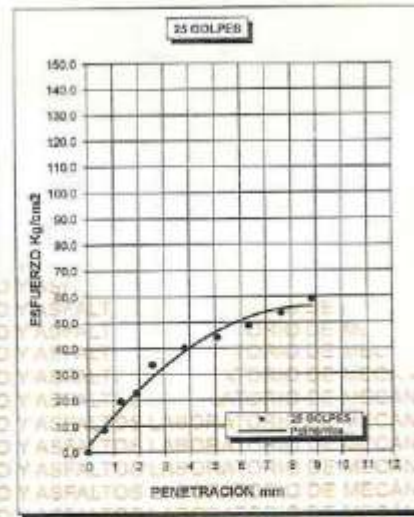
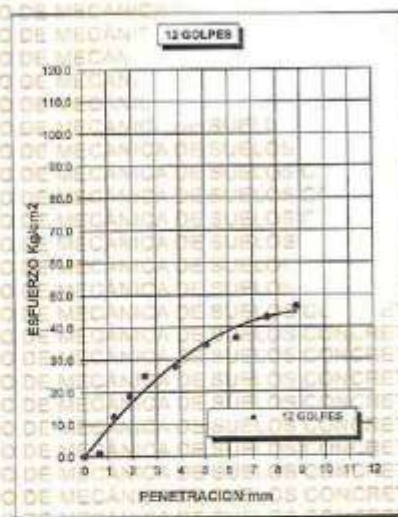
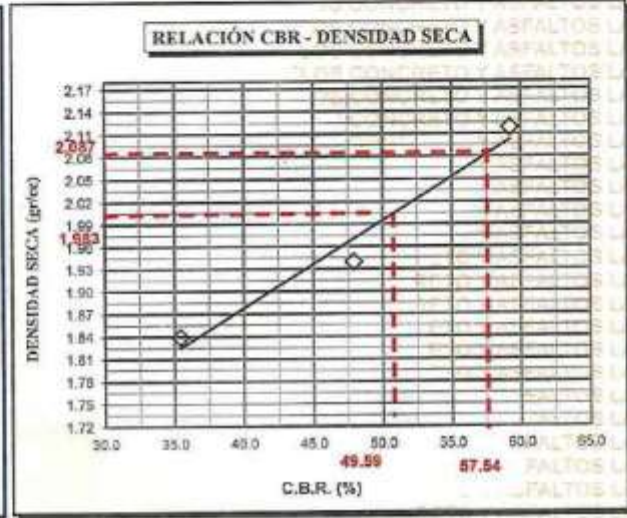
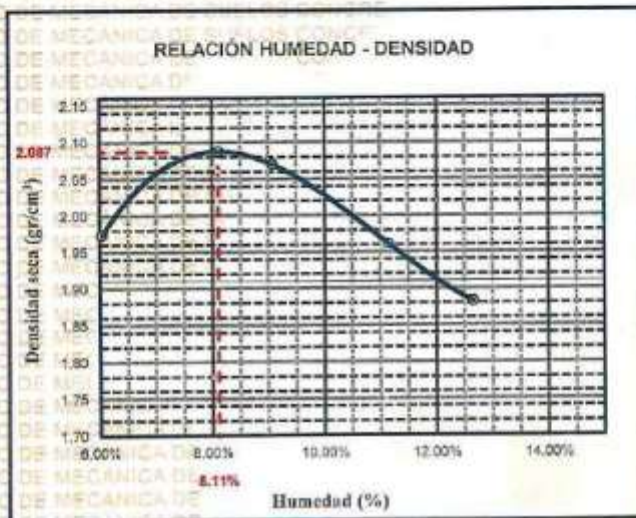
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025		MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
PROYECTO :		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³ .)	2.087
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.11%
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	57.54
MUESTRA :	CON 5% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	49.59
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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

Dr. Arnoldo Yana Torres
CIP: 105257

LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

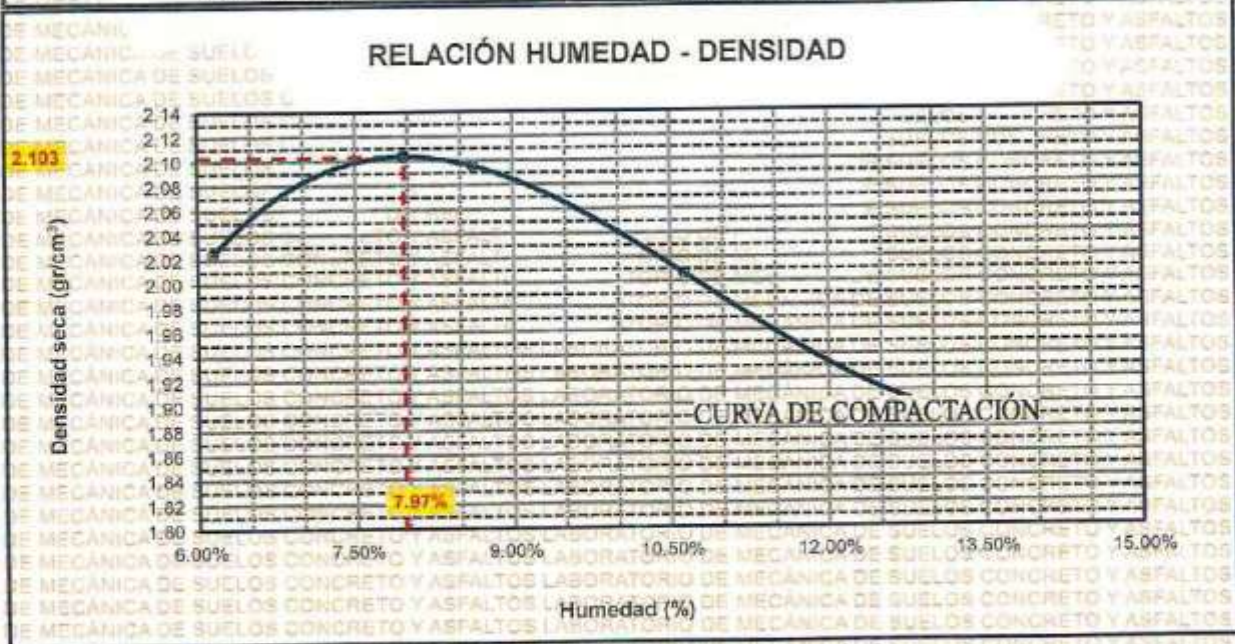
TESIS	EFECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025		
SOLICITANTE	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI		
UBICACION	VIA JULIACA - LAMPA		
MUESTRA	CON 15% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO		
FECHA	02 DE JULIO DEL 2025		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2115 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10389	10659	10540	10380
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4544	4814	4695	4536
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.148	2.278	2.220	2.144

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	328.00	328.18	342.89	343.68	377.45	378.82	277.81	278.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	311.50	312.24	321.58	320.71	347.35	348.62	263.72	258.87
Peso del Agua	gr.	14.50	15.94	21.33	22.97	30.10	30.20	24.09	24.85
Peso de la Capsula	gr.	84.12	84.21	84.52	84.35	84.82	84.50	84.37	84.28
Peso del Suelo Seco	gr.	247.38	248.03	267.04	256.36	282.73	284.12	199.35	189.61
% de Humedad	%	5.88%	6.43%	8.30%	8.98%	10.65%	10.93%	12.72%	13.11%
Promedio de Humedad	%	6.14%		8.63%		10.54%		12.91%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.024		2.095		2.006		1.899	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.103 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	7.97%



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



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA

MUESTRA : CON 15% DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO

FECHA : 02 DE JULIO DEL 2025

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12980	12889	13178	13259	12755	12489
Peso del Molde	gr.	8569	8569	8658	8658	7525	7525
Peso del Suelo Humedo	gr.	4411	4320	4520	4601	5230	4963
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.095	2.062	2.150	2.189	2.495	2.397

Capsula No.	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	234.20	236.60	215.20	254.50	250.20	208.50	269.50	261.20	213.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	210.42	211.88	191.95	228.62	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	39.58	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%	13.58%	13.61%	13.35%
Promedio de Humedad	%	13.89%		13.80%	13.54%		13.23%	13.70%		13.35%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.840	1.803	1.894	1.933	2.194	2.089			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.05	0.00	0.01	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.07	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.10	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		16.0	93.0	0.9	30.8	198	7.9		48.8	233	11.8		
1.27	01:00		58.9	279.3	14.1	75.6	346	17.5		95.6	431	21.8		
1.91	01:30		79.0	360.2	18.2	119.7	516	26.1		135.9	602	30.4		
2.54	02:00	70.31	118.6	528.5	26.7	185.6	814	41.2		215.8	940	47.5		
3.81	03:00		135.7	601.1	30.4	175.7	771	38.0		235.5	1025	51.8		
5.09	04:00	105.00	159.4	744.0	37.6	219.3	956	48.3		299.8	1297	65.5		
6.35	05:00		174.8	796.1	39.7	220.6	961	48.6		300.0	1296	65.5		
7.62	06:00		185.6	813.0	41.1	225.7	983	49.7		320.4	1385	70.0		
8.84	07:00		190.7	834.5	42.2	234.8	1021	51.6		344.2	1486	75.1		

