



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y
CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE
LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARYLUZ AQUINO JUAREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

JULIACA – PERÚ

2025



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y
CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE
LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. MARYLUZ AQUINO JUAREZ

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:


Dr. CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR


PRIMER MIEMBRO

:


Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

SEGUNDO MIEMBRO

:


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° 995-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de septiembre del 2025

VISTO: El expediente N° 2025- CU-7406 presentado por el (la) Bachiller: **MARYLUZ AQUINO JUAREZ** 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. **MARYLUZ AQUINO JUAREZ**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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. LEONEL SUASACA PELINCO
- * **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: **MARYLUZ AQUINO JUAREZ**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 12 de septiembre del 2025
- * **HORA** : 08:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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



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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 840-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 11 de agosto del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU - 1176 por el señor (a): **MARYLUZ AQUINO JUAREZ** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 656- 2025-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 075- 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): **MARYLUZ AQUINO JUAREZ**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) **Titulado: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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° 075- 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) **titulado: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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): **MARYLUZ AQUINO JUAREZ**, para optar el Título Profesional de ingeniero Civil, con el Tema **Titulado: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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 CS. PURAS

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



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

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 608-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de julio del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 7078, presentado por el señor (a) **MARYLUZ AQUINO JUAREZ** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 447-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 028-2025 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): **MARYLUZ AQUINO JUAREZ** ha presentado su propuesta de investigación Titulada: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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 de la propuesta de investigación formato N° 028-2025- aprobando la propuesta de investigación titulada: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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): **MARYLUZ AQUINO JUAREZ**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulada: **EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA 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 al (a la) docente **Dr. ARNALDO YANA TORRES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Luis Wilfredo Mena Anzo



16% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 10% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 13% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

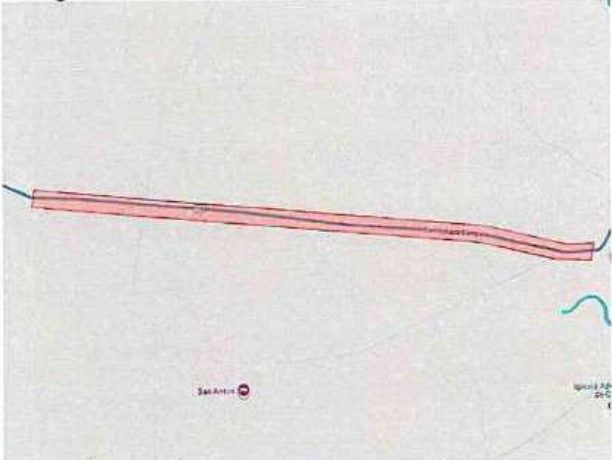
Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	MARYLUZ AQUINO JUAREZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	70112869
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0003-9885-2673
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	CESAR GUILLERMO CAMARGO NAJAR
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02441152
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	LEONEL SUASACA PELINCO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	40865558
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	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	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Latitud: S 15° 21' 49" Longitud: O 70° 21' 56"  https://maps.app.goo.gl/feMaMyE8qUSy1147
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2025 – Septiembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03



UNIVERSIDAD NACIONAL "WISHTO CAYSHI" DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS BÁSICAS

[Signature]

Dr. Fritz Willy Monani Apaza
DIRECTOR
OFICINA DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo MARYLUZ AQUINO JUAREZ, identificado con DNI Nro. 70112869, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE

DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS

DE LA CARRETERA 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 30 de setiembre del 2025

Firma del Asesor
(obligatoria)

Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza durante estos años. Gracias por iluminar mi camino y darme la sabiduría y perseverancia para alcanzar esta meta.

A mi mamá Aurora, a mis hermanos. Quienes han sido y serán mi mayor inspiración y apoyo incondicional. Gracias por cada apoyo en los momentos más difíciles de mi vida y recordarme que soy capaz de superar cada obstáculo que se atraviesa en mi camino, mis gracias infinitas.

A mi papá (Leonardo) y hermana (Roxi), quienes fueron y serán mi inspiración desde el cielo.

Finalmente dedico a mí misma, porque este esfuerzo, sacrificio y perseverancia son prueba de mi fortaleza y determinación. reconozco cada paso dado y cada desafío superado. Este logro es también un recordatorio de lo lejos que puedo llegar cuando creo en mí misma.



AGRADECIMIENTO

Quiero extender mis agradecimientos principalmente a Dios, quien fue mi fuente de sabiduría y fortaleza, por guiarme en este camino académico y brindarme el entendimiento y la sabiduría necesaria para alcanzar esta meta, el es quien me ha bendecido con la capacidad de aprender y tener este logro.

A mi madre y hermanos, cuyo apoyo incondicional han sido el pilar de mi vida. Su sacrificio, dedicación y enseñanza me han inspirado a perseguir mis sueños con determinación.

Gracias por estar siempre a mi lado, animándome en los momentos difíciles y celebrando mis logros. Este trabajo es tan suyo como mío, y estoy profundamente agradecida por todo lo que han hecho por mí, agradezco a mi padre y hermana que en su momento en vida me enseñaron a nunca rendirme, Mi amor es tan infinito por ustedes.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE GENERAL..... iii

ÍNDICE DE TABLAS..... vi

ÍNDICE DE FIGURAS..... vii

RESUMEN..... viii

ABSTRACT..... ix

INTRODUCCIÓN..... x

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática..... 12

1.2 Planteamiento del problema..... 14

 1.2.1 Problema general..... 14

 1.2.2 Problemas específicos..... 14

1.3 Objetivos de la investigación..... 14

 1.3.1 Objetivo general..... 14

 1.3.2 Objetivos específicos..... 14

1.4 Justificación de la investigación..... 15

 1.4.1 Justificación técnica..... 15

 1.4.2 Justificación económica..... 15

 1.4.3 Justificación social..... 16

 1.4.4 Justificación ambiental..... 16

1.5 Hipótesis de la investigación..... 17

 1.5.1 Hipótesis general..... 17

 1.5.2 Hipótesis específicas..... 17

1.6 Variables e indicadores..... 17

 1.6.1 Variable de caracterización..... 17



1.6.2 Variable de interés..... 18

1.7 Operacionalización de variables..... 19

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación 20

2.1.1 Antecedentes internacionales 20

2.1.2 Antecedentes nacionales..... 22

2.1.3 Antecedentes locales..... 24

2.2 Bases teóricas 27

2.2.1 Evaluación estructural del pavimento flexible mediante medición de deflexiones máximas y calidad de materiales en las capas 27

2.2.1.1 Pavimento flexible..... 28

2.2.1.2 Capas del pavimento flexible 29

2.2.1.3 Características de los suelos para la determinación de la calidad del material..... 40

2.2.1.4 Deflexiones..... 29

2.2.2 Pavimentos..... 46

2.2.3 Viga Benkelman 50

2.3 Marco conceptual..... 53

CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de la investigación 55

3.2 Nivel de la investigación..... 56

3.3 Tipo de la investigación..... 56

3.4 Diseño de la investigación..... 57

3.5 Método de la investigación..... 57

3.6 Población y muestra de la investigación..... 58

3.6.1 Población..... 58



- 3.6.2 Muestra 59
- 3.7 Técnicas e instrumentos 59
 - 3.7.1 Técnicas 59
 - 3.7.2 Instrumentos..... 60
- 3.8 Validación y confiabilidad del instrumento 60
 - 3.8.1 Validación 60
 - 3.8.2 Confiabilidad..... 61
- 3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos 61
 - 3.9.1 Análisis e interpretación de los resultados 65

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1 Resultados obtenidos..... 66
 - 4.1.1 Calidad de los materiales empleados en la subbase granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 67
 - 4.1.2 Calidad de los materiales empleados en la base granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 74
 - 4.1.3 Deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la carretera Juliaca - Lampa 81
- 4.2 Discusión de Resultados..... 92
- CONCLUSIONES..... 94**
- RECOMENDACIONES..... 96**
- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 97**
- ANEXOS 102**



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Operacionalización de variables* 19

Tabla 2 *Parámetros de la subbase* 62

Tabla 3 *Parámetros de la base*..... 62

Tabla 4 *Tamizado-E°1*..... 67

Tabla 5 *Tamizado-E°2*..... 68

Tabla 6 *Tamizado-E°3*..... 69

Tabla 7 *Exploraciones-Limites*..... 70

Tabla 8 *COH-DMS* 71

Tabla 9 *CBR*..... 72

Tabla 10 *Parámetros en el tamizado - Comparativa* 73

Tabla 11 *Parámetros de las características de la subbase* 73

Tabla 12 *Tamizado-E°1*..... 74

Tabla 13 *Tamizado-E°2*..... 75

Tabla 14 *Tamizado-E°3*..... 76

Tabla 15 *Exploraciones-Limites*..... 77

Tabla 16 *COH-DMS* 78

Tabla 17 *CBR*..... 79

Tabla 18 *Parámetros en el tamizado - Comparativa* 80

Tabla 19 *Parámetros de las características de la base*..... 80

Tabla 20 *Datos de las lecturas realizadas en el lado derecho* 81

Tabla 21 *Deflexiones y radios de curvaturas del lado derecho* 82

Tabla 22 *Datos de las lecturas realizadas en el lado izquierdo*..... 85

Tabla 23 *Deflexiones y radios de curvaturas del lado izquierdo* 86

Tabla 24 *Condición del pavimento del lado derecho* 90

Tabla 25 *Condición del pavimento del lado derecho* 91



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Capas del pavimento</i>	29
Figura 2 <i>Viga de Benkelman</i>	52
Figura 3 <i>Plantilla del ensayo de la Viga de Benkelman</i>	63
Figura 4 <i>El comportamiento de un pavimento de acuerdo al radio de curvatura</i>	64
Figura 5 <i>Tamizado-E°1</i>	67
Figura 6 <i>Tamizado-E°2</i>	68
Figura 7 <i>Tamizado-E°3</i>	69
Figura 8 <i>Exploraciones-Limites</i>	70
Figura 9 <i>COH-DMS</i>	71
Figura 10 <i>CBR</i>	72
Figura 11 <i>Tamizado-E°1</i>	74
Figura 12 <i>Tamizado-E°2</i>	75
Figura 13 <i>Tamizado-E°3</i>	76
Figura 14 <i>Exploraciones-Limites</i>	77
Figura 15 <i>COH-DMS</i>	78
Figura 16 <i>CBR</i>	79
Figura 17 <i>Deflexiones del lado derecho</i>	83
Figura 18 <i>Radios de curvatura del lado derecho</i>	83
Figura 19 <i>Deflexiones del lado izquierdo</i>	87
Figura 20 <i>Radios de curvatura del lado izquierdo</i>	87
Figura 21 <i>Deflexiones</i>	89
Figura 22 <i>Radios de curvatura</i>	89



RESUMEN

La investigación titulada "Evaluación estructural del pavimento flexible mediante medición de deflexiones máximas y calidad de materiales en las capas de la carretera Juliaca - Lampa 2025" tiene como objetivo evaluar la estructura del pavimento flexible mediante la medición de deflexiones y la calidad de los materiales de la base y subbase granular. Para ello, se utilizó un diseño no experimental con enfoque cuantitativo. Los resultados mostraron que la subbase granular no cumple con los requisitos establecidos por la norma EG-2013, ya que el (IP) promedio fue de 9.06%, superando el límite máximo permitido del 4%, y el CBR promedio fue de 37.58%, por debajo del mínimo requerido de 40%. En cuanto a la base granular, aunque el IP promedio de 3.75% está dentro del límite permitido, el CBR promedio de 74.21% no alcanza el valor mínimo exigido del 100%. En cuanto a las mediciones de deflexiones, la deflexión máxima promedio del pavimento es de 83.65 mm/100 en el lado derecho y 84.20 mm/100 en el lado izquierdo, valores dentro de los límites admisibles para pavimentos flexibles. Los radios de curvatura promedio son de 138 m en el lado derecho y 133 m en el izquierdo, con una deflexión admisible de 89.8×10^{-2} mm, lo que indica una adecuada respuesta estructural del pavimento. En conclusión, aunque el pavimento flexible muestra una respuesta estructural adecuada en cuanto a deflexiones, la calidad insuficiente de los materiales en las capas de subbase y base granular puede comprometer la capacidad de soporte del pavimento y, por ende, su durabilidad y desempeño a largo plazo.

Palabras Clave: Evaluación estructural, pavimento flexible, deflexiones máximas, calidad de materiales.



ABSTRACT

The research entitled "Structural evaluation of flexible pavement by measuring maximum deflections and material quality in the layers of the Juliaca-Lampa 2025 road" has as its main objective to evaluate the structure of flexible pavement by measuring deflections and the quality of the base and granular subbase materials. To this end, a non-experimental design with a quantitative approach was used. The results showed that the granular subbase does not meet the requirements established by the EG-2013 standard, as the (PI) was 9.06%, exceeding the maximum permitted limit of 4%, and the average CBR was 37.58%, below the minimum required of 40%. As for the granular base, although the average PI of 3.75% is within the permitted limit, the average CBR of 74.21% does not reach the minimum required value of 100%. Regarding deflection measurements, the average maximum pavement deflection is 83.65 mm/100 on the right side and 84.20 mm/100 on the left side, values within the permissible limits for flexible pavements. The average curvature radii are 138 m on the right side and 133 m on the left side, with an admissible deflection of 89.8×10^{-2} mm, indicating an adequate structural response of the pavement. In conclusion, although the flexible pavement shows adequate structural response in terms of deflections, the insufficient quality of the materials in the subbase and granular base layers may compromise the pavement's bearing capacity and, therefore, its durability and long-term performance.

Keywords: Structural assessment, flexible pavement, maximum deflections, material quality.



INTRODUCCIÓN

La infraestructura vial es uno de los componentes fundamentales para el desarrollo económico y social de una región, ya que facilita la conexión entre distintos puntos y la movilización de bienes y personas. En el contexto de la provincia de San Román, la carretera Juliaca - Lampa es una de las principales arterias viales que conecta a diversas comunidades y desempeña un rol crucial en la actividad económica de la zona. Sin embargo, a causa de factores tales como el aumento del flujo de transporte, las condiciones meteorológicas extremas y el envejecimiento de los materiales, es fundamental evaluar de manera continua el estado estructural de sus pavimentos para garantizar su seguridad, funcionalidad y durabilidad.

El pavimento flexible, utilizado en la mayoría de las carreteras de la región, es susceptible a diversas formas de deterioro que afectan su rendimiento y vida útil. La evaluación de su estado es un procedimiento complicado que abarca tanto el análisis de la deformación estructural como la calidad de los materiales utilizados en las distintas capas del pavimento. La medición de deflexiones máximas es una de las técnicas más efectivas para evaluar la capacidad portante del pavimento y detectar zonas susceptibles a fallos, mientras que el análisis de la calidad de los materiales es crucial para garantizar la estabilidad y resistencia de la estructura en su conjunto.

La presente tesis tiene como finalidad principal realizar una evaluación estructural del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa mediante la medición de deflexiones máximas y el análisis de la calidad de los materiales en las distintas capas que conforman el pavimento. Este estudio proporciona una visión integral del estado actual del pavimento, permitiendo identificar áreas críticas que requieren atención y proponiendo medidas de mejora para optimizar su desempeño y prolongar su vida útil.

A través de un enfoque metodológico que combina la medición in situ de las deflexiones y el análisis laboratorial de los materiales, esta investigación busca aportar



información valiosa para la toma de decisiones en cuanto al mantenimiento y rehabilitación de la carretera, contribuyendo al fortalecimiento de la infraestructura vial de la región y, por ende, al bienestar de la población.

La presente tesis se organiza en cuatro capítulos que abordan de manera sistemática el proceso de evaluación estructural del pavimento flexible. Cada capítulo se enfoca en un aspecto específico de la investigación, proporcionando un marco metodológico y técnico para el desarrollo del estudio.

El Capítulo I: Introducción, presenta el contexto y justificación del estudio, los objetivos generales y específicos de la investigación.

En el Capítulo II: Revisión Bibliográfica, se revisan los conceptos fundamentales relacionados con el pavimento flexible, su comportamiento estructural, los métodos de medición de deflexiones, así como los procesos de evaluación de la calidad de los materiales en las capas del pavimento. Además, se presentan estudios previos relacionados con el tema, permitiendo contextualizar la investigación dentro del estado del arte.

El Capítulo III: Metodología, detalla el proceso de recolección de datos, que incluye la medición de deflexiones máximas utilizando equipos especializados, y el análisis de la calidad de los materiales mediante ensayos de laboratorio. Asimismo, se describe el procedimiento de análisis de los resultados obtenidos, así como las herramientas y técnicas empleadas para la interpretación de los datos.

Por último, el Capítulo IV: Resultados y Discusión, presenta los resultados obtenidos de la medición de las deflexiones máximas y los análisis de los materiales, seguidos de una interpretación crítica de los mismos. Este capítulo también incluye las conclusiones derivadas del estudio y las recomendaciones para la mejora del pavimento en la carretera Juliaca - Lampa.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

A nivel mundial, la infraestructura vial enfrenta serios desafíos debido al envejecimiento de las carreteras y el aumento de la demanda vehicular, lo cual ha provocado un deterioro acelerado de pavimentos flexibles en diversas partes del mundo. La falta de mantenimiento adecuado y la utilización de materiales de baja calidad en la construcción de pavimentos ha llevado a la necesidad urgente de evaluar la capacidad estructural de las carreteras para evitar fallos catastróficos. Según informes de organizaciones internacionales como la World Road Association (PIARC), muchas infraestructuras viales no están preparadas para soportar los aumentos de tráfico ni las condiciones climáticas extremas, lo que incrementa la frecuencia de daños, accidentes y costos de rehabilitación. Este contexto subraya la importancia de realizar estudios estructurales periódicos que permitan tomar decisiones informadas sobre la rehabilitación y mantenimiento de pavimentos (Cárdenas, 2022).

En el contexto nacional, el Perú enfrenta desafíos significativos en el mantenimiento y mejora de su red vial. La calidad de los pavimentos flexibles en muchas zonas del país es insuficiente, y las técnicas de mantenimiento y evaluación estructural no siempre se aplican de manera adecuada. El rápido crecimiento urbano y el aumento del parque



automotor en ciudades intermedias y rurales, junto con la falta de presupuestos y una planificación adecuada, ha causado un deterioro generalizado en las carreteras del país. En particular, las vías de alto tránsito y las que conectan regiones alejadas, como la carretera Juliaca - Lampa, son susceptibles a graves deterioros debido a la alta carga vehicular, el clima extremo y la deficiente calidad de los materiales empleados en la construcción. Esto se ve reflejado en el aumento de los costos de mantenimiento, accidentes viales y un deterioro continuo de la calidad de vida de los usuarios de la red vial (Cárdenas, 2022).

A nivel local, la carretera Juliaca - Lampa, una de las principales arterias de transporte en la región de Puno, enfrenta serios problemas estructurales que afectan tanto a la seguridad de los usuarios como a la eficiencia del transporte en la zona. La alta carga vehicular y las situaciones climáticas extremas propias de la región, como las heladas y lluvias intensas, han acelerado el deterioro del pavimento flexible, mostrando deflexiones excesivas en varias áreas, lo que genera riesgo de fallos estructurales. Además, se ha identificado una preocupación creciente por la calidad de los materiales utilizados en las capas del pavimento, que no siempre cumplen con los estándares de resistencia y durabilidad requeridos. La falta de una evaluación constante y un adecuado plan de mantenimiento ha dado lugar a tramos de carretera con condiciones deficientes, lo que no solo incrementa el riesgo de accidentes, sino que también eleva los costos de transporte y afecta negativamente a la economía local.

Esta situación resalta la necesidad urgente de emprender un estudio exhaustivo de la situación actual de la carretera Juliaca - Lampa, con el fin de evaluar su capacidad estructural y garantizar la seguridad y durabilidad del pavimento a largo plazo. La presente investigación busca contribuir a resolver estos problemas a través de la medición de deflexiones máximas y la evaluación de la calidad de los materiales en las capas del pavimento, proponiendo estrategias para mejorar la infraestructura vial en la región.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es el estado estructural del pavimento flexible mediante medición de deflexiones máximas y calidad de materiales en las capas de la carretera Juliaca - Lampa 2025?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Qué calidad presentan los materiales empleados en la subbase granular de la carretera Juliaca – Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles?
2. ¿Qué calidad presentan los materiales empleados en la base granular de la carretera Juliaca – Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles?
3. ¿Cuáles son las deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar la estructura del pavimento flexible mediante medición de deflexiones y calidad de materiales de la base y subbase granular en la carretera Juliaca - Lampa 2025.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Determinar la calidad de los materiales empleados en la subbase granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles.
2. Determinar la calidad de los materiales empleados en la base granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles.



3. Determinar las deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

La examinación estructural del pavimento flexible mediante la medición de deflexiones máximas y la evaluación de la calidad de los materiales en las capas del pavimento es esencial para garantizar el buen estado de las infraestructuras viales. Desde el punto de vista técnico, esta investigación permitirá obtener datos precisos sobre el rendimiento del pavimento en la vía Juliaca - Lampa, identificando áreas con deficiencias estructurales y materiales de baja calidad que podrían comprometer la seguridad vial y el desempeño de la infraestructura. Mediante el uso de métodos de medición avanzados, como el equipo de deflectometría, se podrán determinar las deflexiones máximas que indican la capacidad de carga del pavimento, proporcionando información técnica clave para el diseño de futuros programas de rehabilitación y mantenimiento. Además, el análisis de los materiales permitirá verificar si cumplen con las normativas técnicas, asegurando la estabilidad y durabilidad del pavimento en el largo plazo.

1.4.2 Justificación económica

Bajo la consideración económica, la correcta evaluación y el mantenimiento adecuado de las infraestructuras viales son fundamentales para reducir costos a largo plazo. El análisis estructural del pavimento permite identificar problemas antes de que se conviertan en fallos graves, lo que a su vez reduce los costos asociados con reparaciones urgentes y de emergencia. Si se detectan las deficiencias a tiempo, las intervenciones pueden ser más económicas y menos invasivas, lo que optimiza el uso de los recursos. Además, el estudio de la calidad de los materiales garantiza que los costos de rehabilitación sean más bajos a largo plazo, al evitar el uso de materiales deficientes que

requieran frecuentes reparaciones. La mejora de la infraestructura vial también tiene un efecto constructivo en la economía local, ya que facilita el transporte eficiente de bienes y personas, reduciendo los tiempos de viaje y los costos logísticos, lo que beneficia a la actividad económica regional.

1.4.3 Justificación social

Socialmente, la carretera Juliaca - Lampa es una vía crucial para la conexión entre comunidades y para la posibilidad de acceder a servicios clave como la educación y la salud y el comercio. La evaluación estructural de su pavimento tiene un impacto directo en la seguridad de los usuarios, ya que permite identificar áreas con riesgo de fallos que podrían causar accidentes de tráfico. Además, el adecuado estado de la infraestructura vial contribuye al bienestar personal y social al facilitar el transporte de manera segura y eficiente. La investigación también contribuye al bienestar social al asegurar que la carretera sea duradera y resistente, reduciendo las interrupciones del servicio de transporte y mejorando la conectividad entre diversas zonas de la región. Por otro lado, un pavimento bien mantenido reduce el impacto de los daños a los vehículos, lo que contribuye a la seguridad y a la reducción de los costos relacionados con accidentes y reparaciones de vehículos.

1.4.4 Justificación ambiental

En lo que respecta al medio ambiente, la investigación también tiene implicaciones importantes. Un pavimento bien diseñado y mantenido contribuye a una mayor durabilidad y menor necesidad de intervención, lo que reduce el consumo de recursos naturales y la producción de residuos. La utilización de materiales de calidad y su adecuada gestión en la construcción de pavimentos también reduce la huella ambiental de las infraestructuras viales, al minimizar el uso de materiales no sostenibles o de bajo rendimiento que requieren reparaciones frecuentes. Además, la prevención de fallos estructurales mediante la medición de deflexiones y la calidad de los materiales contribuye a disminuir la erosión de



los terrenos y a reducir los desbordes de agua en épocas de lluvias, lo cual puede afectar negativamente el entorno natural. Por lo tanto, este estudio no solo tiene el objetivo de mejorar la infraestructura vial, sino también de contribuir al desarrollo de soluciones más sostenibles que respeten y preserven el medio ambiente.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

El estado de la estructura del pavimento flexible mediante medición de deflexiones y calidad de materiales de la base y subbase granular en la carretera Juliaca - Lampa 2025, presentara materiales que cumplen al límite la calidad y deflexiones altas por aplicación de cargas de tránsito.

1.5.2 Hipótesis específicas.

1. La calidad de los materiales de la subbase granular en el pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa no satisface del todo las especificaciones de la EG-2013, debido a que se encuentra mínimamente por debajo de lo estipulado.
2. La calidad de los materiales de la base granular en el pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa no satisface del todo las especificaciones de la EG-2013, debido a que se encuentra mínimamente por debajo de lo estipulado.
3. Las deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa, no cumplirán con los valores propios de la vía en estudio.

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 Variable de caracterización

Deflexiones máximas

Calidad de materiales



Indicadores:

- Calidad de la subbase granular.
- Calidad de la base granular.
- Deflexiones máximas.
- Radio de curvatura.
- Deflexiones admisibles.

1.6.2 Variable de interés

Pavimento flexible

Indicadores:

- Carpeta asfáltica
- Base
- Subbase



1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición	Dimensión	Indicadores	Valor final	Inst. de Medición	Tipo
VC Deflexiones Calidad de materiales.	Se refiere a la medición de la deflexión máxima del pavimento flexible y la evaluación de la calidad de los materiales en las capas de pavimento.	Deflexiones, cumplimiento de las especificaciones de los materiales.	Calidad de la subbase granular		Viga de Benkelman, equipos y herramientas de laboratorio.	Nominal
			Calidad de la base granular			
			Deflexiones máximas	*10 ⁻²		
			Radio de curvatura	M		
			Deflexiones admisibles	*10 ⁻²		
VI Estructura del pavimento flexible.	Estudia el comportamiento del pavimento flexible bajo diferentes condiciones de carga y las características de las capas.	Evaluación de las capas	Carpeta asfáltica, base y subbase.	Capas	Hojas de registros y herramientas de laboratorio.	Ordinal

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Fuentes (2023) en su trabajo titulado "Propuesta de un plan de rehabilitación de la capa de rodadura de la vía Cunchibamba – San Andrés", comenzó con un levantamiento georreferenciado utilizando un GPS, lo que permitió construir un modelo digital detallado de la vía. Posteriormente, se procedió mediante la cuantificación del tráfico vehicular con la instalación de una estación de conteo durante 7 días, con registros en periodos de 12 horas. Con base en estos datos, se estimó el Transito Promedio Diario Anual (TPDA) futuro para la vía, proyectándolo a 20 años, manteniendo su clasificación vial de acuerdo con la normativa del (MTO) como vía colectora de clase III. El análisis de las condiciones de la vía también incluyó la toma de muestras de suelo cada 1.0 km, las cuales fueron analizadas en laboratorio. Los resultados indicaron que el terreno predominante en la carretera corresponde a "Arena Limosa", y presenta una clasificación CBR general como subrasante "buena". En cuanto a la estimación del TPDA, se determinó que en el año 2022 la vía tenía un valor de 894 vehículos por día. Proyectando este valor a 20 años, según la normativa del MTO, se espera que el TPDA alcance los 973 vehículos por día, lo que clasifica a la vía como colectora secundaria. Esta categoría debería contar



con un ancho de vía de 6.0 metros, sin embargo, la vía en cuestión presenta un ancho promedio de 7.5 metros. Este sobreaancho se debe al alto porcentaje de tránsito pesado que circula por la vía, el cual representa un 45.38% del total del tráfico. Por otro lado, la deflexión crítica medida fue de $166.97 \times 10^{-2} \text{mm}$, un valor inferior a la deflexión admisible de $173.97 \times 10^{-2} \text{mm}$, lo que confirma que el comportamiento de la subrasante es "bueno", conforme a los criterios establecidos por CONREVIAl. Sin embargo, en cuanto al comportamiento del pavimento, los estudios revelaron que el radio en los tramos estudiados no supera los 100 metros, lo cual está asociado con una deflexión III a lo largo de toda la vía, indicando un comportamiento estructural deficiente. En consecuencia, es necesario realizar un refuerzo o incluso una reconstrucción de la vía para asegurar su capacidad de mantenerse funcional con el tiempo.

Según Arteaga (2025) en su estudio denominado "Evaluación de la estructura de la capa de rodadura de la vía La Merced en el tramo km 0+000 al km 4+200 del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi", tiene como objetivo es desarrollar un minucioso plan integral de mantenimiento y conservación vial. El diseño incorpora un examen integral del flujo vehicular, además de una evaluación superficial y estructural del pavimento existente. Además, se ha establecido un presupuesto de referencia para llevar a cabo las intervenciones necesarias y se ha propuesto una nueva estructura del firme que responda a las demandas actuales y futuras de la carretera. Se ha registrado un Tráfico Medio Diario Anual (TMPD) de 1.841 coches al día, y se espera que esta cifra aumente hasta los 3.398 vehículos al día en el año 2044, según se desprende de la investigación realizada sobre el tráfico de vehículos. Debido al aumento del tráfico, es más importante que nunca tomar medidas para evitar más problemas. En el contexto de la evaluación del pavimento, se realizaron mediciones de la deflexión a intervalos de 500 metros a lo largo de la carretera. A partir de los resultados se determinó que cada uno de los puntos de medición, entre uno y ocho, presentaba un radio de curvatura superior a cien metros, lo que es señal de un mal comportamiento del firme. La deflexión típica medida fue de $127,81 \times 10^{-2}$ milímetros, una



cifra superior a la deflexión permitida de 92,37 milímetros. Cuando se compara con la deflexión crítica de 103,54 milímetros, queda claro que hay regiones con deflexiones que superan las limitaciones establecidas. Esto indica que hay regiones que pueden presentar degradación estructural y requieren un tratamiento rápido. Por otro lado, las pruebas de granulometría que se realizaron en las muestras de suelo que se recuperaron de la carretera revelaron que el tipo de suelo mayoritario es SMLimosa. Esto indica que el suelo es una arena mal graduada que contiene limo y un grado menor de plasticidad. Según la norma SUCS, esta clasificación se refiere a un tipo de arena que tiene un agregado más fino y una distribución que no es uniforme. Se le ha asignado la designación de A-2-4 de acuerdo con la norma AASHTO. Por último, los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas en varias calicatas a lo largo de la ruta revelaron valores significativos en cuanto a las cualidades del suelo. La densidad seca más alta que se midió fue de 1.749 g/cm³, mientras que el contenido de humedad óptimo que se tuvo en cuenta fue del 16,5%. Teniendo en cuenta el índice de calidad del material (CBR), los valores obtenidos fueron los siguientes: 10,02% para la primera fosa de prueba, 24,78% para la segunda fosa de prueba, 24,92% para la tercera fosa de prueba y 21,24% para la fosa de prueba final. Estos resultados no sólo aportan información esencial que garantizará la estabilidad y resistencia de la carretera en el futuro, sino que también proporcionan una base firme para el diseño de la nueva estructura del firme.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Según Eriquita (2021) nos dice que el presente estudio "Comportamiento estructural del pavimento mediante recuperación elástica utilizando deflexiones medidas con viga Benkelman, red vial Moquegua Mo-108 (2 Km)", se centra en la evaluación del comportamiento de la red vial, específicamente en el tramo de 2 km, que corresponde a una vía de segunda clase según la jerarquía del Sistema Nacional de Carreteras (PE-36A). De acuerdo con su clasificación, esta carretera presenta un Índice de Movilidad Diario Anual (IMDA) de 2000-401 vehículos por día. El estudio se desarrolló en varias etapas,



comenzando con una inspección visual del tramo en cuestión y la verificación de los ensayos de deflexión realizados en la carpeta asfáltica en los años 2018, 2019 y 2020. Durante los ensayos de deflexión, se obtuvo una deflexión característica de 75.02×10^{-2} mm, un valor inferior a la deflexión admisible de 133.5×10^{-2} mm, lo que denota que el pavimento presenta un comportamiento estructural adecuado. Además, el radio de curvatura promedio registrado fue de 138.96 m, superior al mínimo establecido de 100 m, lo que refuerza la conclusión de que la subrasante tiene un buen desempeño. Sin embargo, se observó que el 92.6% del pavimento muestra un buen comportamiento, mientras que el 7.4% restante presenta problemas. En particular, en el cuarto punto de estudio, se identificó que este tramo requiere un sellado de fisuras, de acuerdo con el método de evaluación propuesto por CONREVIAl. Para evaluar con mayor detalle el comportamiento estructural, se realizaron ensayos de laboratorio en puntos críticos de la vía, con el fin de determinar su capacidad de soporte. Estos ensayos se complementaron con el uso del Programa BISAR 3.0 y el método SHELL, lo que permitió realizar un procesamiento de datos y un análisis detallado. A partir de estos análisis, se determinó que la deflexión admisible de la carretera es de 1.1616 mm, y que tanto el esfuerzo como la deformación vertical de compresión sobre la subrasante cumplen con los controles de ahuellamiento y deflexión. Sin embargo, la deformación radial de tracción en la base de la capa asfáltica no cumple con los estándares requeridos, lo que indica que no se está cumpliendo con el control de fatiga en este tramo específico del pavimento.