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL

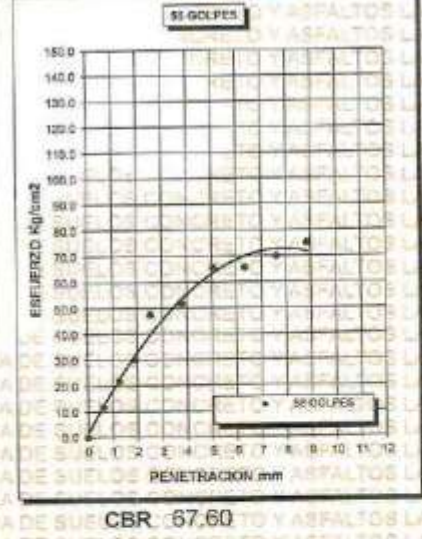
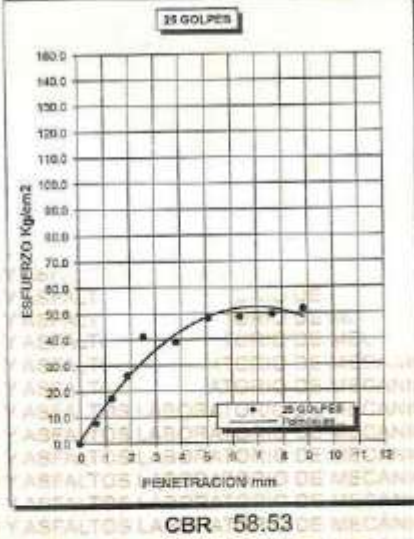
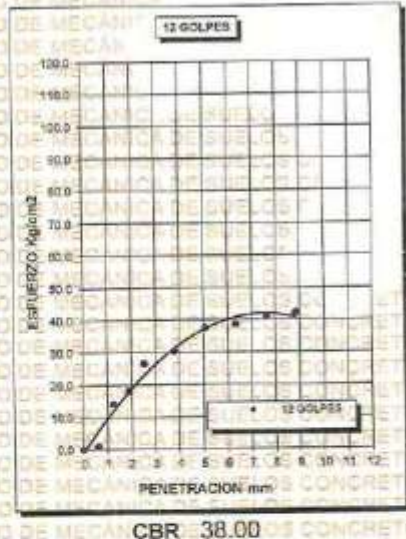
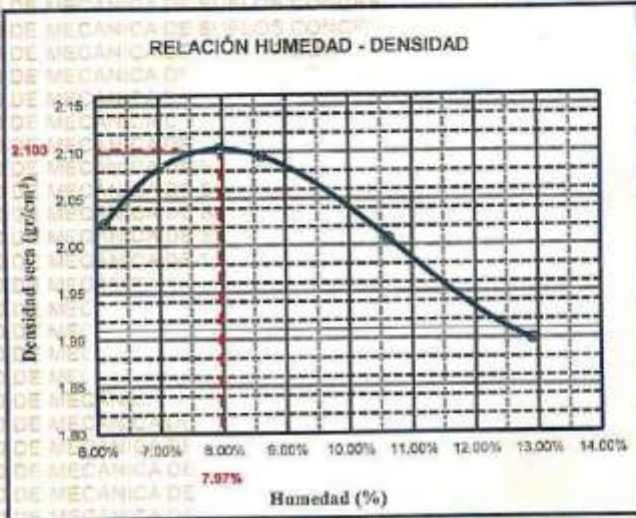
Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



PROYECTO :	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 2.103
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%) : 7.97%
MUESTRA :	CON 15% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) : 66.95
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) : 57.09
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



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

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA JULIACA - LAMPA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP/ 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

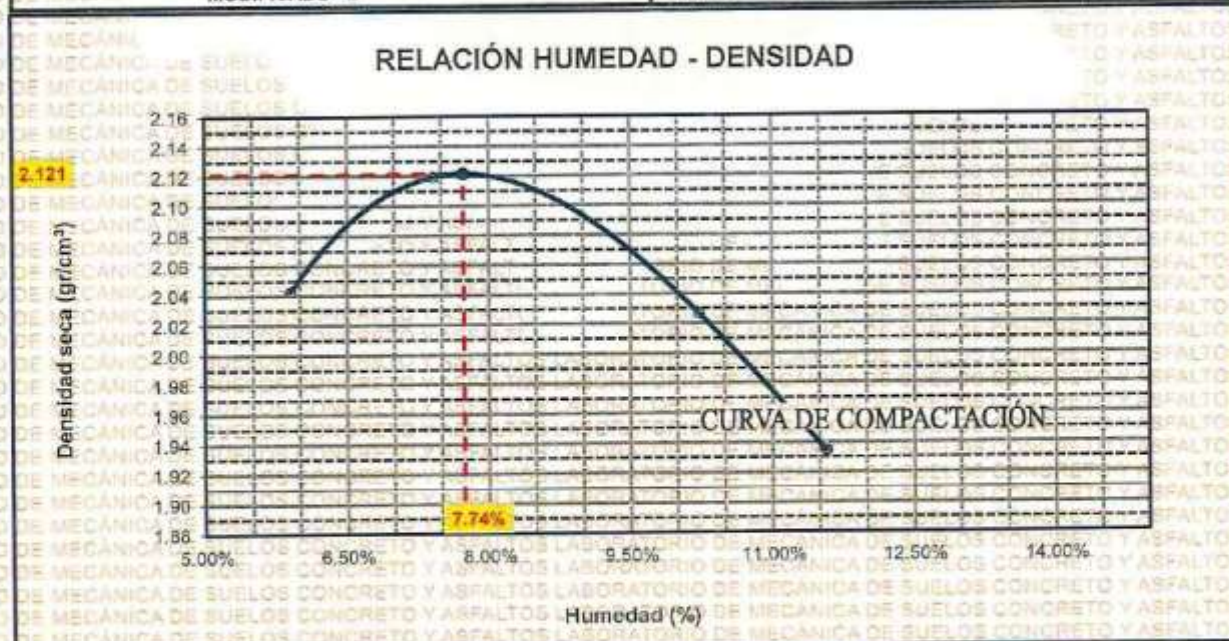
TESIS	: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CON 25% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10420	10660	10570	10410
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4575	4815	4725	4565
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.163	2.277	2.234	2.158

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	326.00	326.32	336.12	337.31	380.24	382.15	261.36	282.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	310.95	312.14	317.32	318.42	350.26	353.27	258.39	280.42
Peso del Agua	gr.	15.05	14.18	18.80	18.89	29.98	28.88	22.97	22.25
Peso de la Capsula	gr.	63.98	64.12	64.00	63.96	64.36	64.00	64.00	64.12
Peso del Suelo Seco	gr.	246.97	248.02	253.32	254.46	265.93	269.27	194.39	196.30
% de Humedad	%	6.09%	5.72%	7.42%	7.42%	10.48%	9.98%	11.82%	11.33%
Promedio de Humedad	%	6.91%		7.42%		10.23%		11.58%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.042		2.119		2.027		1.934	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.121 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 7.74%



LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 E.I.C.P. - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN: VÍA JULIACA - LAMPA
MUESTRA: CON 25% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO
FECHA: 02 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No	III		II		I	
	5		5		5	
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

		III	II	I		
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13096	12999	13290	13074	12767
Peso del Molde	gr.	8582	8582	8668	8668	7530
Peso del Suelo Humedo	gr.	4514	4417	4622	4408	5237
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.145	2.099	2.189	2.098	2.498

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	236.50	237.24	222.60	259.50	256.20	210.40	272.50	278.20	220.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	213.60	214.12	199.87	231.99	230.12	188.12	244.87	249.51	196.21
Peso del Agua	gr.	22.90	23.12	22.73	28.51	26.08	22.28	27.63	28.69	24.19
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.65	23.45	38.08	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	174.45	174.45	176.42	193.91	190.98	164.91	204.34	210.14	173.04
% de Humedad	%	13.13%	13.25%	12.88%	13.67%	13.66%	13.51%	13.52%	13.65%	13.98%
Promedio de Humedad	%	13.15%	12.88%	13.66%	13.61%	13.59%	13.98%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.895	1.859	1.935	1.847	2.199	2.124			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
18/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.08	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.11	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.15	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03	0.22	0.01	0.05

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		25.0	131.2	0.9		45.0	218	10.9		60.0	280	14.1	
1.27	01:00		59.0	275.5	13.9		100.0	450	22.7		135.0	598	30.2	
1.91	01:30		95.4	387.5	19.5		155.0	693	34.5		190.0	832	42.0	
2.54	02:00	70.31	150.0	661.8	33.5		209.0	912	46.1		235.0	1023	51.7	
3.81	03:00		145.0	540.5	32.4		225.0	990	49.5		295.0	1277	64.6	
5.09	04:00	105.00	200.0	874.0	44.2		255.0	1107	56.0		325.0	1405	71.0	
6.35	05:00		195.0	852.0	43.1		265.0	1150	56.1		375.0	1617	81.7	
7.62	06:00		200.0	874.0	44.2		285.0	1235	62.4		395.0	1702	86.0	
8.84	07:00		210.0	916.5	46.3		290.0	1268	63.5		400.0	1725	87.1	

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. ESPECIALIDAD: MECÁNICA DE SUELOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

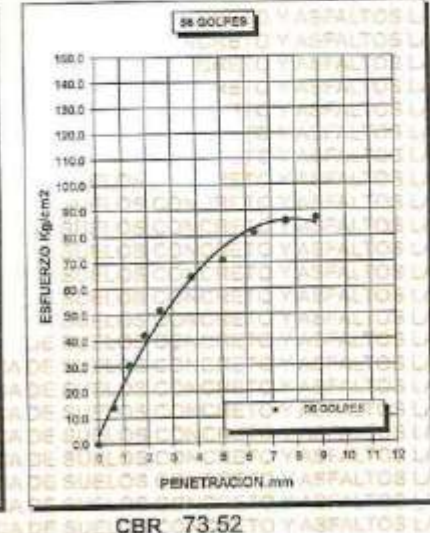
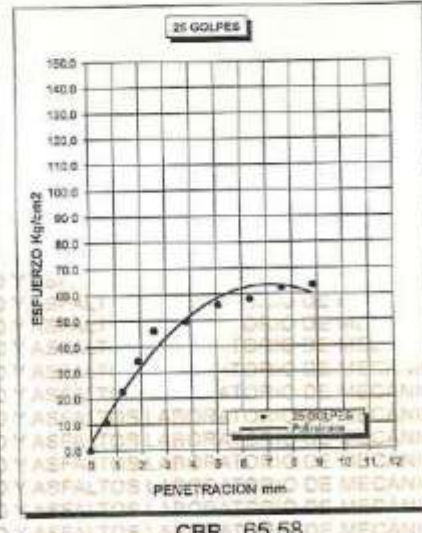
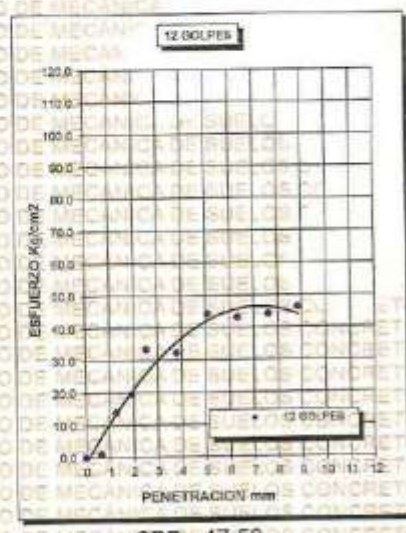
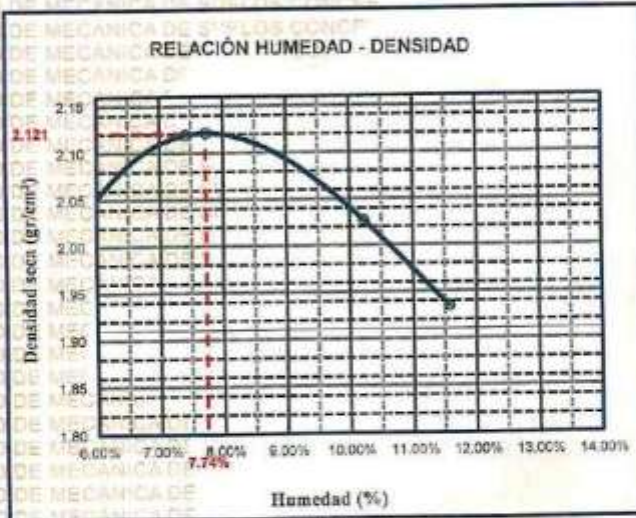
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO :	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECIKLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.121
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%) 7.74%
MUESTRA :	CON 25% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECIKLADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 72.64
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 62.59
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

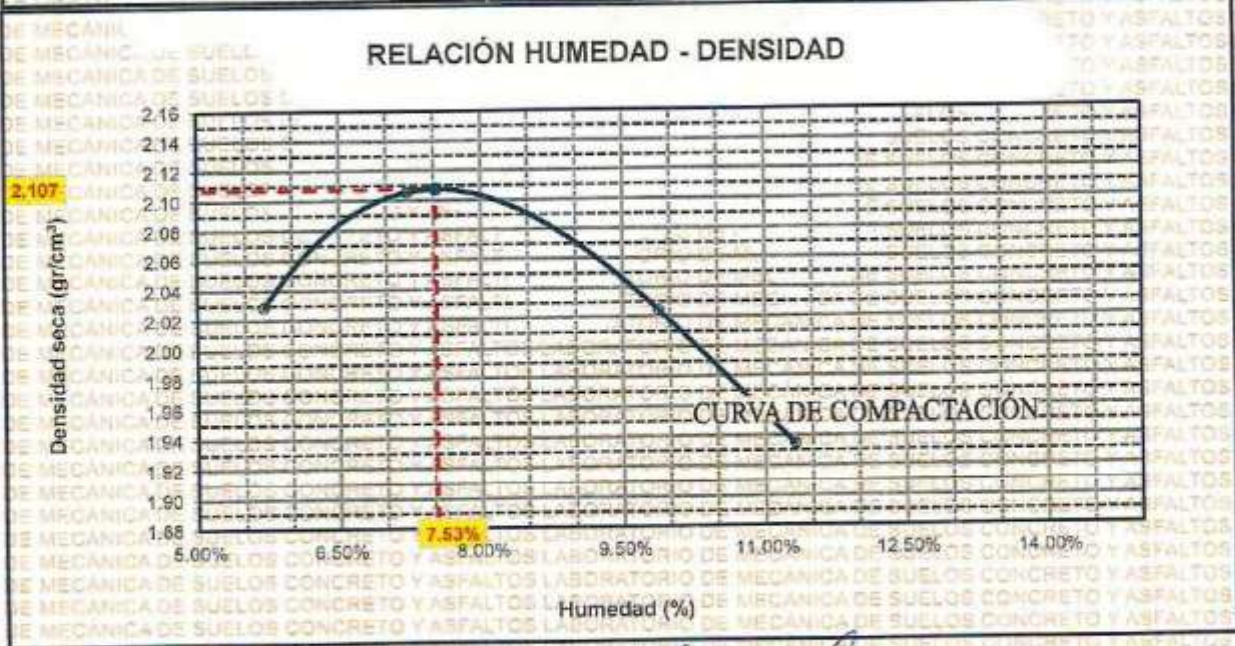
TESIS	EFECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025		
SOLICITANTE	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI		
UBICACIÓN	VIA JULIACA - LAMPA		
MUESTRA	CON 40% DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO		
FECHA	02 DE JULIO DEL 2025		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2115 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10380	10620	10550	10400
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4535	4775	4705	4555
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.144	2.258	2.225	2.154

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	325.00	326.32	335.12	336.31	379.24	381.15	280.35	282.57
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	310.55	312.14	317.32	315.42	350.28	353.27	255.39	250.42
Peso del Agua	gr.	14.05	14.18	18.80	17.89	28.95	27.88	21.97	22.25
Peso de la Capsula	gr.	63.55	64.12	64.00	63.56	64.35	64.00	64.00	64.12
Peso del Suelo Seco	gr.	245.97	248.02	253.32	254.46	265.93	280.27	194.39	196.30
% de Humedad	%	5.69%	5.72%	7.42%	7.03%	10.13%	9.64%	11.30%	11.33%
Promedio de Humedad	%	5.70%		7.23%		9.88%		11.32%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.029		2.106		2.025		1.935	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.107 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	7.53%



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



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EFECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025					
SOLICITANTE	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI					
UBICACIÓN	VIA JULIACA - LAMPA					
MUESTRA	CON 40% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO					
FECHA REC	02 DE JULIO DEL 2025					

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.	13096	12999	13190	12974	12667	12506
Peso del Molde	gr.	8582	8582	8669	8688	7530	7530
Peso del Suelo Humedo	gr.	4514	4417	4522	4306	5137	4976
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.145	2.099	2.151	2.049	2.450	2.373

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	236.50	237.24	222.60	258.50	256.20	210.40	272.50	276.20	220.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	213.60	214.12	199.87	231.99	230.12	165.12	244.87	249.51	196.21
Peso del Agua	gr.	22.90	23.12	22.73	26.51	26.08	22.28	27.63	26.69	24.19
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.65	23.45	38.08	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	174.45	174.46	176.42	193.91	190.96	164.91	204.34	210.14	173.04
% de Humedad	%	13.13%	13.25%	12.88%	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.	1.895		1.859	1.893		1.805	2.157		2.082

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0	0
19/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.08	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.11	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.15	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.22	0.01	0.05

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.
0.00	0:00		3.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		6.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		25.0	131.2	0.9	40.0	195	9.9		60.0	280	14.1		
1.27	01:00		52.6	248.4	12.6	90.0	407	20.6		125.0	558	28.1		
1.91	01:30		78.5	362.8	18.3	140.0	619	31.3		175.0	768	38.8		
2.54	02:00	70.31	130.0	576.9	29.2	165.0	725	36.7		205.0	895	45.3		
3.81	03:00		170.0	746.7	37.7	215.0	938	47.4		280.0	1214	61.3		
5.08	04:00	105.00	170.0	746.7	37.7	228.0	993	50.2		310.0	1341	67.6		
6.35	05:00		200.0	874.0	44.2	260.0	1129	57.1		350.0	1511	76.4		
7.62	06:00		205.0	895.2	45.3	280.0	1214	61.3		380.0	1838	82.8		
8.84	07:00		210.0	918.5	46.3	285.0	1255	62.4		390.0	1880	84.9		

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

LABORATORIO NSCA
JEFATURA

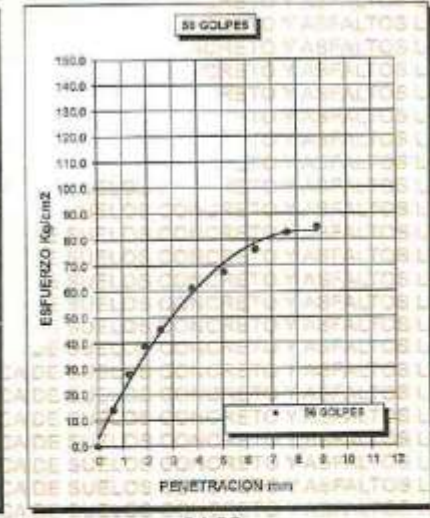
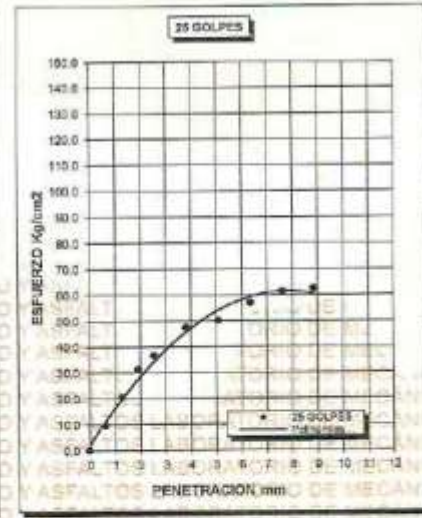
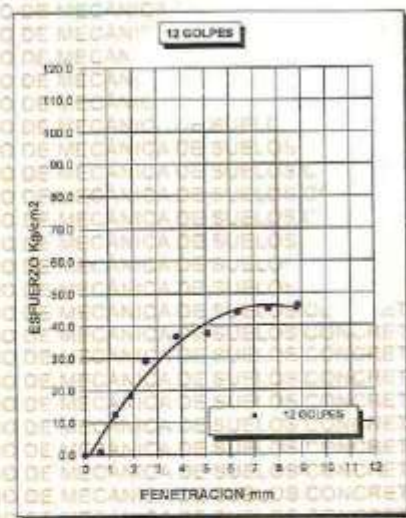
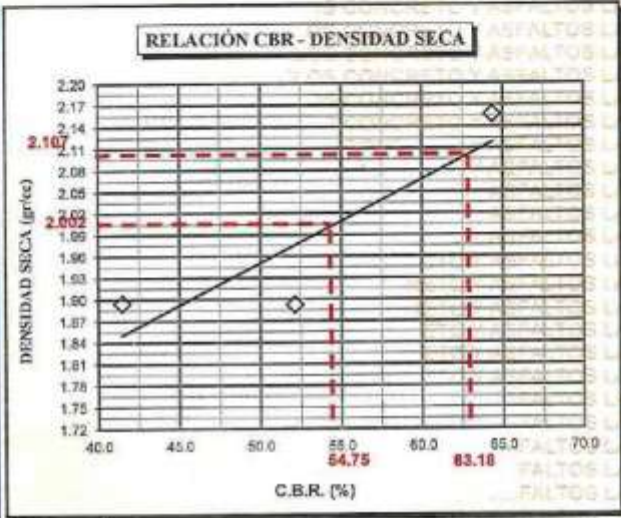
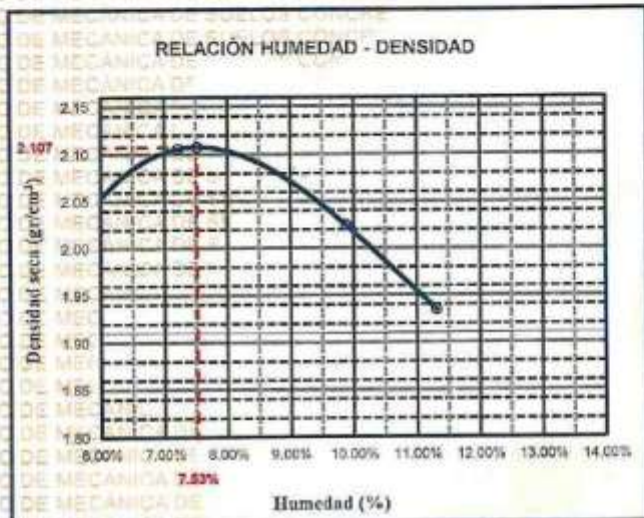
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO :	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.107
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%)	7.53%
MUESTRA :	CON 40% DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	63.18
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	54.75
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