Además Fernández (2020) en su investigación titulada "Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas, tramo Chaquilpampa-Santa Rosa de Chaquil, mediante el análisis deflectométrico", el objetivo principal del presente trabajo ha sido determinar el comportamiento estructural del pavimento flexible, específicamente en el tramo Chaquilpampa - Santa Rosa de Chaquil. Para ello, se empleó el análisis deflectométrico en un tramo de 5 km de esta vía, que forma parte de la red vial nacional y fue rehabilitada y mejorada en el año 2012. La

investigación busca proporcionar un diagnóstico detallado sobre la capacidad estructural del pavimento en esta sección de la carretera. Para llevar a cabo la evaluación del pavimento, se iniciaron trabajos de recolección de datos de campo, utilizando la viga Benkelman para medir las deflexiones del pavimento bajo la carga de un camión con un peso de 8.2 toneladas en su eje posterior. Las mediciones fueron tomadas cada 100 metros a lo largo del tramo estudiado, lo que resultó en un total de 101 lecturas realizadas en ambos carriles de la carretera. Estos datos permitieron obtener una visión precisa del comportamiento estructural del pavimento bajo las condiciones actuales de tráfico. Con los datos obtenidos en el campo, se procedió a evaluar el pavimento utilizando el método CONREVIAl, lo que permitió calcular la deflexión característica, que fue de 67×10^{-2} mm, un valor inferior a la deflexión admisible de 71×10^{-2} mm. Además, se determinó que el radio de curvatura promedio fue de 333.28 m, un valor superior al mínimo establecido de 100 m por el método CONREVIAl. Estos resultados indicaron que el pavimento presenta un buen comportamiento estructural en la actualidad, lo que sugiere que la carretera se encuentra en un estado adecuado para soportar el tránsito vehicular sin que se presenten daños significativos.

2.1.3 Antecedentes locales

Según Mamani (2022) su investigación titulada "Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según pendientes longitudinales, en la carretera Ayaviri - Purina, Puno 2022", el objetivo principal de esta investigación es evaluar el comportamiento estructural de pavimentos flexibles de acuerdo a las pendientes que corren longitudinalmente. Además de un nivel explicativo, el estudio es de carácter aplicado, tiene un enfoque cuantitativo y está diseñado de manera experimental. Para realizar la evaluación se utilizó la viga de Benkelman, que es un instrumento importante para el análisis de la deflexión. Además, se realizaron inspecciones del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y del Índice de Estado del Pavimento (PCI) en el pavimento flexible objeto de la investigación. Los datos obtenidos indican que la deflexión media encontrada



en la zona de menor pendiente es de $47,83 \times 10^{-2}$ mm, mientras que la deflexión encontrada en la zona de mayor pendiente es de $53,58 \times 10^{-2}$ mm. Además, la flecha típica medida fue de $67,47 \times 10^{-2}$ mm en la zona de menor pendiente, mientras que fue de $78,18 \times 10^{-2}$ mm en la zona de mayor pendiente. Tanto la flecha crítica como la permitida eran equivalentes para las zonas de pendiente mínima y máxima. Por otro lado, la deflexión crítica fue de $133,44 \times 10^{-2}$ mm, mientras que la deflexión permitida fue de $129,26 \times 10^{-2}$ mm. El IRI se midió a 2,25 metros por kilómetro en la zona de menor pendiente, mientras que se midió a 2,35 metros por kilómetro en la zona de mayor pendiente. Esto indica que existe una pequeña variación entre las dos zonas. Por otra parte, el PCI mostró una calificación de 100, lo que indicaba un estado «Excelente» para ambos escenarios de pendiente, tanto si se trataba de la pendiente mínima como de la máxima. La revelación más importante que puede extraerse de esta investigación es que el pavimento flexible en la zona de menor pendiente exhibe un menor grado de deflexión en comparación con la pendiente máxima. También cabe destacar que las deflexiones medias y características son inferiores a las deflexiones admisibles y típicas, lo que constituye un claro indicio de que el comportamiento estructural de la carretera es satisfactorio y se encuentra en excelente estado. Los resultados de la evaluación del IRI también sugieren que la zona con menor pendiente presenta valores más elevados, a pesar de que las variaciones entre las zonas son más bien escasas. En cuanto al PCI, ambas partes de la carretera, incluidas las pendientes mínima y máxima, se consideraron de calidad «Excelente».

Además Flores (2023) en su tesis de investigación "Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021", el objetivo de esta tesis es determinar en qué medida varía el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles según el tipo de suelo subrasante. La técnica utilizada se basó en el método científico, e incluyó un enfoque aplicado y un diseño experimental. La investigación se realizó a nivel explicativo con el fin de conocer cómo las propiedades del suelo inciden en el comportamiento estructural de diversos



pavimentos. Sobre la base de los resultados de la investigación, se determinó que las variaciones en el tipo de suelo A-2 dieron lugar a deflexiones de $0,58 \times 10^{-2} \text{mm}$ y $0,54 \times 10^{-2} \text{mm}$. Además, se midió una deformación máxima de $74 \times 10^{-2} \text{mm}$ y una deformación crítica de $81 \times 10^{-2} \text{mm}$. La tensión vertical $\sigma_Z = 3,46 \text{TN/m}^2$ se utilizó para evaluar la fatiga del pavimento, y se demostró que esta tensión aumentaba con el incremento del índice de vehículos. Concretamente, el índice de vehículos pasó de $3,33 \times 10^6$ a $5,03 \times 10^6$. Las mayores deflexiones en este caso concreto alcanzaron los 74×10^{-2} milímetros. Por otra parte, la variación en el tipo de suelo A-4 exhibió una deflexión de $0,81 \times 10^{-2}$ milímetros, y la fatiga crítica se determinó igualmente en $\sigma_Z = 3,46$ billones de toneladas por metro cuadrado. Para este tipo de suelo en particular, la deflexión máxima permitida fue de 74×10^{-2} milímetros, mientras que la deflexión crítica fue de 81×10^{-2} milímetros, y la deflexión típica fue de $129,150 \times 10^{-2}$ milímetros. Entre las sesenta ubicaciones examinadas, se descubrió que el 98,33% de ellas satisfacían los requisitos del radio de curvatura, mientras que sólo el 1,66% no satisfacían este criterio. Además, se utilizó la prueba de la viga de Benkelman de acuerdo con los requisitos aplicables para medir las deflexiones. Según los resultados de este examen, el comportamiento estructural de la vía se dividió en tres categorías distintas: El 38% de la vía presentaba un mal comportamiento, el 16% presentaba un comportamiento regular y el 76% restante presentaba un buen comportamiento. La mayor parte de la vía parece haber sido tratada eficazmente en lo que respecta a la subrasante, lo que sugiere que la vía tiene una estructura en gran medida adecuada para sostener el tráfico. Estos resultados muestran que la carretera está adecuadamente tratada.



2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Evaluación estructural del pavimento flexible mediante medición de deflexiones máximas y calidad de materiales en las capas*

La evaluación estructural del pavimento flexible mediante medición de deflexiones máximas y calidad de materiales en las capas es un proceso integral que tiene como objetivo analizar la capacidad de soporte y el comportamiento de un pavimento flexible a lo largo del tiempo, utilizando dos herramientas fundamentales: la medición de deflexiones y el análisis de la calidad de los materiales utilizados en sus capas. Esta evaluación permite identificar posibles fallos estructurales, desgaste o deterioro prematuro del pavimento, así como determinar la necesidad de mantenimiento o rehabilitación (Farfan, 2022).

El examen de la integridad estructural de un pavimento se lleva a cabo con el fin de establecer la capacidad portante de las distintas capas que lo componen, además de evaluar el estado de los cimientos. Es imprescindible llevar a cabo este procedimiento para garantizar el funcionamiento y la longevidad de la infraestructura vial. La evaluación de la estructura del firme se lleva a cabo utilizando diversos métodos de investigación, que varían en función del tipo de firme. Estos métodos permiten identificar las zonas potencialmente vulnerables y las regiones que requieren atención (Farfan, 2022).

Existen varios factores que influyen significativamente en el desgaste y deterioro del pavimento, siendo los más relevantes el clima, el agua y el tráfico. Las condiciones climáticas extremas, como las lluvias intensas o las altas temperaturas, junto con la presencia de agua en las capas del pavimento, pueden acelerar la degradación de los materiales. Por otro lado, el tráfico, especialmente el tránsito pesado, genera cargas repetitivas que, con el tiempo, causan daños permanentes en la estructura del pavimento. Estos factores, combinados, son responsables de muchos de los problemas que afectan la vida útil de las carreteras (Farfan, 2022).

La evaluación estructural del pavimento puede realizarse mediante dos tipos principales de ensayos: no destructivos y destructivos. Los ensayos no destructivos



permiten obtener información sobre el comportamiento del pavimento sin comprometer su integridad, mediante el uso de tecnologías como la medición de deflexión o la utilización de ondas sísmicas. Por otro lado, los ensayos destructivos, que incluyen la extracción de muestras del pavimento, proporcionan datos más precisos sobre la calidad de las capas y los materiales, aunque implican la alteración de la estructura del pavimento. Ambos tipos de ensayos ofrecen información valiosa para el diagnóstico del estado del pavimento y son la base para la toma de decisiones en cuanto a su rehabilitación o mantenimiento (Laos & Méndez, 2023).

2.2.1.1 Pavimento flexible

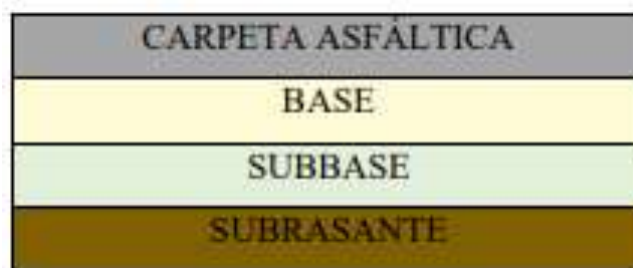
El pavimento flexible se define como un sistema estructural para carreteras y vías que se distingue por contar con una capa superficial elaborada principalmente a partir de materiales asfálticos. Esta capa superior puede estar conformada por mezclas bituminosas aplicadas en caliente o en frío, elección que depende tanto de las condiciones específicas de obra como de la disponibilidad y características de los materiales empleados. El propósito de esta capa es ofrecer una superficie resistente, continua y adaptable que pueda absorber y distribuir eficientemente las tensiones generadas por el tránsito vehicular (Valdez, 2024).

Bajo esta capa asfáltica se encuentra una base compuesta generalmente por materiales granulares seleccionados, como gravas o arenas compactadas, cuya función principal es servir de soporte estructural para la capa superior. Esta base granular no solo proporciona estabilidad al sistema de pavimento, sino que también desempeña un papel fundamental en la distribución homogénea de las cargas que provienen del tráfico. Al transmitir estas cargas hacia las capas inferiores del pavimento, la base granular ayuda a reducir las tensiones localizadas y minimiza el riesgo de deformaciones o fallos prematuros en el sistema. De esta manera, el diseño del pavimento flexible se basa en la interacción eficiente entre la capa asfáltica y la base granular para asegurar una adecuada resistencia, durabilidad y funcionalidad a lo largo de su vida útil (Valdez, 2024).

Una de las principales características del pavimento flexible es la flexibilidad de su capa superior. Esta capa está diseñada específicamente para absorber y distribuir las cargas generadas por el tránsito vehicular, minimizando las tensiones que pueden afectar a las capas inferiores. Además, la capa asfáltica proporciona una superficie de rodadura que es segura, cómoda para los conductores y resistente a las condiciones ambientales, permitiendo que el pavimento mantenga un buen desempeño durante un largo periodo de tiempo (Mancha & Quispe, 2021).

Figura 1

Capas del pavimento



Nota. Tomada de (Mancha & Quispe, 2021).

El pavimento flexible es uno de los más utilizados debido a varias razones, entre las que se incluyen su economía en comparación con otros tipos de pavimentos, su facilidad de construcción y su capacidad para ser reparado o renovado con relativa sencillez. Esto lo hace una opción atractiva para muchas aplicaciones viales, desde carreteras rurales hasta autopistas urbanas. Además, el mantenimiento de este tipo de pavimento es menos costoso y más rápido, lo que favorece su utilización en zonas de tráfico intenso o donde los recursos económicos son limitados (Mancha & Quispe, 2021).

2.2.1.2 Deflexiones

La deflexión de un pavimento se describe como el desplazamiento vertical de la superficie del pavimento como resultado de la aplicación de una carga externa, a menudo provocada por la actividad automovilística. Debido al hecho de que ofrece información



sobre cómo reacciona el pavimento a las cargas dinámicas que crean los coches circulando, este fenómeno es una medida esencial en el proceso de evaluación del comportamiento estructural de la carretera. En consecuencia, la deflexión es un indicador esencial de la capacidad de carga de la estructura del firme, así como de su estabilidad (Chaname, 2021).

Cuando se aplica una carga en la superficie del pavimento, no solo se desplaza el punto directamente debajo de la carga, lo que genera la deflexión máxima, sino que también se produce un desplazamiento en las zonas adyacentes a la carga. Este fenómeno da lugar a una deformación en forma de cuenco, también conocido como cuenco de deflexión. Este cuenco es el área circundante a la carga donde la deformación es más notable. La forma del cuenco y su tamaño dependen de varios factores, como la intensidad de la carga, el tipo de pavimento y las propiedades del suelo subyacente. La medición del cuenco de deflexión permite obtener una visión más completa del comportamiento del pavimento bajo cargas repetitivas, lo cual es fundamental para entender la distribución de esfuerzos a lo largo de la estructura (Chaname, 2021).

La deflexión está estrechamente correlacionada con la capacidad estructural del pavimento. En un modelo estructural, una deflexión alta indica que el pavimento está mostrando signos de debilidad estructural. Esto podría sugerir que la capacidad del pavimento para distribuir y soportar las cargas aplicadas es insuficiente, lo que pone en riesgo su integridad y aumenta las probabilidades de que ocurran fisuras, baches u otros tipos de fallas. Por otro lado, una deflexión baja indica que el pavimento es más rígido y tiene una mayor capacidad estructural, lo que significa que puede resistir las cargas vehiculares de manera más eficiente y tiene una mejor durabilidad.

La medición de la deflexión proporciona una herramienta valiosa para evaluar la condición del pavimento y tomar decisiones informadas sobre el mantenimiento y la rehabilitación de la infraestructura vial. Según Higuera (2016), la relación entre la deflexión y la capacidad estructural es esencial para evaluar la salud de la infraestructura vial y prever su comportamiento en el futuro. Medir la deflexión regularmente permite a los

ingenieros detectar problemas en etapas tempranas y planificar las intervenciones necesarias para garantizar la seguridad vial y la durabilidad del pavimento (Rojas & Ventura, 2023).

Es importante destacar que la deflexión no solo está influenciada por el pavimento en sí, sino también por factores externos como las condiciones climáticas, el tráfico (especialmente el tránsito pesado) y el comportamiento del suelo subyacente. Un pavimento bien diseñado y construido, con las capas adecuadas de material y una correcta compactación, debe exhibir una deflexión controlada dentro de los límites establecidos durante el diseño. Sin embargo, si la deflexión se encuentra fuera de estos rangos, es una indicación clara de que el pavimento podría estar deteriorándose, lo que requiere una revisión más profunda (Chininin, 2024).

a) Esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimento flexible

Cuando los coches circulan por una carretera, el peso que generan se transfiere a los neumáticos del vehículo, que están en contacto directo con la superficie del pavimento. La estructura del pavimento está sometida a tensiones, deformaciones y flexiones como resultado de este contacto. Una serie de elementos, como el tipo de carga, la configuración de los ejes del vehículo que circula y las propiedades de los neumáticos, intervienen en la determinación de la magnitud y la distribución de estos efectos. La clasificación de los ejes de los vehículos en función de su estructura es esencial para entender cómo las cargas impactan el pavimento, y los ejes se clasifican en:

- Eje sencillo: Un solo neumático que distribuye la carga.
- Eje dual: Dos neumáticos en paralelo, distribuyendo la carga de manera más eficiente.
- Eje tándem: Conjunto de ejes que operan en paralelo, distribuyendo aún más la carga sobre una mayor superficie.
- Eje trídem: Tres ejes distribuidos para optimizar la distribución de la carga.
- Eje cuádruple: Cuatro ejes dispuestos para distribuir cargas extremadamente altas, típicos de vehículos de carga pesada (Chininin, 2024).



Cada uno de estos tipos de ejes influye de manera diferente en la distribución de las tensiones y deformaciones dentro de la estructura del pavimento. La ubicación y magnitud de las respuestas generadas por estas cargas determinan el tipo y grado de deterioro que sufre el pavimento a lo largo del tiempo, lo que resalta la importancia de considerar estos factores al diseñar pavimentos.

La consideración de los factores de tensiones, esfuerzos, deformaciones y deflexiones se vuelve un aspecto crucial en el diseño y análisis de pavimentos, ya que tiene un impacto directo en la efectividad y longevidad de la infraestructura. Esta atención a los diversos elementos estructurales es esencial por varias razones fundamentales:

- **Caracterización de los materiales:** A través del empleo de modelos constitutivos avanzados, es posible estimar con precisión las rigideces de las distintas capas que componen la estructura del pavimento. Estos modelos permiten una comprensión más profunda de cómo cada capa reacciona ante diferentes tipos de carga, lo que facilita un diseño mucho más detallado y eficiente. Al conocer cómo las capas individuales interactúan bajo condiciones de carga específicas, los ingenieros pueden optimizar el uso de materiales y mejorar la resistencia y estabilidad general del pavimento.
- **Diseño basado en deformación permanente y fatiga:** El análisis detallado de las deformaciones generadas bajo cargas repetitivas es vital para anticipar cómo se comportará el pavimento a lo largo de su vida útil. Las deformaciones que ocurren en la capa asfáltica debido a tensiones y las que se producen por compresión en la subrasante son elementos esenciales en la predicción de la durabilidad del pavimento. Estos factores no solo ayudan en el diseño inicial, sino que también son fundamentales para evaluar la resistencia del pavimento ante el desgaste continuo, lo que es crucial para prever posibles fallas o deterioros con el paso del tiempo y asegurar que el pavimento mantenga sus características funcionales a lo largo del tiempo (Chininin, 2024).

Además, para predecir el deterioro del pavimento, es necesario analizar las respuestas del pavimento generadas por las cargas vehiculares y aquellas que ocurren por otros factores ajenos a las cargas vehiculares, las respuestas generadas por la acción de las cargas vehiculares incluyen:

- Esfuerzos y deformaciones verticales: Son las fuerzas que actúan en la dirección perpendicular a la superficie del pavimento, provocando compresión o expansión de las capas estructurales.
- Esfuerzos y deformaciones cortantes: Fuerzas que actúan a lo largo de las capas del pavimento, generando deslizamientos o descohesión entre las capas.
- Esfuerzos y deformaciones tangenciales y radiales: Estas fuerzas actúan en direcciones horizontales, principalmente debido a los movimientos laterales de los vehículos y el contacto entre las ruedas y la superficie del pavimento.
- Deflexiones: Son las deformaciones elásticas del pavimento bajo carga, y su medición es esencial para evaluar el comportamiento estructural del pavimento y la calidad de las capas (Balarezo, 2022).

Por otro lado, las respuestas no causadas por las cargas vehiculares incluyen los efectos provocados por fenómenos térmicos, es decir, los cambios en las temperaturas que afectan los materiales utilizados en la estructura del pavimento. Los cambios térmicos, tanto a altas como a bajas temperaturas, pueden inducir dilataciones o contracciones en los materiales, lo que contribuye al deterioro del pavimento a lo largo del tiempo. Estos efectos térmicos pueden ser especialmente significativos en climas extremos y deben ser considerados al diseñar pavimentos en regiones con variabilidad térmica (Balarezo, 2022).

2.2.1.3 Capas del pavimento flexible

a) Subrasante

La subrasante, también conocida como terreno de fundación, es una capa fundamental en la estructura del pavimento, ya que actúa como base de apoyo para el



resto de las capas del pavimento. Está constituida por suelo natural o, en algunos casos, por material de préstamo compactado, que se utiliza cuando el suelo natural no cumple con los requisitos de capacidad portante. El material de préstamo debe ser seleccionado con cuidado para asegurar que tenga propiedades adecuadas para soportar las cargas vehiculares y proporcionar una base estable para el pavimento. Una de las claves en la construcción de la subrasante es que este material debe ser compactado a una óptima humedad, lo que garantiza una mejor densidad y una mayor resistencia (Chávez, 2022).

Una vez que la subrasante ha sido compactada correctamente, debe asegurar que su resistencia sea la adecuada para soportar las cargas aplicadas sobre ella durante la vida útil del pavimento. Esto es esencial, ya que la subrasante no solo sirve de apoyo, sino que también influye directamente en la durabilidad y estabilidad de la estructura del pavimento. Es la primera línea de defensa contra las cargas de tráfico y otros factores que pueden afectar la estructura del pavimento (Capcha, 2024).

Cuando se trata del diseño de un pavimento, la capacidad de la subrasante es de suma importancia, ya que contribuye sustancialmente a la capacidad global de carga del pavimento. Para determinar en qué medida el pavimento puede gestionar las cargas dinámicas provocadas por el tráfico rodado, se tendrán en cuenta la calidad y las cualidades del suelo de la subrasante. El asentamiento diferencial, el agrietamiento y la degradación temprana del pavimento son todos resultados potenciales que pueden ser provocados por una subrasante que no cumpla con los estándares necesarios de resistencia y estabilidad (Cárdenas, 2022).

Para que la subrasante sea efectiva, debe cumplir con varios requisitos de desempeño, tales como:

- Estabilidad: El suelo debe ser capaz de mantenerse estable bajo las cargas aplicadas sin experimentar movimientos significativos que puedan comprometer la estructura del pavimento.



- **Incompresibilidad:** El material de la subrasante debe resistir las presiones del tráfico sin sufrir compresiones excesivas, lo que podría afectar la integridad de las capas superiores del pavimento.
- **Resistencia a la expansión y contracción:** El suelo debe tener una baja capacidad de expansión o contracción cuando se ve expuesto a variaciones de humedad. La expansión excesiva puede provocar fisuración en las capas superiores del pavimento, mientras que la contracción excesiva puede crear huecos o depresiones en la superficie del pavimento (Cárdenas, 2022).

Los esfuerzos generados por las cargas vehiculares disminuyen a medida que se aumenta la profundidad de la subrasante. Esto significa que las capas más profundas de la subrasante están sometidas a menores tensiones que las capas superficiales, lo que destaca la importancia de una correcta distribución de las capas de material, además de una adecuada compactación de toda la subrasante (Cárdenas, 2022).

Es crucial que, durante la exploración y preparación del terreno para la construcción del pavimento, se realicen estudios adecuados sobre las propiedades del suelo subyacente, como su composición, granulometría, contenido de humedad y capacidad portante. Estos estudios ayudan a determinar si el terreno natural es adecuado o si es necesario aplicar un material de préstamo, además de definir el nivel óptimo de compactación requerido (Balarezo, 2022).

b) Subbase

En la estructura del pavimento, la subbase es una capa esencial que se sitúa entre la subrasante y la capa de base. Esta capa en particular se compone de un determinado material que ha sido cuidadosamente elegido y luego acondicionado adecuadamente para cumplir los requisitos previos de soporte y durabilidad. El material que se utiliza en la subbase suele consistir en una capa compactada de material granular, que puede estar tratado o no, o una capa de tierra que ha sido tratada con una adición adecuada, como cal



o cemento, dependiendo de las características del terreno y de los requisitos del proyecto (Acosta & Rivera, 2025).

Una de las funciones más importantes de la subbase es actuar como una capa de transición entre la subrasante, que es el suelo natural o material de fundación, y la capa de base, que es una capa de mayor resistencia que soporta directamente el tránsito vehicular. Debido a su posición intermedia dentro de la estructura del pavimento, la subbase desempeña un papel crucial en la distribución de cargas y la mejora de la capacidad estructural del pavimento (Cárdenas, 2022).

A diferencia de la capa de base, los requisitos para el material de la subbase son menos estrictos en términos de resistencia, plasticidad y gradación. Esto significa que los materiales de la subbase no necesitan cumplir con las mismas exigencias rigurosas que los de la capa de base, ya que su función principal es proporcionar una estructura estable y distribuir las cargas hacia la subrasante sin necesidad de una resistencia extremadamente alta. Sin embargo, esto no significa que el material de la subbase sea de baja calidad; simplemente debe cumplir con especificaciones que aseguren que pueda desempeñar correctamente su función sin comprometer la estabilidad del pavimento (Balarezo, 2022).

La capacidad de la subbase para absorber las deformaciones producidas por las fluctuaciones en el contenido de humedad de la subrasante o por cambios significativos de temperatura es una de las ventajas más importantes de la subbase. Con el fin de evitar que las deformaciones de la subrasante se reflejen en la superficie de rodadura del pavimento, la subbase funciona como un amortiguador que absorbe estos cambios volumétricos. Gracias a ello, la capa superior del pavimento queda protegida frente al agrietamiento y la producción de baches, lo que en última instancia redundará en una mejora de la longevidad y la estabilidad general de la estructura (Chipantiza, 2025).

Además, la subbase desempeña un papel importante en la distribución de los esfuerzos generados por las cargas vehiculares. Los esfuerzos propagados desde la base granular se disipan en la subbase de tal manera que las compresiones verticales que llegan

a la subrasante son inferiores a los niveles admisibles. Esto asegura que la subrasante no se vea sobrecargada, lo que podría provocar deformaciones no deseadas o el fallo estructural del pavimento (Chipantiza, 2025).

La resistencia de la subbase es otro aspecto crítico, ya que esta capa debe ser capaz de soportar las tensiones provenientes de las cargas vehiculares. Estas tensiones se propagan a través de las capas superiores y se transmiten a la subrasante, por lo que la subbase debe ser lo suficientemente fuerte para manejar estas cargas sin comprometer la estabilidad del pavimento. Al mismo tiempo, debe ser capaz de transmitir estas tensiones de manera controlada hacia un nivel adecuado en la subrasante, asegurando que el sistema estructural global del pavimento no se vea afectado (Vega, 2023).

c) Base

La base es una capa crítica dentro de la estructura de pavimento, ubicada justo debajo de la carpeta asfáltica. Su función principal es proporcionar soporte estructural adicional a la capa superior, que es la que está directamente expuesta al tráfico. Esta capa está compuesta por una mezcla de agregados como piedra, escoria, grava chancada, arena, o sus combinaciones, lo que le otorga una gran resistencia y capacidad de distribución de cargas. Los materiales utilizados en la base deben cumplir con especificaciones más estrictas que los de la subbase, debido a que esta capa soporta las tensiones generadas por el tránsito vehicular y distribuye las cargas hacia las capas inferiores del pavimento (Vega, 2023).

La calidad del material utilizado en la base es fundamental para garantizar que la estructura del pavimento pueda resistir las fuerzas de compresión y las cargas repetidas sin sufrir deformaciones permanentes. Por esta razón, los materiales de la base deben ser granulares y presentar características adecuadas de dureza y resistencia a la abrasión. Además, los agregados finos y gruesos deben tener una distribución de tamaño adecuada para permitir una buena compactación y evitar vacíos que puedan debilitar la capa (Fuentes, 2023).



Una de las funciones esenciales de la base es permitir el drenaje adecuado del agua. En muchas ocasiones, la base debe ser capaz de drenar el agua que ingresa a través de la carpeta asfáltica o que proviene de las bermas o áreas adyacentes al pavimento. Este drenaje previene que el agua quede atrapada dentro de la estructura del pavimento, lo que podría afectar la estabilidad de las capas subyacentes y provocar problemas como la expansión del suelo, erosión o incluso fisuras del pavimento. Además, la base debe impedir la ascensión capilar del agua, lo que significa que debe actuar como una barrera para evitar que el agua se eleve desde las capas inferiores hacia la superficie del pavimento. Este control del agua es crucial para mantener la integridad y durabilidad del pavimento a lo largo del tiempo (Yanchaguano, 2025).

Una de las funciones más importantes de la base granular es la distribución de esfuerzos. Cuando los vehículos transitan sobre el pavimento, las cargas generadas por el peso de los vehículos se transmiten hacia la base, que debe distribuir estas tensiones de manera eficaz. La base transmite los esfuerzos hacia la subbase y la subrasante, lo que asegura que las cargas se distribuyan de manera uniforme y que no se concentren en puntos específicos que puedan causar deformaciones o fallas estructurales. La capacidad de la base para distribuir estas tensiones es un factor determinante en la estabilidad y durabilidad de la estructura del pavimento. Al actuar como una capa intermedia entre la carpeta asfáltica y la subrasante, la base asegura que las tensiones generadas por el tránsito no afecten directamente a las capas más profundas (Domínguez, 2023).

La resistencia de la base es crucial para el rendimiento del pavimento. La base debe ser capaz de soportar las tensiones y esfuerzos generados por las cargas de tránsito, transmitiéndolos de manera controlada hacia las capas inferiores (subbase y subrasante). Esto requiere que el material de la base tenga una alta resistencia a la compresión y a la abrasión, así como una capacidad para resistir las tensiones repetitivas sin sufrir daños. Una base de alta calidad proporciona una fundación sólida para la capa asfáltica, lo que permite que el pavimento mantenga su integridad estructural durante su vida útil (Chipantiza, 2025).



d) Carpeta Asfáltica

La carpeta asfáltica actúa como superficie de rodamiento directamente en contacto con el tráfico vehicular. Esta capa es fundamental para garantizar un desempeño seguro, duradero y eficiente del pavimento, ya que debe resistir el impacto directo de las cargas vehiculares, las condiciones climáticas y otros factores ambientales (Chipantiza, 2025).

La carpeta está compuesta por una mezcla de agregados minerales y materiales bituminosos, lo que le confiere las propiedades necesarias para soportar las tensiones y abrasiones causadas por el tránsito. Esta mezcla se coloca en la parte superior de la base del pavimento, actuando como una capa que facilita una superficie homogénea y estable para el tráfico, proporcionando además una textura adecuada para mejorar la tracción y un color apropiado, lo que no solo mejora su estética, sino también su funcionalidad (Domínguez, 2023).

La superficie de rodamiento de la carpeta asfáltica debe ser capaz de resistir los efectos abrasivos causados por el tránsito constante de vehículos. Los vehículos pesados y la frecuencia de paso aumentan el desgaste de la capa, por lo que la resistencia al desgaste de los materiales bituminosos y agregados es esencial para garantizar una vida útil prolongada del pavimento. La textura de la superficie también juega un papel crucial, ya que debe ser adecuada para proporcionar una tracción segura, especialmente bajo condiciones climáticas adversas como la lluvia (Domínguez, 2023).

Una de las propiedades más importantes de la carpeta asfáltica es su impermeabilidad. Esta capa debe ser diseñada para impedir el paso del agua hacia el interior del pavimento tanto como sea posible. La presencia de agua en las capas internas del pavimento puede causar serios problemas, como la erosión de las capas inferiores, la expansión del suelo y la formación de baches. Por esta razón, el diseño y la correcta aplicación de los materiales bituminosos en la carpeta asfáltica son esenciales para mantener una barrera eficaz contra la penetración de agua, lo que ayuda a prolongar la vida útil del pavimento (Yanchaguano, 2025).

La carpeta asfáltica está sometida a esfuerzos de compresión y tensión debido al tráfico vehicular y a las variaciones térmicas que experimenta a lo largo de su vida útil. Los esfuerzos de compresión se producen en la superficie superior del pavimento, donde el tráfico genera presiones sobre la capa asfáltica. Estos esfuerzos se disipan gradualmente hacia las capas inferiores, pasando de un valor positivo (compresión) en la superficie a un valor negativo (tracción) en la fibra inferior de la capa asfáltica. Esta transición de esfuerzos es fundamental para la disipación de las tensiones y para evitar que se produzcan agrietamientos en la capa superior.

La distribución eficaz de estos esfuerzos es clave para la estabilidad del pavimento. Si los esfuerzos no se distribuyen adecuadamente, puede haber fisuración o deformaciones permanentes en la superficie, lo que reduce la capacidad estructural del pavimento y puede llevar a fallas prematuras (Yanchaguano, 2025).