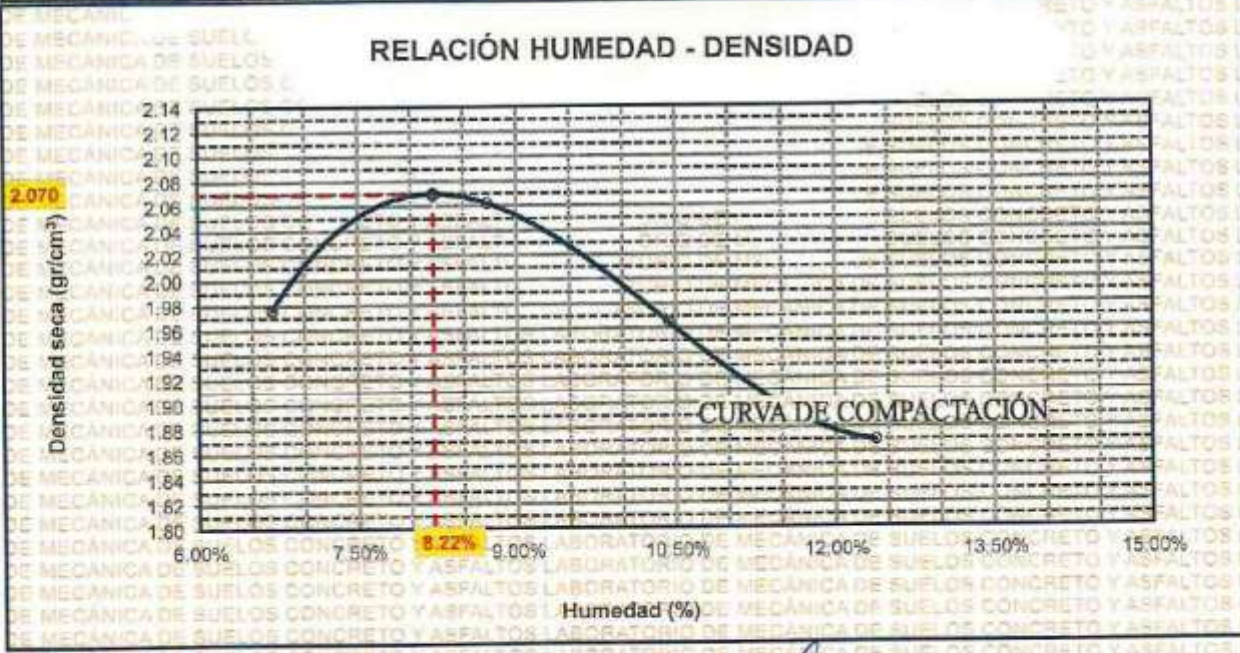
TESIS	: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 1
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10304	10587	10434	10289
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4459	4742	4589	4444
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.108	2.242	2.170	2.101

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	311.21	310.32	329.68	324.20	351.84	349.00	219.54	224.16
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	298.14	294.43	305.78	303.12	324.14	322.52	202.14	208.79
Peso del Agua	gr.	15.07	15.89	20.90	21.08	27.70	26.48	17.40	17.40
Peso de la Capsula	gr.	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90
Peso del Suelo Seco	gr.	232.24	230.53	241.88	239.22	260.24	258.62	138.24	142.88
% de Humedad	%	6.49%	6.89%	8.64%	8.81%	10.64%	10.24%	12.56%	12.18%
Promedio de Humedad	%	6.69%		8.73%		10.44%		12.38%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.976		2.062		1.965		1.870	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.070 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.22%



Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA

MUESTRA : CALICATA 1

FECHA : 02 DE JULIO DEL 2025

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.	12921	12816	13125	12918	12655	12541
Peso del Molde	gr.	8568	8568	8550	8550	7520	7520
Peso del Suelo Humedo	gr.	4353	4248	4475	4268	5135	5021
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.068	2.018	2.129	2.031	2.449	2.395

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	232.20	234.60	206.20	237.96	239.87	202.12	245.24	246.15	205.32
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	209.67	210.96	184.94	213.95	216.53	181.21	221.14	221.34	183.87
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.	169.68	171.53	161.84	179.35	177.53	158.21	181.04	181.94	160.87
% de Humedad	%	13.75%	13.77%	13.14%	14.03%	13.15%	13.22%	13.31%	13.64%	13.33%
Promedio de Humedad	%	13.76%		13.14%	13.59%		13.22%	13.47%		13.33%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.818		1.784	1.874		1.793	2.158		2.113

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/09/2023	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.13	0.00	0.03
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.12	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.14	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03	0.17	0.00	0.04

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.0	86.8	0.9		20.0	110	5.6		34.6	172	8.7	
1.27	01:00		29.5	150.3	7.6		45.8	219	11.1		68.8	316	16.0	
1.91	01:30		47.5	226.7	11.5		83.2	378	19.1		105.4	472	23.6	
2.54	02:00	79.31	80.4	388.4	18.5		138.2	612	30.9		162.8	716	35.2	
3.81	03:00		102.3	459.3	23.2		185.5	732	37.0		233.0	1014	51.3	
5.09	04:00	105.00	120.7	537.4	27.2		205.3	897	45.3		255.0	1107	59.0	
6.35	05:00		136.8	805.8	30.6		222.8	971	49.1		300.4	1300	65.7	
7.62	06:00		152.7	873.3	34.0		230.6	1004	50.7		312.3	1352	68.3	
8.84	07:00		171.5	753.0	38.1		254.1	1104	55.8		323.5	1398	70.7	

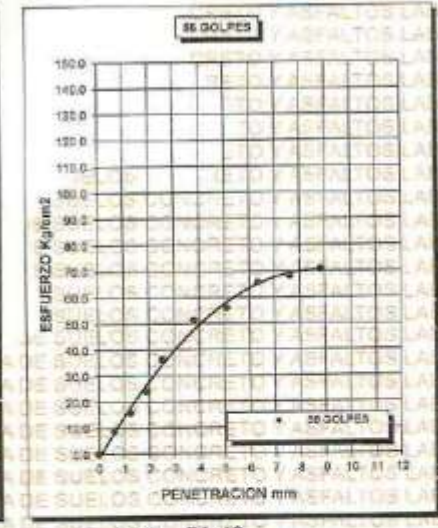
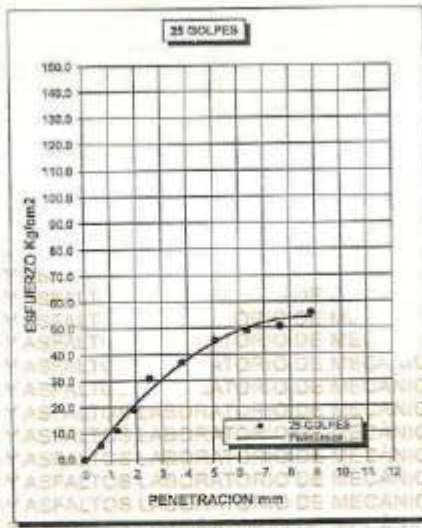
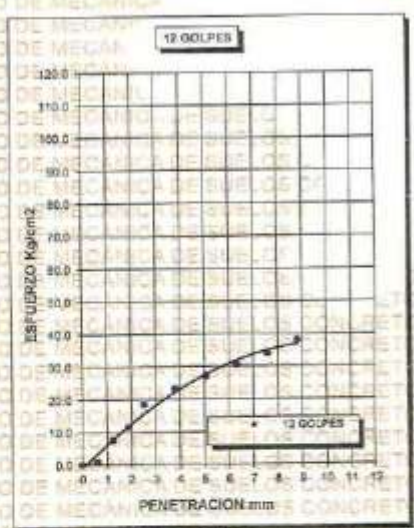
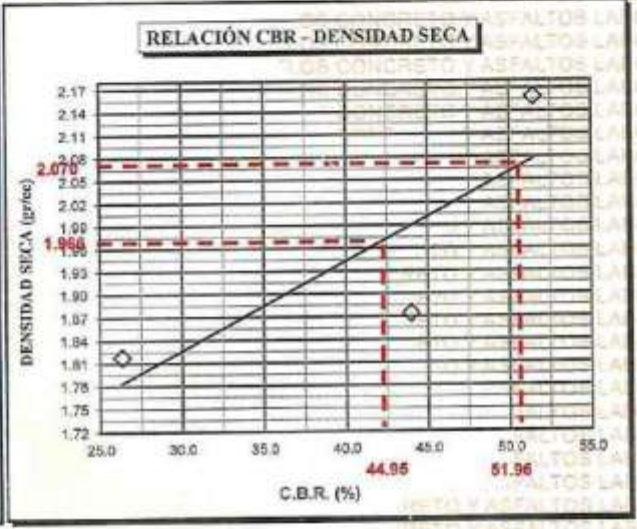
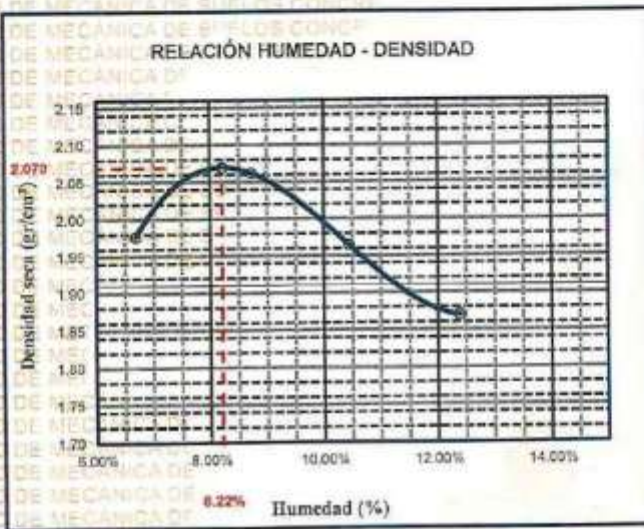
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