La resistencia a la tracción del pavimento asfáltico es otro aspecto importante que contribuye significativamente a su rendimiento. La capa superior del pavimento es capaz de soportar cargas de tracción y evitar la formación de grietas o fisuras como resultado de esta resistencia, que es un complemento a la capacidad estructural del pavimento. La capacidad de la capa asfáltica para soportar estas presiones es de suma importancia para garantizar la longevidad del pavimento y su capacidad de resistencia frente al tráfico intenso durante toda su vida útil. La capa asfáltica es capaz de responder a las fluctuaciones térmicas y a las cargas dinámicas gracias a la flexibilidad de los materiales bituminosos. Esto evita que las tensiones de tracción provoquen daños estructurales en la capa asfáltica (Almeida, 2022).

2.2.1.4 Características de los suelos para la determinación de la calidad del material

a. Granulometría

Es posible determinar la distribución del tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo mediante el uso de la granulometría, que es una prueba fundamental en



ingeniería civil. Esta operación se lleva a cabo de acuerdo con la norma ASTM D422, que describe el método para determinar el tamaño de las partículas haciéndolas pasar a través de una sucesión de tamices con aperturas variables. Este método permite medir los porcentajes de suciedad que son capaces de atravesar cada uno de los tamices. Para realizar esta prueba, se utiliza una muestra de suelo que pese al menos 300 gramos. Esto se hace para garantizar que los resultados adquiridos sean indicativos de todo el ser (Guerrero & Villacrés, 2001).

El ensayo consiste en tamizar la muestra a través de una serie de tamices numerados, desde el tamiz N°4 (4.75 mm) hasta el tamiz N°200 (0.075 mm), separando las partículas según su tamaño. Los tamices deben ser cuidadosamente seleccionados y dispuestos en orden descendente, comenzando por el tamiz con la abertura más grande (4.75 mm) hasta el de la abertura más pequeña (0.075 mm), y luego, con los resultados obtenidos, se calcula el porcentaje de suelo que pasa por cada tamiz (Guerrero & Villacrés, 2001).

Este procedimiento permite determinar la clasificación del suelo, lo que es crucial para evaluar sus propiedades mecánicas y de compactación, así como para entender su comportamiento ante la acción de cargas. Además, la granulometría ofrece información valiosa sobre la capacidad de drenaje del suelo y su aptitud para diferentes aplicaciones en la construcción, como la preparación de bases de pavimento o la cimentación de estructuras (Guerrero & Villacrés, 2001).

Los resultados obtenidos en este ensayo se utilizan en la Matriz de Clasificación de Suelos y son fundamentales para realizar análisis más detallados de su resistencia, compactación y durabilidad, aspectos esenciales en el diseño de obras de infraestructura (Guerrero & Villacrés, 2001).

b. Limites

En el proceso de caracterización de los suelos finos se utiliza una serie de pruebas fundamentales conocidas como límites de Atterberg. Estas pruebas se utilizan para



determinar el comportamiento de los suelos finos en relación con la cantidad de agua que contienen. Estas limitaciones, que incluyen el límite líquido y el límite plástico, son necesarias para clasificar el suelo y conocer su plasticidad, que tiene un impacto directo en el comportamiento del suelo durante el proceso de construcción (Valdez, 2024).

c. Límite líquido

Para determinar el límite líquido, se parte de una muestra de suelo que haya pasado por el tamiz N°40 (0.425 mm), comenzando con un peso aproximado de 500 gramos. Se emplea la copa de Casagrande, un instrumento estándar que permite realizar el ensayo de manera controlada y precisa. La muestra de suelo se mezcla con agua hasta obtener una consistencia adecuada, en la que el material se pueda trabajar de manera homogénea (Dilmer, 2024).

La mezcla se coloca dentro de la copa de Casagrande, y luego se utiliza el ranurador para dividir la muestra en dos mitades. Después de esto, el equipo se activa, y se aplica una serie de golpes de manera controlada sobre la copa. El objetivo es provocar que las dos mitades de la muestra se junten, y el número de golpes necesarios para que esto ocurra es registrado (Dilmer, 2024).

Este procedimiento se repite en cuatro ensayos, ajustando la cantidad de agua en cada ensayo, para generar intervalos de golpes dentro de los siguientes rangos: 5-15 golpes, 15-25 golpes, 25-35 golpes, y 35-45 golpes. La unión de la ranura indica que se ha alcanzado el límite líquido, y se mide el porcentaje de humedad en cada intervalo para obtener resultados precisos (Dilmer, 2024).

El límite líquido es un parámetro fundamental utilizado en la clasificación de suelos finos, ya que indica la cantidad máxima de agua que un suelo puede incorporar antes de que pierda sus características plásticas. Este valor define la transición entre el comportamiento plástico y el fluido del suelo, lo cual es esencial para comprender cómo se comportará el suelo bajo diferentes niveles de humedad. El límite líquido se considera un factor clave, ya que no solo es determinante en la clasificación de los suelos, sino que



también tiene implicaciones importantes en el diseño de mezclas de suelos, como en la preparación de materiales para la construcción de bases y subbases en pavimentos (Valdez, 2024).

d. Límite plástico

El límite plástico se determina mediante un ensayo que también utiliza una muestra de 500 gramos de suelo que haya pasado por el tamiz N°40 (0.425 mm). En este caso, la muestra es manipulada para formar rollos de suelo con un diámetro uniforme de 3 mm, utilizando una placa de vidrio como base. Esta superficie lisa facilita la manipulación y el modelado de los rollos, asegurando que el proceso sea lo más uniforme posible (Valdez, 2024).

El ensayo consiste en formar los rollos con la mezcla de agua y suelo, y luego proceder a pesar las muestras antes y después de someterlas al horno a una temperatura estándar. El objetivo es evaporar la humedad contenida en los rollos, lo que permite determinar el porcentaje de humedad en la muestra (Valdez, 2024).

Para garantizar la coherencia de los resultados, esta prueba se realiza varias veces. Existe una relación entre el límite plástico y la cantidad mínima de agua que puede retener un suelo antes de volverse quebradizo y perder su fluidez. Esta característica es esencial para conocer el comportamiento de los suelos finos en circunstancias de deformación y determinar si son adecuados o no para su uso en diversas aplicaciones técnicas, como la producción de morteros y asfaltos (Valdez, 2024).

e. Proctor modificado

El ensayo Proctor modificado es un procedimiento estándar utilizado para determinar la densidad máxima y la humedad óptima de un suelo, proporcionando información crítica sobre su capacidad de compactación. Este ensayo es particularmente útil en la ingeniería civil para el diseño de pavimentos y la preparación de bases para la



construcción de carreteras, ya que permite conocer el comportamiento del suelo bajo esfuerzos de compactación (Valdez, 2024).

Para realizar este ensayo, se debe comenzar con una muestra de 6.0 kg de suelo seco que ha sido tamizada mediante el tamiz N°4 (4.75 mm), lo que asegura que solo se utilicen partículas finas en el análisis. La muestra de suelo tamizada se mezcla cuidadosamente con un porcentaje de agua inicial, el cual se ajusta progresivamente en intervalos de 2% a 4% en relación con el peso de la muestra, con el fin de evaluar cómo cambia la densidad seca en función del contenido de humedad (Valdez, 2024).

Una vez que la mezcla está lista, se coloca en el molde de compactación en un proceso de compactación por capas. El molde se llena en 5 capas consecutivas, y cada capa es compactada con 56 golpes del martillo de 10 libras. Este martillo debe ser utilizado de forma controlada para asegurar que la compactación sea uniforme y adecuada, con golpes distribuidos de manera que la muestra obtenga la máxima densidad posible en cada capa (Dilmer, 2024).

Después de compactar cada capa, se pesa el molde y se extraen muestras representativas del suelo para la determinación de la densidad seca y el porcentaje de humedad en cada una de las condiciones de compactación. Estas muestras se utilizan para calcular la densidad de la muestra en función del contenido de humedad de cada capa compactada (Dilmer, 2024).

Este proceso debe repetirse varias veces, asegurándose de que existan al menos dos puntos antes y dos puntos después de alcanzar la densidad máxima, que se determina a partir de los resultados obtenidos de la gráfica de la relación densidad seca vs. porcentaje de humedad. Los datos de esta curva permiten identificar el contenido de humedad óptimo, que es aquel que genera la máxima densidad de compactación en el suelo. Este punto es crucial para el diseño de las bases de pavimentos y la planificación de actividades de construcción en general (Dilmer, 2024).

La información obtenida del ensayo Proctor modificado es fundamental para garantizar que los suelos sean correctamente compactados durante la construcción, lo que

asegura la estabilidad y durabilidad de las estructuras. Además, los resultados permiten ajustar el contenido de agua durante la construcción para lograr las mejores condiciones de compactación posibles (Dilmer, 2024).

f. **CBR**

La prueba de capacidad de resistencia a la compresión (CBR) es un proceso de laboratorio que se utiliza para evaluar la capacidad de carga de un suelo, especialmente en el contexto de la construcción de pavimentos y bases de carreteras. En condiciones controladas, esta prueba se utiliza para determinar la resistencia de un suelo mediante la perforación de un pistón metálico. También ofrece un indicador de la calidad de la cimentación de un pavimento en términos de su capacidad para resistir la deformación cuando se somete a tensión (Valdez, 2024).

Para realizar el ensayo CBR, se utilizan los resultados obtenidos del ensayo Proctor modificado (densidad seca y humedad óptima), que son esenciales para establecer las condiciones de compactación del suelo antes de la prueba. El ensayo se lleva a cabo siguiendo las directrices de la norma ASTM D-1883-07, que establece los procedimientos específicos para evaluar el CBR de un suelo (Valdez, 2024).

El proceso es similar al del ensayo Proctor modificado en cuanto a la preparación y compactación del suelo. Se comienza con la mezcla del suelo con agua en las proporciones correspondientes, según los resultados previos del ensayo Proctor. La muestra se compacta en un molde de ensayo CBR, con un número de golpes que varía según el tipo de molde utilizado. Para cada molde, se aplican 11, 27 y 56 golpes respectivamente, utilizando un martillo de 10 libras, siguiendo el mismo procedimiento que en el ensayo Proctor modificado, pero ajustado para los diferentes niveles de compactación (Valdez, 2024).

Una vez que el molde está completamente lleno y compactado, se invierte el molde y se coloca un sistema de pesos sobre el suelo compactado, junto con un dial para medir el esponjamiento del suelo. La muestra debe mantenerse sumergida en agua durante 96

horas antes de proceder con la prueba, lo que permite que el suelo se sature adecuadamente, replicando las condiciones que podría enfrentar en el campo (Dilmer, 2024).

Después de este período de saturación, se utiliza la máquina de CBR para medir la penetración del pistón metálico en el suelo. El pistón tiene un área de 0.5 in^2 (pulgadas cuadradas) y se aplica a una velocidad constante. Se registran los valores de presión a medida que el pistón penetra el suelo hasta alcanzar una profundidad de 0.5 pulgadas. La medición de la presión a lo largo de la penetración permite calcular el valor de penetración a carga máxima (Dilmer, 2024).

Finalmente, con los datos obtenidos de la máquina de CBR y el valor de la densidad máxima al 95% del ensayo Proctor modificado, se calcula el valor CBR de la muestra. Este valor es un indicador clave de la resistencia del suelo a la deformación bajo carga y se utiliza para clasificar suelos según su aptitud para ser utilizados en la construcción de pavimentos. Un valor alto de CBR indica una mayor capacidad del suelo para resistir el tráfico y las cargas aplicadas, mientras que un valor bajo sugiere que el suelo necesita ser mejorado o tratado antes de ser utilizado en la construcción de una carretera (Diaz, 2021).

El ensayo CBR es esencial en el diseño de pavimentos, ya que permite a los ingenieros determinar el grosor de las capas de pavimento necesarias para soportar las cargas vehiculares en función de las características del suelo. Además, los resultados del ensayo son fundamentales para evaluar la necesidad de estabilización de los suelos en condiciones de tráfico pesado o en áreas con suelos menos resistentes (Diaz, 2021).

2.2.2 Pavimentos

Uno de los componentes estructurales más importantes de la infraestructura viaria es el pavimento, que está formado por una serie de capas estratificadas que se colocan de forma generalmente horizontal. Para ofrecer un soporte suficiente a las cargas que transmite el peso de los automóviles, estas capas se han desarrollado y construido utilizando materiales apropiados y se han compactado convenientemente. Los pavimentos



se diseñan con el fin de garantizar la longevidad, seguridad y utilidad de las calzadas, proporcionando una superficie resistente y estable para la circulación de vehículos o peatones (Aquipussio & Meza, 2023).

El pavimento se construye sobre una base llamada subrasante, que es la capa de terreno natural o preparado sobre la que se apoya la estructura del pavimento. La subrasante es preparada mediante movimientos de tierras realizados durante el proceso de exploración y preparación del terreno, lo que implica la eliminación de materiales inadecuados o no estables y la mejora de la capacidad portante del suelo. La subrasante, aunque no es una capa del pavimento en sí, juega un papel crucial en la estabilidad y la capacidad de carga del pavimento (Matos & Nuñez, 2018).

Las estructuras de pavimento se componen de varias capas, cada una con un propósito específico. Estas capas suelen incluir:

1. **Capa de rodadura:** Representa el estrato superior del pavimento, aquel que se encuentra en contacto directo con el flujo vehicular. Su función primordial radica en ofrecer una superficie continua, uniforme y segura que garantice la comodidad y seguridad de los usuarios al transitar. Además, esta capa debe ser capaz de soportar y resistir el desgaste provocado por la fricción constante de los neumáticos, así como las acciones adversas del clima, incluyendo la exposición a rayos solares, lluvia, cambios térmicos y otros agentes ambientales que podrían deteriorar prematuramente la superficie. En cuanto a su composición, la capa de rodadura suele estar conformada por materiales asfálticos, tales como mezclas bituminosas en caliente, que ofrecen flexibilidad y adherencia, o bien por elementos betonados, que proporcionan una mayor rigidez y durabilidad, dependiendo del diseño estructural del pavimento y las condiciones de uso previstas.
2. **Capa de base:** Localizada inmediatamente bajo la capa de rodadura, la capa de base desempeña un papel crucial en la transferencia y distribución de las cargas que provienen del tráfico hacia las capas inferiores del sistema pavimentario. Esta capa actúa como un soporte estructural intermedio que contribuye a la estabilidad general



del pavimento y evita que las tensiones se concentren en zonas específicas, lo que podría provocar fallas prematuras. Los materiales utilizados para la capa de base suelen ser granulados, como gravas o agregados bien seleccionados y compactados, o mezclas cementicias que ofrecen resistencia adicional. Su correcta selección y compactación son fundamentales para asegurar que esta capa brinde la rigidez necesaria para soportar las cargas dinámicas y estáticas, a la vez que garantiza la durabilidad del pavimento a largo plazo.

3. Capa subbase: Por debajo de la capa de base se encuentra la subbase, una capa de transición que cumple la función de amortiguar y distribuir uniformemente las cargas hacia la subrasante, es decir, el suelo natural o preparado que sostiene todo el sistema pavimentario. La subbase contribuye a mejorar la capacidad portante del conjunto, previniendo asentamientos diferenciales y facilitando el drenaje del agua, evitando así problemas de humedad que podrían afectar la integridad estructural del pavimento. Esta capa, generalmente conformada por materiales granulares de calidad media, actúa como un colchón que protege a las capas superiores de deformaciones excesivas, prolongando la vida útil del pavimento y mejorando su desempeño bajo condiciones de carga variables (Casia, 2015).

El diseño adecuado de cada una de estas capas es crucial, ya que debe ser capaz de resistir las cargas transmitidas por el tráfico de acuerdo con las condiciones específicas de cada carretera. Las cargas vehiculares incluyen no solo el peso de los vehículos en tránsito, sino también las fuerzas dinámicas generadas por el movimiento y las vibraciones producidas por el paso de vehículos (Casia, 2015).

Más allá de simplemente resistir las cargas impuestas por el tránsito vehicular, la estructura del pavimento debe estar diseñada para soportar una amplia gama de condiciones climáticas adversas que pueden poner en riesgo su integridad y funcionalidad. Entre estas condiciones se incluyen las variaciones extremas de temperatura, tanto elevadas como bajas, las precipitaciones intensas que pueden afectar la cohesión y



estabilidad de los materiales, así como los efectos repetitivos de los ciclos de congelación y descongelación. Estos ciclos térmicos provocan expansiones y contracciones dentro de las capas del pavimento, generando tensiones internas que pueden originar fisuras, debilitamiento o deformaciones prematuras. Por lo tanto, la estructura debe ser concebida para resistir estos fenómenos ambientales, asegurando que mantenga sus propiedades mecánicas y su capacidad para distribuir las cargas a lo largo del tiempo (Taborda, 2019).

Otro aspecto fundamental en el diseño de pavimentos es la definición del período de vida útil o tiempo de diseño, que representa la duración estimada durante la cual la estructura debe conservar sus funcionalidades esenciales, incluyendo la resistencia estructural y la seguridad para el tránsito. Este horizonte temporal se determina considerando las condiciones específicas a las que estará expuesta la vía, tales como el tipo y volumen del tráfico vehicular, especialmente la cantidad y frecuencia con que transitan vehículos pesados que ejercen mayores esfuerzos sobre el pavimento. Asimismo, se contemplan las condiciones climáticas locales, que pueden variar significativamente entre diferentes regiones, afectando la selección de materiales y espesores de las capas que conforman la estructura. Por último, las características propias del terreno o subrasante, como su capacidad de soporte y estabilidad, también juegan un papel crucial en el diseño, pues influyen directamente en el comportamiento y durabilidad del pavimento (Taborda, 2019).

El pavimento es una estructura compleja y estratégica, que debe estar diseñada para resistir adecuadamente las cargas vehiculares, condiciones climáticas adversas, y otros factores que puedan comprometer su seguridad y durabilidad. La correcta selección de materiales, el diseño preciso de las capas y la adecuada construcción y mantenimiento de los pavimentos son factores esenciales para garantizar una infraestructura vial confiable y duradera.



2.2.3 *Viga Benkelman*

La viga Benkelman es un instrumento de medición utilizado para evaluar la deflexión de los pavimentos flexibles bajo la acción de las cargas de tráfico. Este aparato es fundamental en la ingeniería civil y el análisis de pavimentos, ya que proporciona una medición directa de la deformación del pavimento cuando es sometido a las cargas generadas por los vehículos en tránsito. La deflexión es una de las principales características a evaluar para determinar la resistencia estructural del pavimento y su capacidad para soportar el tráfico vehicular sin sufrir daños significativos (Domínguez & López, 2024).

El dispositivo está compuesto por una viga de acero, la cual tiene una masa en su extremo libre. Esta viga se coloca sobre el pavimento a evaluar y se apoya en dos puntos fijos a lo largo de una trayectoria, lo que permite medir la deflexión vertical que experimenta el pavimento cuando se encuentra bajo una carga (Domínguez & López, 2024).

Durante la medición, la viga Benkelman se coloca sobre el pavimento a medida que un vehículo pesado pasa por la zona de evaluación. La deflexión que se mide es la distancia vertical a la que se desplaza el extremo libre de la viga debido a la carga aplicada. La cantidad de deflexión obtenida es un indicador de la rigidez del pavimento. Un pavimento que presenta altas deflexiones puede indicar que está perdiendo capacidad de carga, lo que sugiere una estructura comprometida que podría necesitar mantenimiento o reparación (Tipantasig, 2024).

Gracias a la medición de la deflexión, es posible llevar a cabo una evaluación precisa sobre la seguridad estructural y la calidad del pavimento flexible. Si durante las mediciones se observa que la deflexión supera los límites establecidos durante el proceso de diseño, esto indica que el pavimento ha perdido la capacidad necesaria para soportar las cargas de tráfico previstas, lo cual compromete la seguridad vial. En estos casos, un exceso de deflexión puede ser un indicio de que el pavimento ya no posee la rigidez y estabilidad requeridas para resistir las tensiones a las que está expuesto de manera continua. Además, al medir las deflexiones, se pueden identificar áreas del pavimento que

podrían requerir intervenciones como refuerzos o mejoras específicas para prevenir futuros daños o fallas estructurales más graves (Tipantasig, 2024).

El uso de la viga Benkelman en este proceso es una herramienta esencial, ya que permite realizar un seguimiento continuo de la condición de los pavimentos a lo largo del tiempo. Este instrumento facilita a los ingenieros la toma de decisiones informadas, ya que ofrece datos precisos sobre la respuesta del pavimento bajo cargas dinámicas. A través de esta medición, se pueden planificar intervenciones de mantenimiento de manera más eficiente y dirigida. La viga Benkelman es especialmente valiosa en la evaluación de pavimentos existentes, ya que proporciona información concreta sobre el comportamiento de las diferentes capas del pavimento sin necesidad de perforar o dañar la superficie del mismo, lo cual la convierte en una opción no invasiva y de bajo costo (Ibañez, 2021).

2.2.6.1. Partes de la Viga Benkelman

La viga Benkelman es un instrumento de medición utilizado para evaluar la deflexión de pavimentos flexibles bajo el peso de los vehículos en tránsito. Está constituida por dos partes principales que permiten realizar mediciones precisas y confiables de la deformación del pavimento.

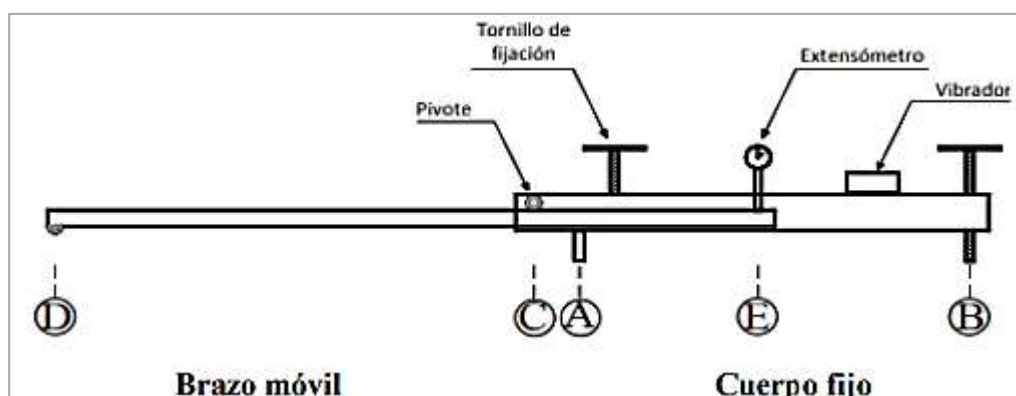
1. **Cuerpo:** El cuerpo de la viga es la parte estructural que sirve de soporte para el aparato. Consta de dos apoyos delanteros fijos (A) que están en contacto con el pavimento durante la medición. Estos apoyos permiten que el cuerpo de la viga se mantenga estable durante el proceso de medición. Además, el cuerpo incluye un apoyo trasero (B), que es ajustable y se regula según las necesidades de la medición. Este apoyo trasero se apoya directamente sobre el terreno, proporcionando estabilidad adicional y garantizando que el aparato se mantenga en su lugar mientras se realizan las mediciones.
2. **Brazo móvil:** El brazo móvil es la parte que realiza la medición de la deflexión. Este brazo está adherido al cuerpo fijo mediante una articulación de giro o pivote (C), lo que

le permite moverse de manera controlada durante el proceso de medición. El brazo tiene dos extremos clave:

- Uno de los extremos del brazo descansa directamente sobre el pavimento (Punto D), el cual permite que la deflexión se transfiera al brazo móvil y sea registrada.
 - El otro extremo del brazo está conectado al vástago del dial (Punto E), que tiene un indicador de deflexión. Este dial se desplaza hacia arriba y hacia abajo conforme la viga se somete a la deflexión del pavimento, lo que permite leer la magnitud de la deformación en la superficie del pavimento.
3. Vibrador incorporado: El equipo de la viga Benkelman se complementa con un vibrador incorporado, que tiene la función de evitar interferencias externas que puedan afectar las lecturas del dial. Este vibrador asegura que el indicador del dial no se inmovilice debido a vibraciones o fuerzas externas durante la medición. De esta manera, se garantiza que las lecturas obtenidas durante el ensayo sean precisas y confiables, y que no haya interferencia que altere los resultados del ensayo en la vía (Balarezo, 2022).

Figura 2

Viga de Benkelman



Nota. Tomada de (Manzano, 2022).

El diseño y las partes de la viga Benkelman están cuidadosamente desarrollados para proporcionar mediciones exactas y repetibles de la deflexión de pavimentos, lo cual



es esencial para evaluar la capacidad de carga y la durabilidad de las infraestructuras viales. Su uso adecuado permite a los ingenieros realizar un seguimiento continuo del estado de los pavimentos, lo que facilita la planificación de mantenimiento preventivo y rehabilitación de las carreteras (Manzano, 2022).

2.3 Marco conceptual

- a. **Carretera.** - Una carretera es una infraestructura vial diseñada para facilitar el tránsito de vehículos, personas y bienes de manera segura y eficiente entre diferentes puntos geográficos. Generalmente, las carreteras están compuestas por una estructura de pavimento que puede ser rígido o flexible, y están diseñadas para soportar el tráfico vehicular, las cargas y las condiciones climáticas de la región donde se encuentran. Las carreteras son esenciales para la conectividad entre ciudades, regiones o países, favoreciendo el transporte, la economía, y el desarrollo social.
- b. **Evaluación estructural.** - Consiste en el análisis de la capacidad de carga, la integridad y el comportamiento de las diferentes capas del pavimento (rodadura, base, subbase y subrasante) mediante la medición de deflexiones máximas y la evaluación de la calidad de los materiales utilizados. Esta evaluación permite identificar posibles deterioros como fisuras, deformaciones o asentamientos excesivos, y determinar la necesidad de mantenimiento o rehabilitación.
- c. **Deflexiones de pavimentos.** - La deflexión se refiere al desplazamiento vertical de la superficie del pavimento bajo la carga vehicular. Esta medida es crucial para evaluar la capacidad de soporte de un pavimento, ya que una mayor deflexión indica una estructura más débil. La medición de deflexiones máximas se realiza mediante el uso de equipos como la viga Benkelman, que permite obtener un valor que refleja el comportamiento estructural del pavimento ante el tránsito. Deflexiones excesivas pueden indicar la necesidad de reforzar la estructura o realizar un mantenimiento preventivo.



- d. Deflexiones máximas.** - El análisis de deflexiones máximas se utiliza como un método no destructivo para evaluar la capacidad estructural de los pavimentos. A través de este proceso, se pueden identificar zonas débiles del pavimento que necesitan intervención. La viga Benkelman, un instrumento comúnmente utilizado en este tipo de análisis, mide la deflexión de la superficie del pavimento cuando se le aplica una carga determinada, generalmente a través de un camión de ensayo. Este método proporciona información sobre la calidad y durabilidad de las capas del pavimento sin necesidad de realizar perforaciones.
- e. Evaluación de la calidad de materiales.** - La calidad de los materiales en las capas de pavimento es evaluada mediante diversos ensayos de laboratorio, como el (CBR), granulometría, y pruebas de resistencia. Estos ensayos permiten determinar si los materiales cumplen con las especificaciones necesarias para soportar las cargas vehiculares y resistir la deformación bajo condiciones climáticas adversas. En el caso de la carretera Juliaca-Lampa, la evaluación de la calidad de materiales en cada capa es fundamental para identificar posibles fallos estructurales a futuro.
- f. Pavimento flexible.** - Es un tipo de estructura vial que se compone de varias capas de materiales que proporcionan soporte y distribución de cargas. Está diseñado para resistir las tensiones impuestas por el tráfico y las condiciones climáticas. A diferencia del pavimento rígido, que utiliza una capa de concreto, el pavimento flexible emplea capas de materiales granulares y asfálticos que permiten una mayor deformación sin que se fracture la estructura. El comportamiento del pavimento flexible depende en gran medida de la calidad de los materiales utilizados en sus capas, así como de las condiciones de tráfico y el clima.



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Las ideas, métodos y procesos que se utilizan en el proceso de realización de una investigación científica se denominan colectivamente metodología de la investigación. El objetivo de esta técnica es dar un enfoque metódico y estructurado a la adquisición de información de forma objetiva y fiable. Para responder a las preguntas de la investigación o validar las hipótesis, la metodología especificará las tácticas, técnicas e instrumentos que se utilizarán en el proceso de recogida, análisis e interpretación de datos a lo largo del proceso de investigación.

3.1 Enfoque de la investigación

El enfoque mixto es un método de investigación que combina tanto técnicas cualitativas como cuantitativas para abordar un problema de investigación. Este enfoque permite obtener una comprensión más completa y profunda del fenómeno en estudio, al integrar la recopilación y el análisis de datos numéricos (cuantitativos) con la exploración detallada de experiencias, opiniones y contextos (cualitativos). El uso del enfoque mixto busca aprovechar las fortalezas de ambos enfoques para ofrecer resultados más robustos y enriquecedores, maximizando la validez y la confiabilidad de los hallazgos. Este tipo de enfoque es especialmente útil cuando el investigador quiere aprovechar las fortalezas de



ambos métodos para resolver una pregunta de investigación compleja (Alfonso et al., 2020).

Se desarrolla bajo un enfoque mixto, ya que se basa en la recolección y análisis de datos que permiten medir de manera precisa las variables relacionadas con el comportamiento estructural del pavimento.

3.2 Nivel de la investigación

El nivel de investigación descriptivo se enfoca en detallar las características de un fenómeno o situación específica sin manipular las variables. Su objetivo principal es observar, registrar, analizar y presentar de manera precisa las características de un grupo, evento o condición, sin intervenir o modificar las condiciones naturales. Este tipo de investigación busca proporcionar una descripción completa y detallada del objeto de estudio, permitiendo a los investigadores entender su naturaleza, estructura o comportamientos de forma clara. En un estudio descriptivo, no se buscan relaciones causales entre las variables, sino más bien una representación fiel de lo que ocurre en el entorno estudiado. (Pimienta et al., 2018).

Se enmarca dentro de un nivel descriptivo, ya que su objetivo principal es caracterizar y detallar el comportamiento estructural del pavimento flexible en el tramo específico de la carretera Juliaca - Lampa.

3.3 Tipo de la investigación

La investigación aplicada se centra en la resolución de problemas prácticos y específicos, utilizando los conocimientos científicos existentes para abordar situaciones reales. Su objetivo principal es aplicar teorías, principios y métodos a contextos concretos, buscando soluciones inmediatas y directas a necesidades o desafíos particulares. Este tipo de investigación se caracteriza por ser pragmática, orientada a la práctica y enfocada en generar resultados que puedan ser utilizados en la toma de decisiones o en la mejora

de procesos. En la investigación aplicada, el conocimiento generado no solo se basa en la exploración teórica, sino también en la implementación de estrategias que produzcan cambios o mejoras tangibles (Pimienta et al., 2018).

Es de tipo aplicada, ya que tiene como objetivo utilizar los conocimientos y técnicas existentes para resolver un problema práctico relacionado con la infraestructura vial.

3.4 Diseño de la investigación

El diseño de investigación no experimental es un método en el que el investigador observa y analiza los acontecimientos tal y como ocurren en su entorno natural, sin intervenir ni influir en las variables que se investigan. Este método también se conoce como diseño de investigación naturalista. En lugar de realizar un control riguroso de las variables, se enfoca en la descripción, exploración o correlación de los hechos tal como se presentan en la realidad. Este tipo de diseño es útil cuando las condiciones no permiten realizar experimentos controlados o cuando se busca estudiar situaciones de manera más realista y generalizable. En un diseño no experimental, los datos son recolectados sin la imposición de condiciones experimentales, lo que significa que los fenómenos son observados tal como ocurren de forma espontánea. Esto permite estudiar relaciones entre variables, pero no establece causalidad de manera directa (Alfonso et al., 2020).

Diseño no experimental, ya que no se manipulan ni controlan las variables independientes para observar sus efectos directos sobre las dependientes. En lugar de realizar intervenciones o experimentos en el pavimento, el estudio se centra en la observación y análisis de los datos existentes sobre la estructura del pavimento y las propiedades de los materiales de la vía.

3.5 Método de la investigación

El método de investigación científica es un enfoque sistemático y estructurado utilizado para adquirir conocimientos de manera objetiva y precisa. Este método se basa



en la observación, la formulación de hipótesis, la experimentación y el análisis de los resultados, con el objetivo de validar o refutar las hipótesis planteadas. El proceso sigue una secuencia lógica de pasos que incluyen la recopilación de datos, su interpretación y la deducción de conclusiones fundamentadas, buscando siempre la veracidad y la repetibilidad de los resultados. Este método es fundamental en las ciencias porque proporciona un marco confiable para la generación de conocimiento. A través de su aplicación, los investigadores pueden formular preguntas claras, diseñar experimentos controlados y analizar los datos de manera rigurosa. (Pimienta et al., 2018).

Se desarrolla bajo el método científico, el cual se caracteriza por un enfoque sistemático y riguroso para abordar el problema de investigación.