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



PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.070
UBICACIÓN : VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.22%
MUESTRA : CALICATA - M1	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 51.96
FECHA : 02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 44.95
	AASHTO :
	EMBEBIDO :



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

Laboratorio M.S.C.A. JEFATURA

Dr. Arnaldo Yana Torres
C.I.P. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

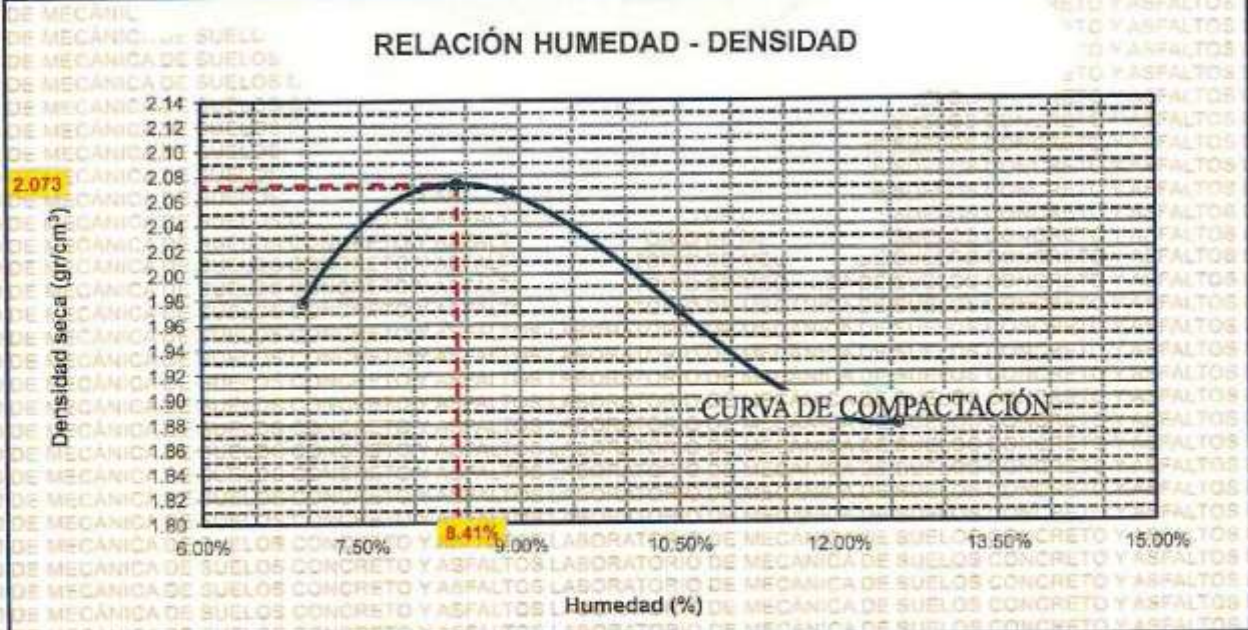
TESIS	- EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025		
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI		
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - LAMPA		
MUESTRA	: CALICATA 2		
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	: 58 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10318	10602	10449	10319
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4473	4757	4604	4474
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.115	2.249	2.177	2.115

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	330.05	332.15	345.00	345.50	382.36	382.98	284.35	284.68
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.80	314.70	322.20	322.30	351.60	353.20	259.52	250.20
Peso del Agua	gr.	17.25	17.45	22.80	23.20	30.76	29.78	24.73	24.48
Peso de la Capsula	gr.	54.00	54.15	54.00	54.15	64.21	64.32	64.18	64.10
Peso del Suelo Seco	gr.	248.80	250.55	258.20	258.15	287.39	288.88	195.46	196.10
% de Humedad	%	6.93%	6.95%	8.53%	8.99%	10.70%	10.31%	12.65%	12.48%
Promedio de Humedad	%	6.95%		8.91%		10.51%		12.57%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.977		2.065		1.970		1.879	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.073 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.41%



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnoldo Yana Torres
 C.P. 103257



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: GALICATA 2
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No.	III		II		I	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		58	

	gr.	12855	12865	13167	12945	12538	12368
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	8580	8560	8645	8645	7513	7513
Peso del Molde	gr.	4295	4305	4522	4300	5025	4855
Peso del Suelo Humedo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2098.50
Volumen del Suelo	gr/cc.	2.041	2.045	2.151	2.046	2.397	2.318

Capsula No.	No	B			E			T			
		5	4	15	14	4	10	T			
Suelo Humedo + Capsula	gr.	240.20	239.56	218.65	258.67	253.52	214.32	274.38	274.87	224.75	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	216.88	215.82	194.95	232.54	227.84	191.57	246.15	245.84	201.10	
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	40.80	39.40	23.20	
Peso del Suelo Seco	gr.	177.68	176.10	171.63	194.44	188.64	168.25	205.55	206.44	177.90	
% de Humedad	%	13.12%	13.59%	13.81%	13.54%	13.81%	13.52%	13.73%	14.06%	13.29%	
Promedio de Humedad	%	13.36%			13.81%			13.90%			13.29%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.800			1.797			1.894			1.802

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0.00	0	0
19/09/2023	08:25 a.m.	24:00:00	0.07	0.00	0.02	0.09	0.00	0.02	0.10	0.00	0.02
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.09	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.13	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		14.0	84.6	0.9		19.0	105	5.3		37.8	196	8.4	
1.27	01:00		28.5	146.1	7.4		36.4	180	9.1		60.5	282	14.3	
1.91	01:30		38.6	183.2	9.8		55.2	259	13.1		108.8	481	24.8	
2.54	02:00	70.31	65.9	304.8	15.4		112.6	503	25.4		185.8	729	36.9	
3.81	03:00		91.2	412.2	20.8		131.4	583	29.5		195.4	854	43.2	
5.09	04:00	105.00	118.0	526.0	26.8		174.4	765	38.7		217.7	949	48.0	
6.35	05:00		137.5	608.7	30.8		191.8	836	42.4		242.6	1058	53.4	
7.62	06:00		155.6	685.6	34.7		210.4	918	46.4		255.8	1111	56.2	
8.84	07:00		178.4	782.3	38.5		221.4	965	48.8		273.5	1196	59.9	

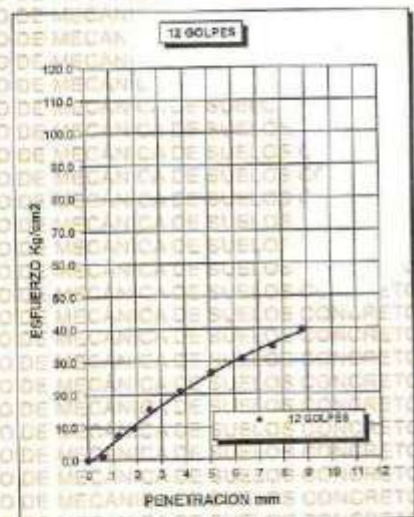
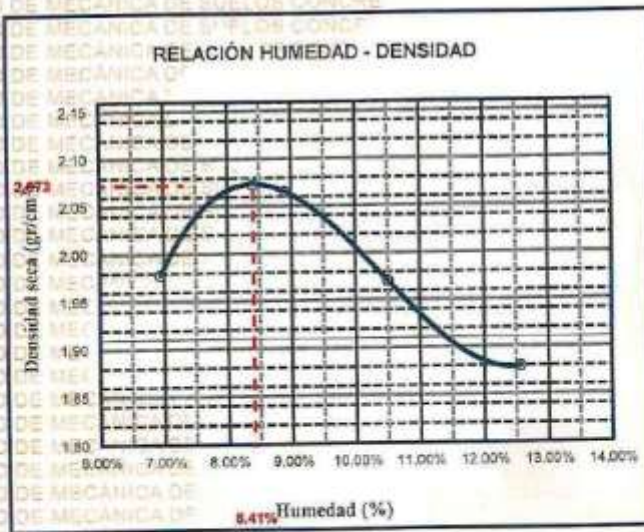
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL



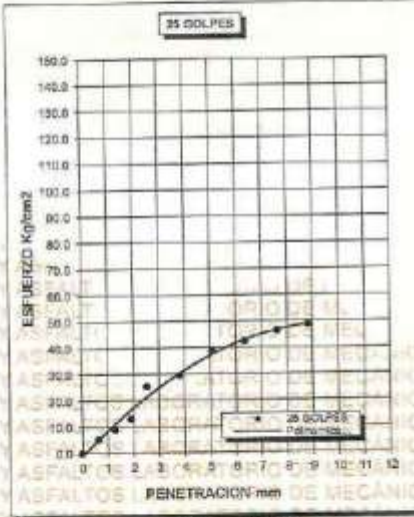
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



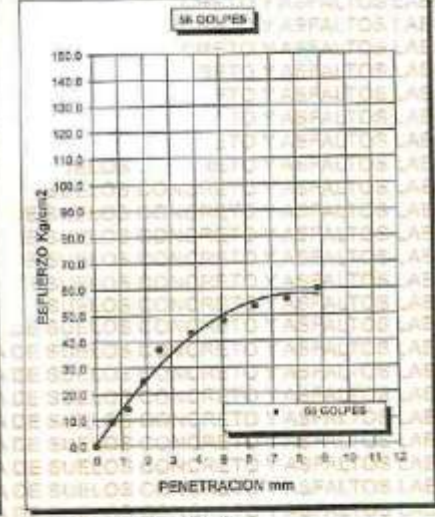
PROYECTO :	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.073
UBICACION :	VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.41%
MUESTRA :	CALICATA - 02	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	50.57
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	42.21
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



CBR 21.92



CBR 36.17



CBR 52.41



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP/103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