3.6 Población y muestra de la investigación

3.6.1 Población

A efectos de un estudio, el término «población de la investigación» se refiere a todo el grupo de elementos o personas que son objeto de la investigación y que cumplen determinados criterios. A efectos de generalizar los resultados obtenidos a partir de una muestra concreta, esta población es el grupo al que se van a aplicar los resultados. La población puede estar formada por personas, cosas, acontecimientos o cualquier otra unidad que se considere relevante para el tema de estudio, según el tipo de investigación que se esté realizando. El tamaño y las características de la población de estudio son muy importantes para garantizar que los resultados sean fiables y representativos (Alfonso et al., 2020).

La población objeto de este estudio está conformada por la zona correspondiente a la carretera que conecta las localidades de Juliaca y Lampa.



3.6.2 Muestra

La muestra de investigación es un subconjunto de toda la población que se elige con el propósito de investigar y que es representativo del conjunto. Dado que es poco práctico o imposible estudiar a todos y cada uno de los miembros de una población, es necesario elegir una muestra que sirva de representación de los aspectos más importantes del conjunto de la población. Es imprescindible que este procedimiento de selección se lleve a cabo con sumo cuidado para garantizar que la muestra sea lo más representativa posible. Esto permitirá generalizar los resultados a toda la población. Para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados, es esencial tener en cuenta el tamaño de la muestra y el proceso de selección (Alfonso et al., 2020).

La muestra está compuesta por tres calicatas realizadas a lo largo de la carretera Juliaca – Lampa específicamente en los kilómetros 4, 10 y 20. Además, se llevó a cabo un ensayo con la viga Benkelman entre el km 3 al km 5 de dicha vía.

3.7 Técnicas e instrumentos

3.7.1 Técnicas

Las técnicas de investigación son los procedimientos y herramientas que los investigadores emplean para recolectar, analizar e interpretar los datos durante el desarrollo de un estudio. Estas técnicas varían según el tipo de investigación y los objetivos que se persigan, y pueden incluir métodos cualitativos como entrevistas o grupos focales, así como métodos cuantitativos como encuestas y pruebas experimentales. Cada técnica tiene sus propias características y es seleccionada de acuerdo con la naturaleza del problema de investigación y los recursos disponibles. El uso adecuado de las técnicas de investigación permite obtener información precisa y relevante para responder a las preguntas planteadas en el estudio (Pino, 2019).

- Observación directa.
- Pruebas de campo.



- Extracción de muestras.
- Experimentos de laboratorio.

3.7.2 Instrumentos

Los instrumentos de investigación son herramientas diseñadas para recolectar datos de manera sistemática y precisa durante el proceso de investigación. Estos instrumentos varían según el tipo de estudio y las técnicas de recolección de datos utilizadas, pudiendo incluir cuestionarios, encuestas, entrevistas, pruebas, escalas de medición o registros de observación. Su propósito es facilitar la obtención de información relevante y confiable, garantizando que los datos recolectados sean adecuados para responder las preguntas de investigación planteadas. El diseño de los instrumentos de investigación debe ser cuidadosamente planificado para asegurar su validez y confiabilidad (Pino, 2019).

- Tamices, espátulas, taras, bandejas, balanza y horno.
- Equipos y herramientas para límites de consistencia
- Moldes de proctor modificado
- Moldes para CBR, pistón de penetración y máquina o prensa de carga CBR
- Viga de Benkelman.

3.8 Validación y confiabilidad del instrumento

3.8.1 Validación

La validación de la investigación es el proceso mediante el cual se asegura que los métodos, instrumentos y resultados de un estudio sean adecuados, precisos y confiables para abordar las preguntas de investigación planteadas. Este proceso implica comprobar que las técnicas de recolección de datos y los instrumentos utilizados son apropiados para el tipo de estudio y que miden efectivamente lo que se pretende medir. La validación también incluye la evaluación de la consistencia y la exactitud de los datos obtenidos, con



el fin de garantizar que las conclusiones sean válidas y representen la realidad de manera fiel. Existen diferentes formas de validación, como la validez interna, que se refiere a la capacidad del estudio para establecer relaciones causales dentro de su contexto, y la validez externa, que está relacionada con la generalización de los resultados a otras situaciones o poblaciones (Pimienta et al., 2018).

3.8.2 Confiabilidad

La confiabilidad de la investigación se refiere a la consistencia y estabilidad de los resultados obtenidos a lo largo del tiempo y en diferentes circunstancias. Un estudio es considerado confiable cuando, si se repitiera bajo las mismas condiciones, los resultados obtenidos serían similares o consistentes. Esto significa que los instrumentos de medición utilizados en la investigación producen resultados estables y reproducibles, lo que refuerza la validez de los datos y las conclusiones del estudio. Para asegurar la confiabilidad, se deben aplicar procedimientos y técnicas que minimicen los errores sistemáticos y aleatorios en la recolección y análisis de datos. La confiabilidad se puede evaluar a través de métodos como la prueba y re-prueba, la consistencia interna de los instrumentos o la homogeneidad de las respuestas obtenidas (Pimienta et al., 2018).

3.9 Plan de recolección y procesamiento de datos

❖ Recolecta de materiales

En primer lugar, se recolectaron muestras de tres calicatas realizadas a lo largo de la vía Juliaca-Lampa. Estas calicatas fueron ubicadas estratégicamente para representar las diferentes secciones de la carretera y obtener una muestra representativa de las capas estructurales del pavimento. Las muestras fueron extraídas de las capas de base y subbase, las cuales son fundamentales para evaluar la capacidad de carga y la estabilidad estructural del pavimento. Para asegurar la integridad de las muestras y evitar cualquier tipo de contaminación o alteración, estas fueron transportadas en bolsas herméticas, lo

que permitió su conservación en las mejores condiciones hasta los ensayos correspondientes en laboratorio.

Además de la recolección de muestras, se llevaron a cabo mediciones de deflexiones utilizando la viga Benkelman, un equipo clave para evaluar la respuesta del pavimento bajo la carga del tráfico. Las mediciones fueron realizadas en un tramo específico de la carretera, seleccionado para representar las condiciones típicas de la vía. El objetivo de estas mediciones fue evaluar las deflexiones máximas que experimenta el pavimento. Asimismo, se midieron los radios de curvatura de diferentes tramos de la carretera, lo que es esencial para analizar la geometría de la vía y evaluar la seguridad y confort para los usuarios, especialmente en las curvas. Además, se consideraron otros parámetros relevantes.

Tabla 2*Parámetros de la subbase*

Parámetros de la subbase según la EG-2013			
tamiz	Gradación parámetros	IP	CBR
1 1/2"	-		
3/8"	30 - 65		
No4	25 - 55		
No10	15 - 40	4% MAX	40% MIN
No40	02-20.1		
No200	2 - 8.1		

Nota. Adaptada del MTC (2013).

Tabla 3*Parámetros de la base*

Parámetros de la subbase según la EG-2013			
tamiz	Gradación parámetros	IP	CBR
1"	-		
3/8"	30 - 65		80% MIN (EE \leq 10 ⁶)
No4	25 - 55		
No10	15 - 40	2% Min	
No40	02-20.1		100% MIN (EE $>$ 10 ⁶)
No200	2 - 8.1		

Nota. Adaptada del MTC (2013).

Figura 3

Plantilla del ensayo de la Viga de Benkelman

1.- DATOS DEL ENSAYO																
CARGA EJE:	8.200 Kg	PRESIÓN DE INFLADO:	80 psi	INCREMENTO:	50 m	EAL:	1.77E+06	RELACIÓN BRAZO:	4	F. ESTACNL						
MODALIDAD:	TRESBOLLILLO	CAPA:	Carpeta Asfáltica	ESPESOR (e):	5.000m	D _{max} :	89.8 mm/100	N° BRAZOS VIGA:	1	1.3						
2.- LECTURAS DE CAMPO								INICIAL=100		3.- RESULTADOS		4.- GRÁFICO				
KM	CARRIL	DIST. AL BORDE EXTER.	LECTURA DE DIAL (mm/100)						TEMPERATURA			DEFLEXIONES mm/100		KM	DEFLEXIONES (mm/100)	
			DIAL 1			DIAL 2			HORA	[°C]		D0	D25			Rc
			0 cm	25 cm	50 cm	75 cm	100 cm	L		0 cm	25 cm					

4.- GRÁFICO	
KM	DEFLEXIONES (mm/100)
0+200	0.00
0+250	0.00
0+300	0.00
0+350	0.00
0+400	0.00
0+450	0.00
0+500	0.00
0+550	0.00
0+600	0.00
0+650	0.00
0+700	0.00
0+750	0.00
0+800	0.00
0+850	0.00
0+900	0.00
0+950	0.00
1+000	0.00

Página 1

❖ Cálculo del rápido de curvatura

$$R = \frac{6250}{2(D0 - D25)}$$

Donde:

- R: Es el radio de curvatura en metros (m).
- D0: Es la deflexión máxima corregida por temperatura, medida en el punto más cercano al centro de la carga.
- D25: Es la deflexión medida a 25 cm de distancia desde el eje de la carga, corregida también por temperatura

Figura 4

El comportamiento de un pavimento de acuerdo al radio de curvatura

Tipo de Deflexión	Comportamiento de la subrasante	Comportamiento del pavimento
Tipo I	Bueno $D_c < D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo II	Malo $D_c > D_a$	Bueno $R_c > 100$
Tipo III	Bueno $D_c < D_a$	Malo $R_c < 100$
Tipo IV	Malo $D_c > D_a$	Malo $R_c < 100$

Nota. Tomada del MTC (1983).

- ❖ Cálculo de la deflexión promedio

$$D = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

- ❖ Cálculo de la desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - D)^2}{n - 1}}, \text{ para } n > 30$$

- ❖ Cálculo de coeficiente de variación

$$cv = \frac{\sigma}{D} * 10$$

- ❖ Cálculo de la deflexión característica

$$D_c = D + t * \sigma$$

Donde:

- DC: Es la deflexión característica.
- D: Es la deflexión promedio de las mediciones individuales de D0.

- t : Es un coeficiente que representa el porcentaje del área total que tiene una probabilidad de presentar deflexiones superiores a la deflexión característica.
 - σ : Es la desviación estándar de las deflexiones registradas.
- ❖ Cálculo de la deflexión admisible

$$Da = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Donde:

- Da : Es la deflexión admisible en milímetros (mm), que es el límite máximo de deformación permitido para el pavimento.
- $N18$: representa el número de repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 toneladas, expresado en millones, y refleja el volumen estimado de tráfico que se espera a lo largo del periodo de vida útil del pavimento.

- ❖ Cálculo de la deflexión crítica

$$Dcr = \left(\frac{1.90}{N18}\right)^{\frac{1}{5.3}}$$

3.9.1 *Análisis e interpretación de los resultados*

El análisis e interpretación de resultados es el proceso mediante el cual se examinan y se dan sentido a los datos obtenidos en una investigación, con el fin de extraer conclusiones relevantes y responder a las preguntas de investigación planteadas. Durante el análisis, se organizan, clasifican y procesan los datos utilizando técnicas estadísticas, cualitativas o mixtas, dependiendo del enfoque de la investigación. La interpretación implica contextualizar los resultados, compararlos con los objetivos iniciales, y discutir su significado en relación con la teoría existente y otras investigaciones previas. Este proceso es esencial para determinar la validez de las hipótesis, identificar patrones, explorar relaciones entre variables y generar conocimiento aplicable.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

A continuación, se presentan los resultados correspondientes a las características de la base y la subbase de la carretera Juliaca-Lampa. Estos resultados son el resultado de una serie de ensayos que se llevaron a cabo para evaluar la calidad y capacidad de carga de las capas de pavimento en diferentes tramos de la vía. Entre los ensayos realizados, se incluyen la gradación del material, que permite determinar la distribución del tamaño de las partículas presentes en el material utilizado en cada capa, y el índice de plasticidad. Además, se realizaron los ensayos de Proctor modificado y CBR.

En paralelo, se presentarán los resultados de las deflexiones y los radios de curvatura de diversos tramos de la carretera, que son indicadores clave de la deformación y la geometría de la vía. Las deflexiones reflejan cómo se comporta el pavimento bajo el paso de vehículos pesados, y los radios de curvatura son fundamentales para evaluar la seguridad y confort en las curvas de la carretera.

Todos estos resultados se presentan de manera clara y organizada en tablas y figuras que facilitan la interpretación y comprensión de los datos obtenidos, permitiendo un análisis más detallado y objetivo de las características estructurales y el comportamiento de la carretera.

4.1.1 Calidad de los materiales empleados en la subbase granular de la carretera

Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013

❖ Gradación del material

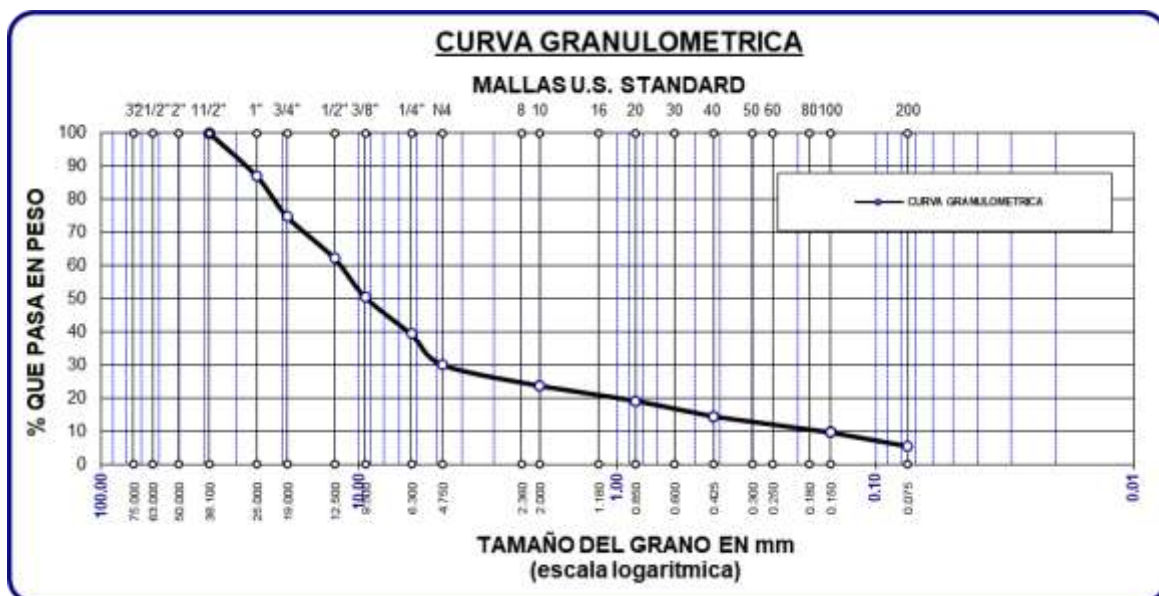
Tabla 4

Tamizado-E°1, km 4+000

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	259.45	12.97	12.97	87.03
3/4"	245.79	12.29	25.26	74.74
1/2"	250.24	12.51	37.77	62.23
3/8"	234.38	11.72	49.49	50.51
1/4"	224.44	11.22	60.72	39.29
No4	185.14	9.26	69.97	30.03
No10	126.78	6.34	76.31	23.69
No20	89.56	4.48	80.79	19.21
No40	95.24	4.76	85.55	14.45
No100	95.46	4.77	90.32	9.68
No200	84.56	4.23	94.55	5.45
BASE	108.96	5.45	100.00	0.00
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	5.45			

Figura 5

Tamizado-E°1, km 4+000



Se presenta el tamizado en la exploración 1.