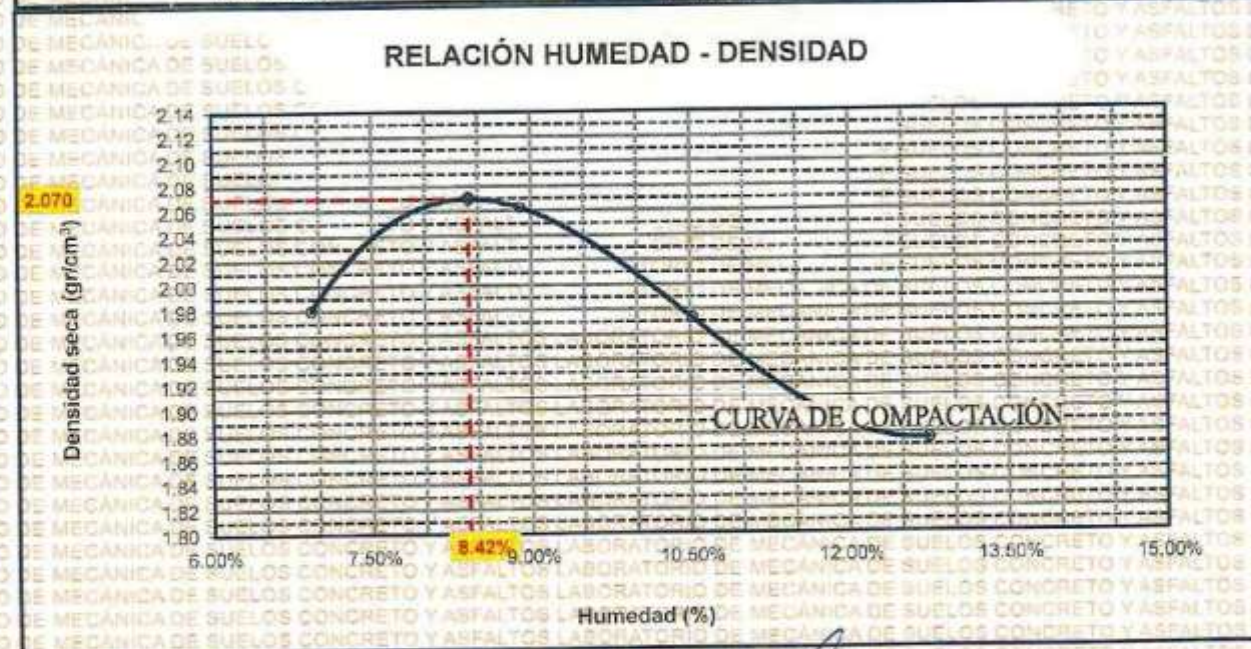
TESIS	EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025		
SOLICITANTE	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI		
UBICACIÓN	VIA JULIACA - LAMPA		
MUESTRA	CALICATA 3		
FECHA	02 DE JULIO DEL 2025		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2115 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10323	10596	10457	10318
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4478	4751	4612	4473
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.117	2.246	2.181	2.115

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	331.20	330.50	346.60	348.60	386.80	386.90	290.20	290.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	313.25	313.87	323.40	323.60	356.30	355.20	264.70	264.80
Peso del Agua	gr.	17.95	16.63	23.20	23.00	30.30	31.10	25.50	25.70
Peso de la Capsula	gr.	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90	63.90
Peso del Suelo Seco	gr.	249.35	246.97	259.50	259.70	292.40	291.30	200.80	200.70
% de Humedad	%	7.20%	6.85%	8.94%	8.86%	10.36%	10.68%	12.70%	12.81%
Promedio de Humedad	%	6.93%		8.90%		10.52%		12.75%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.980		2.063		1.973		1.876	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.070 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	8.42%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAR/INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 JULIACA - PERÚ
 Dr. Arnaldo Yasa Torres
 C.I. 103387



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS :	EFEECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANÍ
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA
MUESTRA :	CALICATA 3
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025

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
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	12900	12880	13200	13000	12563	12358
Peso del Molde	gr.	8560	8560	8645	8645	7518	7518
Peso del Suelo Humedo	gr.	4340	4320	4555	4355	5045	4840
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.062	2.052	2.167	2.072	2.406	2.309

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	242.300	241.88	223.50	261.24	263.20	218.42	277.60	276.74	227.82
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	218.60	217.86	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	24.36
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.66	23.45	38.06	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	179.35	178.20	176.66	196.48	197.99	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%	13.64%
Promedio de Humedad	%	13.32%	13.24%	13.38%	13.96%	13.49%	13.54%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.820	1.812	1.911	1.818	2.120	2.033			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
18/09/2023	08:25: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
18/09/2023	08:25: a.m.	24:00:00	0.09	0.00	0.02	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03
20/09/2023	08:25: a.m.	48:00:00	0.10	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
21/09/2023	08:25: a.m.	72:00:00	0.13	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.16	0.00	0.03

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		
0.63	00:30		14.0	84.8	0.6	20.4	112	5.6		33.0	168	8.5		
1.27	01:00		26.4	149.6	7.6	39.4	192	9.7		60.5	282	14.3		
1.91	01:30		45.3	217.5	11.0	65.7	304	15.4		108.4	485	24.5		
2.54	02:00	70.31	68.4	315.5	15.9	125.4	557	28.2		165.4	727	36.8		
3.81	03:00		97.5	439.0	22.2	114.4	511	25.8		195.4	854	43.2		
5.09	04:00	105.00	115.6	515.8	26.1	158.4	697	35.3		225.7	963	49.7		
6.35	05:00		142.6	631.2	31.9	173.5	762	38.5		235.6	1025	51.8		
7.62	06:00		161.4	710.2	35.8	190.5	834	42.1		255.1	1106	56.0		
8.84	07:00		184.4	807.8	40.8	203.5	889	44.9		275.4	1194	60.4		



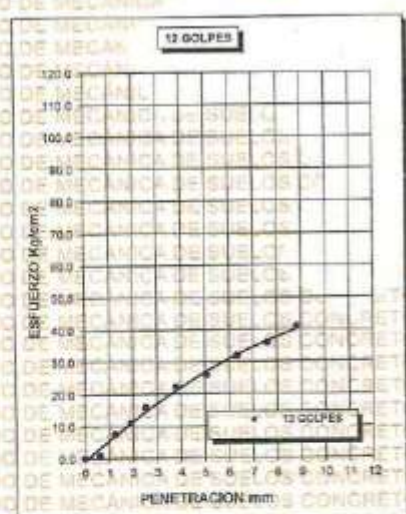
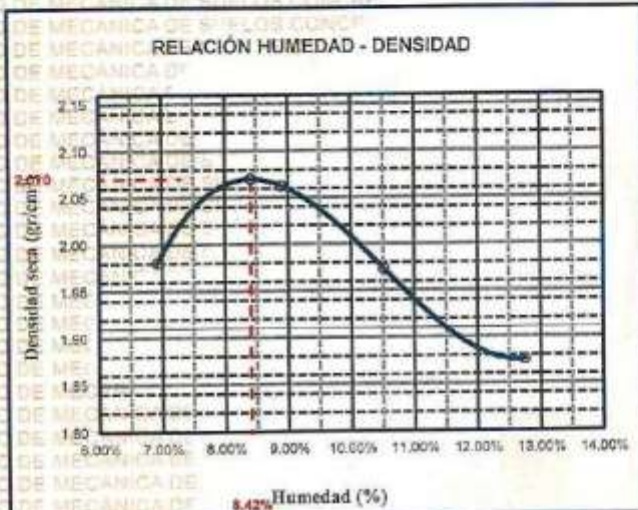
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnoldo Yana Torres
C.I.P. 103257



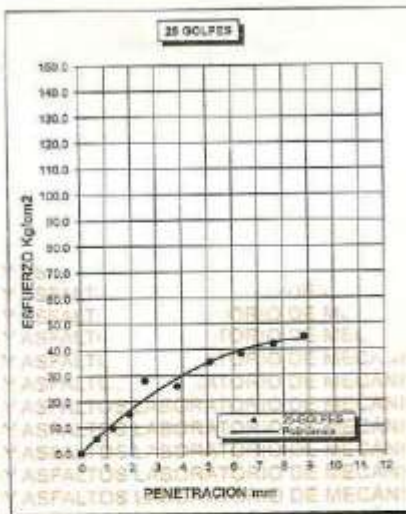
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



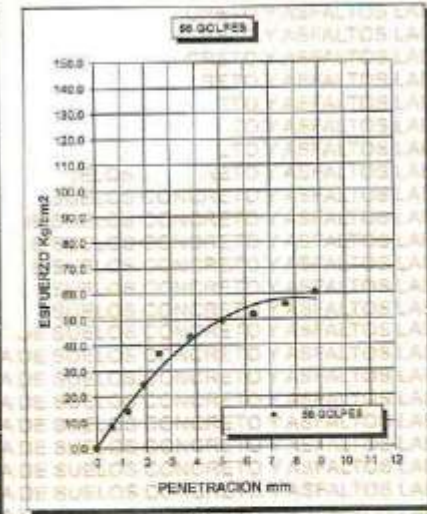
PROYECTO :	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO REICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.070
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%) 8.42%
MUESTRA :	CALICATA - 03	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 50.04
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 40.02
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



CBR 22.68



CBR 40.07



CBR 52.28

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - IAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

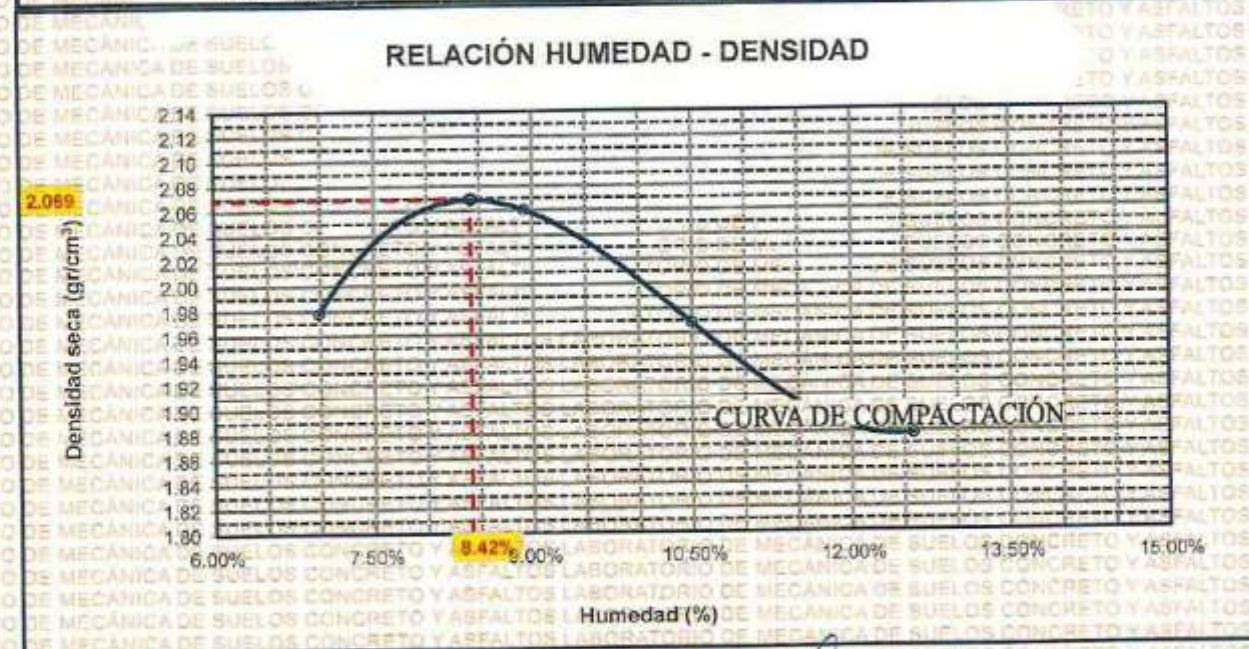
TESIS	: EFECTO DE LA APLICACION DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN	: VIA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 4
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2115 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10320	10592	10445	10317
Peso del Molde	gr.	5845	5845	5845	5845
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4475	4747	4600	4472
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.116	2.244	2.175	2.114

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	330.00	332.10	345.10	348.42	382.31	382.92	284.30	284.88
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.65	314.66	322.17	322.26	351.54	353.13	258.54	260.12
Peso del Agua	gr.	17.35	17.51	22.93	23.16	30.77	29.79	24.76	24.53
Peso de la Capsula	gr.	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	248.65	250.66	258.17	258.26	287.54	289.13	196.54	196.12
% de Humedad	%	6.98%	6.99%	8.88%	8.97%	10.70%	10.30%	12.60%	12.51%
Promedio de Humedad	%	6.98%		8.92%		10.50%		12.59%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.978		2.061		1.958		1.878	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.069 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.42%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Dr. Arnaldo Yana Torres



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN	: VÍA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 4
FECHA	: 02 DE JULIO DEL 2025

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.	12862	12870	13173	12951	12522	12351
Peso del Molde	gr.	8561	8561	8645	8645	7512	7512
Peso del Suelo Humedo	gr.	4301	4309	4528	4306	5010	4839
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2098.50	2098.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.043	2.047	2.154	2.049	2.390	2.308

Capsula No	No	5	4	B	16	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	238.20	238.56	217.65	257.87	252.52	213.32	273.38	273.87	223.75
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	216.89	215.62	194.95	232.54	227.84	191.57	246.15	245.84	201.10
Peso del Agua	gr.	22.31	22.94	22.70	25.33	24.68	21.75	27.23	28.03	22.65
Peso de la Capsula	gr.	38.20	39.52	23.32	38.10	39.20	23.32	40.90	39.40	23.20
Peso del Suelo Seco	gr.	177.89	175.10	171.63	194.44	188.54	168.25	205.55	208.44	177.90
% de Humedad	%	12.56%	13.03%	13.23%	13.03%	13.08%	12.93%	13.26%	13.68%	12.73%
Promedio de Humedad	%	12.79%	13.23%	13.06%	12.93%	13.41%	12.73%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.812	1.808	1.905	1.814	2.107	2.047			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/09/2023	08:25 a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
19/09/2023	09:25 a.m.	24:00:00	0.07	0.00	0.02	0.08	0.00	0.02	0.10	0.00	0.02
20/09/2023	08:25 a.m.	48:00:00	0.09	0.00	0.02	0.14	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
21/09/2023	08:25 a.m.	72:00:00	0.13	0.00	0.03	0.18	0.00	0.04	0.19	0.00	0.04

PENETRACION

Penetracion mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I						
			Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm ²	Correc.			
0.00	0.00		0.0	0.00	0.00					0.0	0.00	0.00					
0.63	00:30		14.0	84.6	6.9					20.0	110	5.5			38.0	189	9.4
1.27	01:00		29.0	148.2	7.5					35.0	174	8.8			60.5	282	14.3
1.91	01:30		40.0	194.9	9.9					56.0	283	13.3			108.0	494	24.4
2.54	02:00	70.31	65.0	301.0	15.2					122.0	543	27.4			188.0	738	37.3
3.81	03:00		92.0	415.6	21.0					132.0	585	28.5			194.0	849	42.9
5.09	04:00	105.00	118.0	530.2	28.8					178.0	772	38.0			217.0	948	47.8
6.35	05:00		138.0	610.9	30.9					191.0	836	42.2			241.0	1048	53.0
7.62	06:00		156.0	687.3	34.7					208.0	906	45.9			254.0	1103	55.6
8.84	07:00		179.0	784.9	39.7					220.0	959	48.5			272.6	1182	59.8



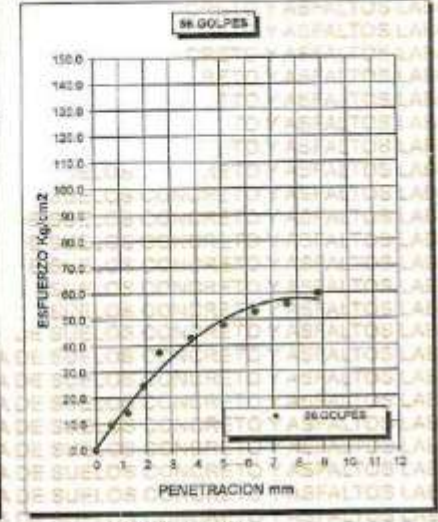
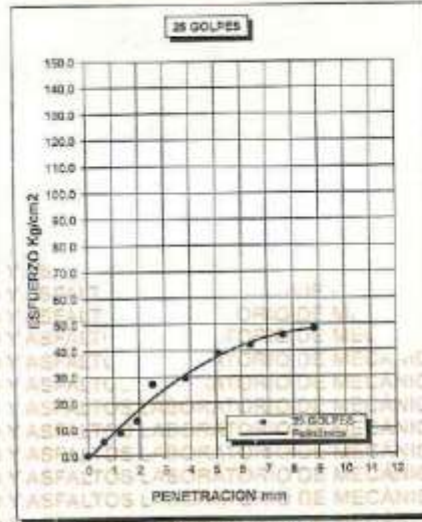
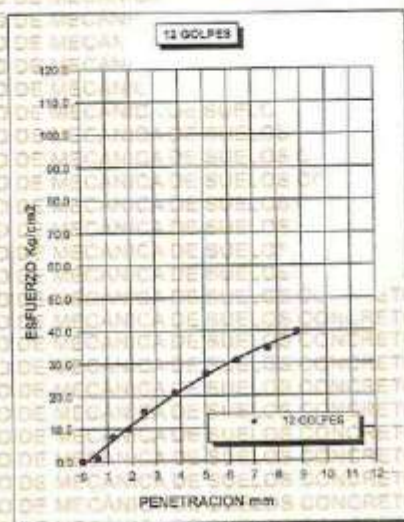
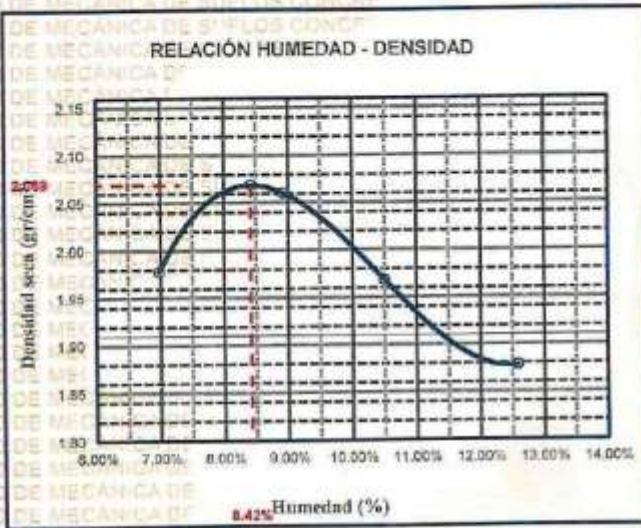
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PROYECTO :	EFFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.069
UBICACIÓN :	VIA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.42%
MUESTRA :	CALICATA - 04	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	50.32
FECHA :	02 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	40.24
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



INVESTIGACIÓN NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - IAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFALTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VIA JULIACA - LAMPA 2025.

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

UBICACIÓN : VIA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 01 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	116.33
SUELO SECO + TARRO	gr	108.99
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	7.34
PESO DEL SUELO SECO	gr	84.99
HUMEDAD %	%	8.64

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.25	44.21	43.26	13.87	13.94
SUELO SECO + TARRO	gr	41.58	42.35	41.73	13.57	13.59
PESO DEL TARRO	gr	28.53	28.58	29.50	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	1.67	1.86	1.53	0.30	0.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.05	13.77	12.23	5.57	5.59
HUMEDAD %	%	12.80	13.51	12.51	5.39	6.26
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO :		12.78			LIMITE PLASTICO : 5.82	
INDICE PLASTICO :		06.96				

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

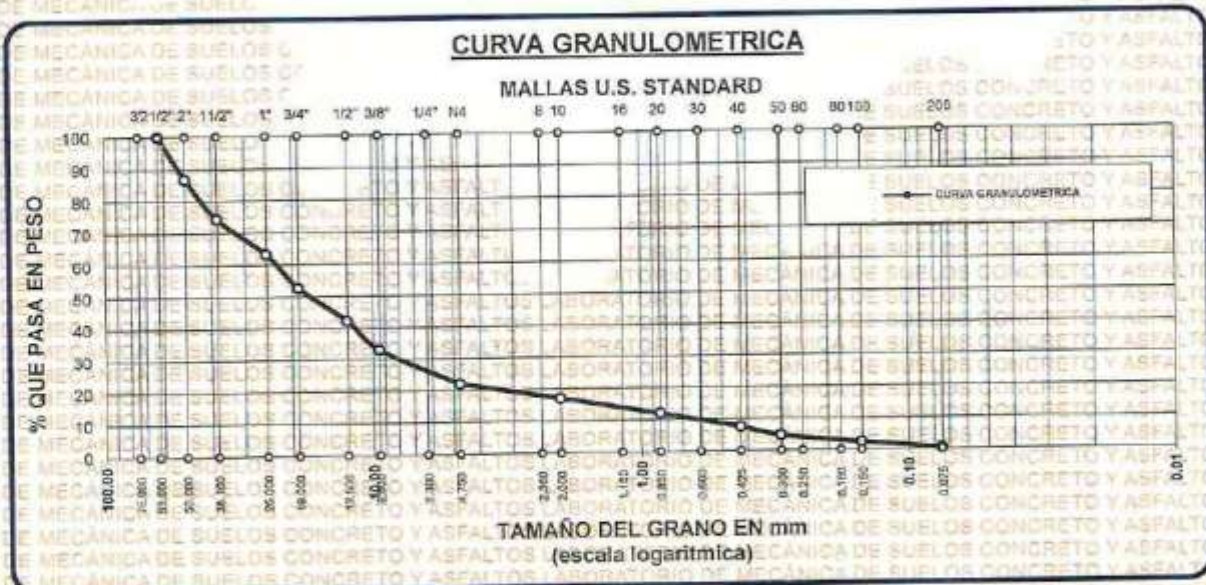
UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01

FECHA : 01 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00		P.I.= 3500.00
2"	50.000	462.28	13.21	13.21	86.79		P.L.= 3487.31
1 1/2"	38.100	432.68	12.36	25.57	74.43		P.P.= 12.69
1"	25.000	387.59	11.07	36.64	63.36		% W = 8.64
3/4"	19.000	372.54	10.64	47.29	52.71		LÍMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	365.78	10.45	57.74	42.26		LL.= 12.78
3/8"	9.500	321.66	9.19	68.93	33.07		LP.= 5.82
1/4"	6.300						IP.= 6.96
No4	4.750	368.54	11.10	78.03	21.97		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.655 Cu= 35.3
No10	2.000	168.54	4.82	82.85	17.15		D30= 8.186 Cc= 4.43
No16	1.180						D60= 23.11
No20	0.850	179.58	5.13	87.98	12.02		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	154.24	4.41	92.38	7.62		SUSCS GM-GC
No50	0.300	99.87	2.85	95.24	4.76		ASSTHO A1
No80	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	84.28	2.41	97.64	2.36		
No200	0.075	69.75	1.99	99.64	0.36		
BASE		12.69	0.36	100.00	0.00		
TOTAL		3500.00	100.00				
% PÉRDIDA		0.36					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FCP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI
UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATA 02
FECHA : 01 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	124.65
SUELO SECO + TARRO	gr	115.58
PESO DEL TARRO	gr	23.87
PESO DEL AGUA	gr	9.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	91.71
HUMEDAD %	%	9.89

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.99	43.87	44.94	13.92	13.88
SUELO SECO + TARRO	gr	43.21	42.33	43.19	13.63	13.59
PESO DEL TARRO	gr	28.64	29.64	28.34	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	1.78	1.54	1.75	0.29	0.29
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.57	12.69	14.85	5.63	5.59
HUMEDAD %	%	12.22	12.14	11.78	5.15	5.19
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	11.90	LIMITE PLASTICO	:	5.17	

INDICE PLASTICO : 06.73

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FCP - CIP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
E.S.P. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

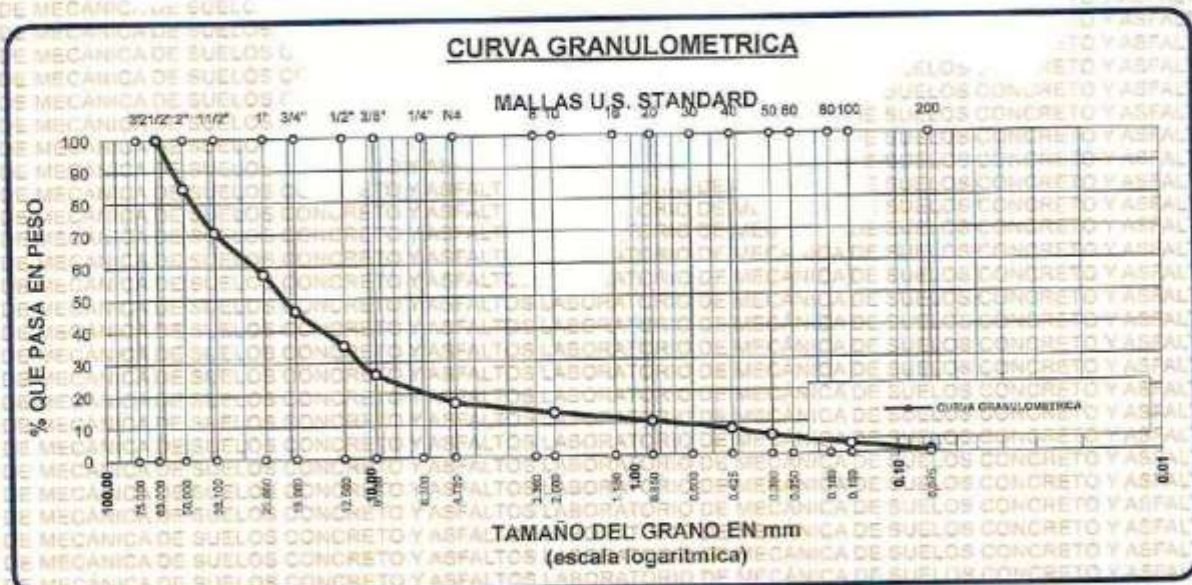
UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02

FECHA : 01 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 3000.00
2"	50.000	458.94	15.30	15.30	84.70		P.L.= 2882.33
1 1/2"	38.100	415.89	13.86	29.16	70.84		P.P.= 17.67
1"	25.000	397.63	13.25	42.42	57.58		%W= 9.89
3/4"	19.000	344.55	11.49	53.90	46.10		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	324.56	10.82	64.72	35.28		LL.= 11.90
3/8"	9.500	274.56	9.15	73.87	26.13		LP.= 5.17
1/4"	6.300						IP.= 6.73
No4	4.750	271.78	9.06	82.93	17.07		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= 0.751 Cu= 36.5
No10	2.000	104.36	3.48	86.41	13.59		D30= 10.769 Cc= 5.64
No16	1.190						D60= 27.39
No20	0.850	89.45	2.98	89.39	10.61		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	78.62	2.62	92.01	7.99		SUSCS GW-GM
No50	0.300	65.74	2.19	94.20	5.80		ASSTHO A1
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	84.56	2.82	97.02	2.98		
No200	0.075	71.65	2.39	99.41	0.59		
BASE		17.67	0.59	100.00	0.00		
TOTAL		3000.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 LABORATORIO M.S.C.A. DEPARTAMENTO JULIACA - LAMPA
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 EICP - CAD INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 C.I.F. 103257



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



PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : GALICATA 03

FECHA : 01 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	129.65
SUELO SECO + TARRO	gr	122.69
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	6.98
PESO DEL SUELO SECO	gr	99.05
HUMEDAD %	%	7.03

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.78	43.87	43.95	13.57	13.49
SUELO SECO + TARRO	gr	42.37	42.12	42.27	13.31	13.19
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	1.41	1.75	1.68	0.26	0.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.12	13.50	13.13	5.31	5.19
HUMEDAD %	%	9.99	12.96	12.80	4.90	5.78
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	11.73	LIMITE PLASTICO	:	5.34	
INDICE PLASTICO	:		06.39			

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

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

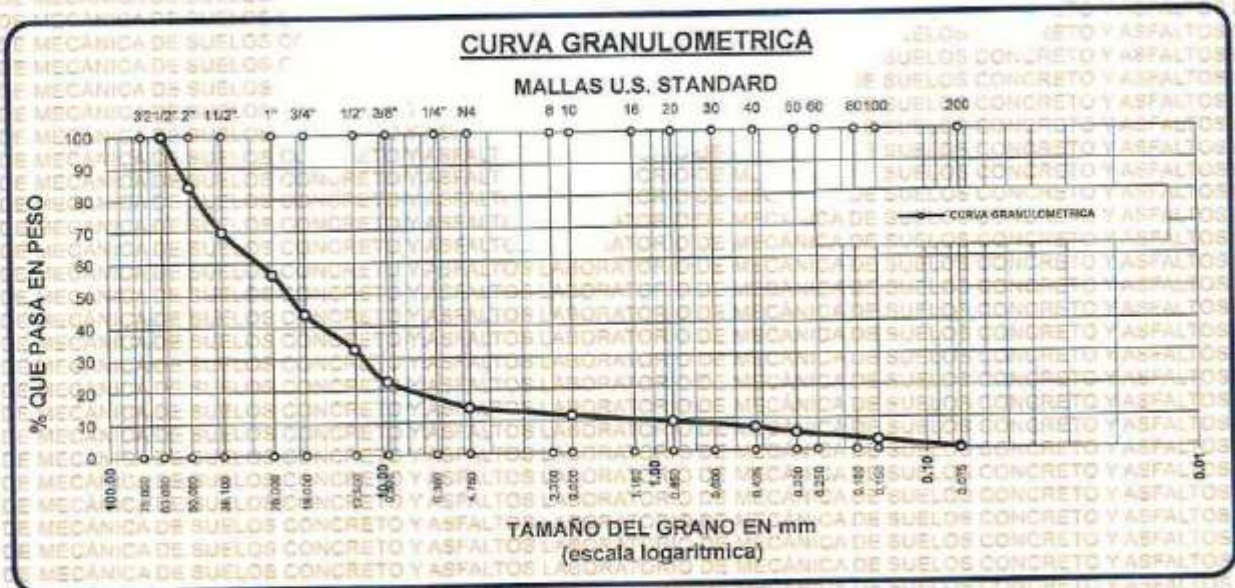
UBICACIÓN : VÍA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03

FECHA : 01 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00		P.I.= 3000.00
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 2989.04
2"	50.000	472.58	15.75	15.75	84.25		P.P.= 10.96
1 1/2"	38.100	432.11	14.40	30.16	69.84		%W= 7.03
1"	25.000	402.87	13.43	43.59	56.41		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	374.56	12.49	56.07	43.93		LL.=
1/2"	12.500	332.87	11.10	67.17	32.83		LP.=
3/8"	9.500	305.58	10.19	77.35	22.65		IP.= 6.39
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	251.54	8.38	85.74	14.26		D10= 1.182 Cu= 24.1173
No8	2.380						D30= 11.665 Cc= 4.04126
No10	2.000	81.47	2.72	88.45	11.55		D60= 28.50
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	65.23	2.17	90.63	9.37		LG. =
No30	0.600						SUSCS GP-GM
No40	0.425	63.27	2.11	92.74	7.26		ASSTHO A1
No50	0.300	54.74	1.82	94.56	5.44		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	72.68	2.42	96.98	3.02		
No200	0.075	79.54	2.65	99.63	0.37		
BASE		10.96	0.37	100.00	0.00		
TOTAL		3000.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAS INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnoldo...



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: 22-09-2025

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LUIS FERNANDO PUMA MAMANI

Dirección: Jr. ANTALLA S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70439210

Teléfono: 972 457 861 email: gatsby6011@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA 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 PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO SOBRE

LAS PROPIEDADES DE LA BASE GRANULAR DE BAJA CALIDAD

EN LA VÍA JULIACA - LAMPA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): BASE GRANULAR, CBR, PAVIMENTO ASFÁLTICO RECICLADO, PAVIMENTO

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV FLEXIBLE 1, 2?

1

1 Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

2 Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
 Título
 2da Especialidad
 Maestría
 Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

22-09-2025

Fecha