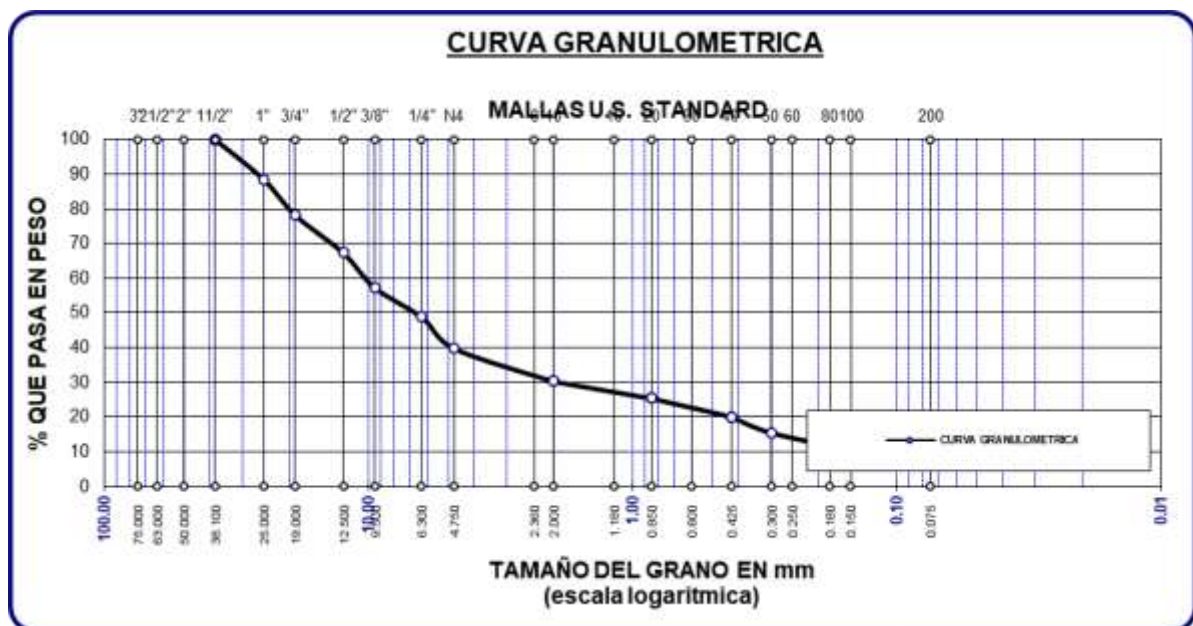
Tabla 5

Tamizado-E², km 10+000

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	229.56	11.48	11.48	88.52
3/4"	205.21	10.26	21.74	78.26
1/2"	218.23	10.91	32.65	67.35
3/8"	200.32	10.02	42.67	57.33
1/4"	170.30	8.52	51.18	48.82
No4	180.41	9.02	60.20	39.80
No10	190.45	9.52	69.72	30.28
No20	117.24	5.86	75.59	24.41
No40	105.64	5.28	79.87	19.13
No 50	92.65	4.63	84.50	14.50
No100	98.45	4.92	89.42	9.58
No200	76.24	3.81	93.24	5.77
BASE	115.30	5.76	100.00	0.00
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	5.76			

Figura 6

Tamizado-E², km 10+000



Se presenta el tamizado en la exploración 2.

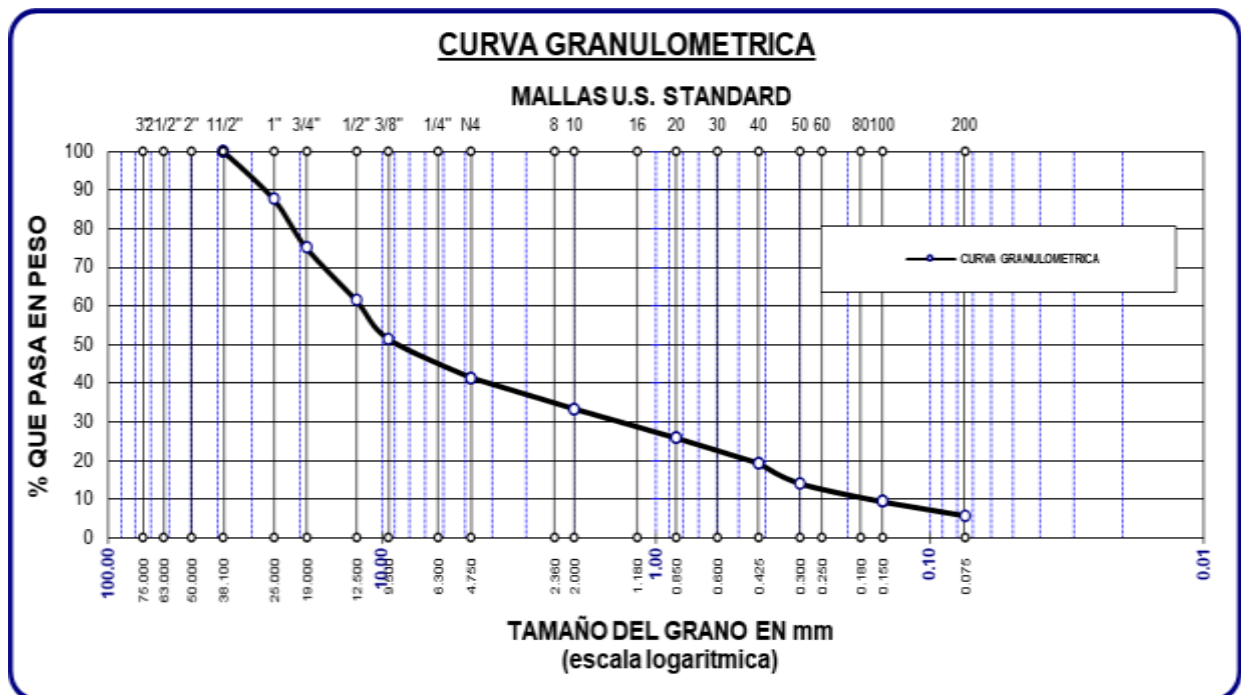
Tabla 6

Tamizado-E°3, km 20+000

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	246.30	12.32	12.32	87.69
3/4"	250.96	12.55	24.86	75.14
1/2"	272.60	13.63	38.49	61.51
3/8"	200.45	10.02	48.52	51.48
No4	200.14	10.01	58.52	41.48
No10	160.24	8.01	66.53	33.47
No20	150.41	7.52	74.06	25.95
No40	130.40	6.52	80.58	19.43
No 50	105.78	5.29	85.86	14.14
No100	94.56	4.73	90.59	9.41
No200	71.56	3.58	94.17	5.83
BASE	116.60	5.83	100.00	0.00
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	5.83			

Figura 7

Tamizado-E°3, km 20+000



Se presenta el tamizado en la exploración 3.

❖ Sub base (Límites)

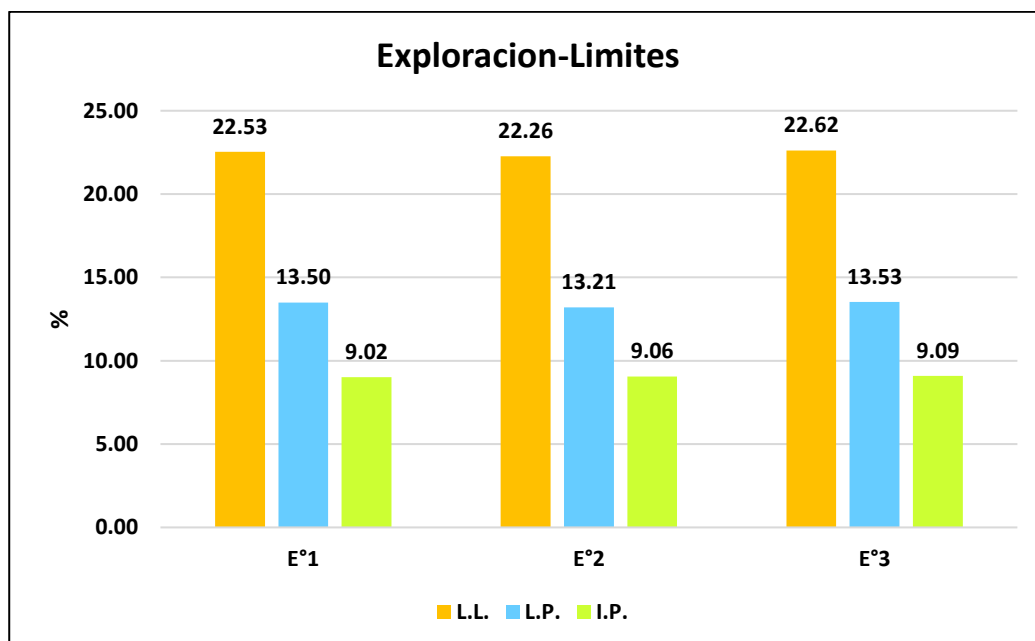
Tabla 7

Exploraciones-Límites

Límites	Detalles de las exploraciones		
	E°1	E°2	E°3
L.L %	22.53	22.26	22.62
L.P %	13.50	13.21	13.53
I.P %	9.02	9.06	9.09
Pro. IP		9.06 %	

Figura 8

Exploraciones-Límites



Se muestra los resultados de las exploraciones-límites para los tres puntos de muestreo (E¹, E² y E³). Los valores de los (L.L.), fluctúan entre 22.53 y 22.62, con un promedio de 22.54. Los (L.P.), varían entre 13.50 y 13.53, con un promedio de 13.51. Finalmente, los límites de plasticidad (I.P.), representados por las barras verdes, oscilan entre 9.02 y 9.09, con un promedio de 9.06. Estos resultados muestran una ligera variabilidad en los valores de los límites a lo largo de los puntos de exploración.

❖ COH y DMS en la sub base

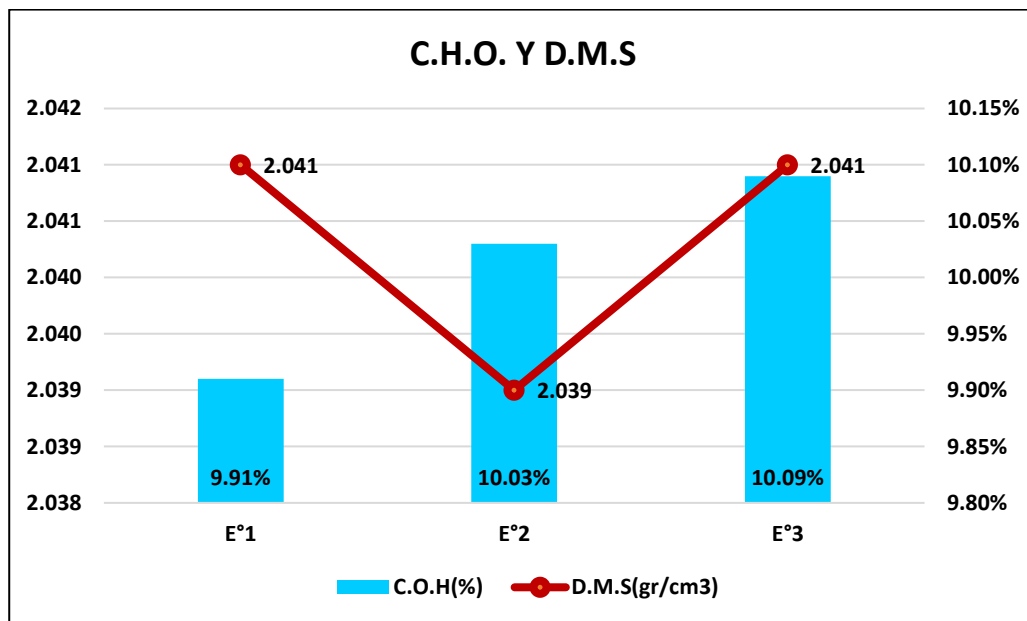
Tabla 8

COH-DMS

Pruebas	Detalles de las exploraciones		
	E°1	E°2	E°3
C.O.H(%)	9.91%	10.03%	10.09%
D.M.S(gr/cm3)	2.041	2.039	2.041
PromC.H.O.	10.01%		
PromD.M.S.	2.040 (gr/cm3)		

Figura 9

COH-DMS



Se presenta los resultados de las pruebas de COH y DMS realizadas en tres puntos de la carretera Juliaca - Lampa. Los valores de COH varían entre 9.91% y 10.09%, con un promedio de 10.01%. En cuanto a la DMS, los valores variaron ligeramente en los tres puntos, con un promedio de 2.040 g/cm³. Estos resultados indican una ligera variabilidad en el contenido de humedad y estabilidad de la subbase a lo largo de la carretera.

❖ CBR en la sub base

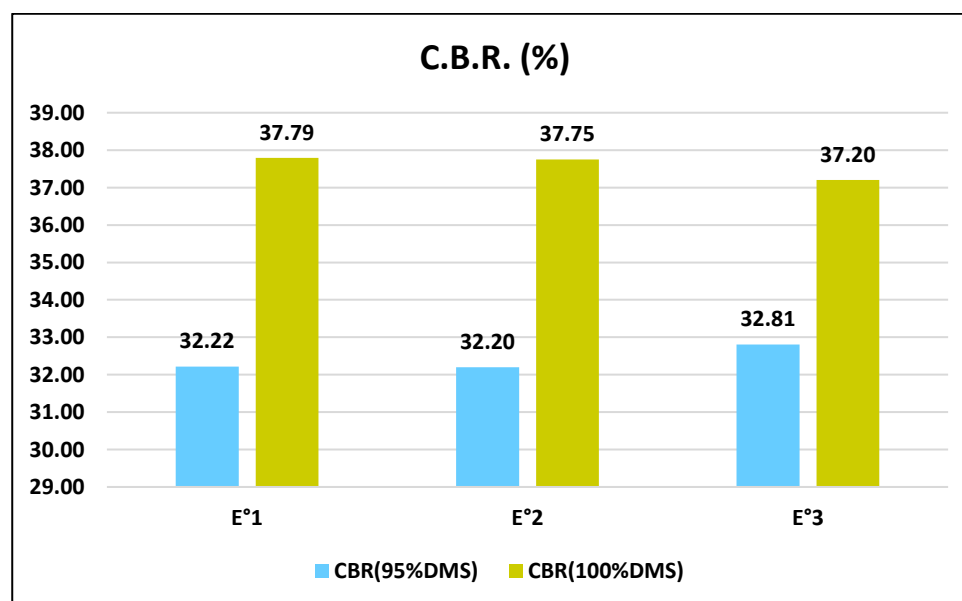
Tabla 9

CBR

Exploraciones	CBR(95%DMS)	CBR(100%DMS)
E°1	32.22 %	37.79 %
E°2	32.20 %	37.75 %
E°3	32.81 %	37.20 %
Promedio	32.41 %	37.58 %

Figura 10

CBR



Se muestra los resultados de CBR realizados en la subbase de la carretera Juliaca - Lampa. Los valores de CBR al 95% oscilan entre 32.22 y 32.81, con un promedio de 32.41%, mientras que los valores de CBR al 100% fluctúan entre 37.20 y 37.79, con un promedio de 37.58%. Estos resultados indican una ligera variabilidad en los valores de CBR entre los diferentes puntos de exploración.

❖ **En relación con la EG-2013 – Parámetros en la subbase****Tabla 10***Parámetros en el tamizado - Comparativa*

Tamiz	Tamizado del EG-2013	Parámetros de % que pasa			Conformidad
		Tamizado 1	Tamizado 2	Tamizado 3	
1 1/2"	-	100.00	100.00	100.00	CUMPLE
3/8"	30 - 65	50.51	57.33	51.48	CUMPLE
No4	25 - 55	30.03	39.80	41.48	CUMPLE
No10	15 - 40	23.69	30.28	33.47	CUMPLE
No40	8 - 20	14.45	19.13	19.43	CUMPLE
No200	2 - 8	5.45	5.77	5.83	CUMPLE

Se muestra los resultados de los parámetros de tamizado de la subbase en relación con la normativa EG-2013.

Tabla 11*Parámetros de las características de la subbase*

Características	Según el EG-2013	Parámetros de las características de la sub base			Conformidad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
IP (%)	4 % máximo	09.02	09.06	09.09	NO CUMPLE
CBR (%)	40% min	37.79	37.75	37.20	NO CUMPLE

Se compara las características de la subbase con los parámetros establecidos por la normativa EG-2013. Los resultados muestran que tanto el (IP) como el CBR no cumplen con los requisitos mínimos establecidos. El IP supera el límite máximo del 4% en todos los puntos de exploración, con valores de 9.02, 9.06 y 9.09 %, mientras que el CBR no alcanza el 40% mínimo requerido, con valores de 37.79, 37.75 y 37.20 % en los tres puntos.

4.1.2 Calidad de los materiales empleados en la base granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013

❖ Gradación del material

Tabla 12

Tamizado-E°1, km 4+000

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	261.23	13.06	13.06	86.94
3/4"	200.41	10.02	23.08	76.92
1/2"	195.26	9.76	32.85	67.16
3/8"	154.23	7.71	40.56	59.44
1/4"	200.45	10.02	50.58	49.42
No4	194.56	9.73	60.31	39.69
No10	200.45	10.02	70.33	29.67
No20	175.64	8.78	79.11	20.89
No40	120.30	6.02	85.13	14.87
No50	110.45	5.52	90.65	9.35
No100	65.47	3.27	93.92	6.08
No200	60.23	3.01	96.93	3.07
BASE	61.32	3.07	100.00	0.00
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	3.07			

Figura 11

Tamizado-E°1, km 4+000

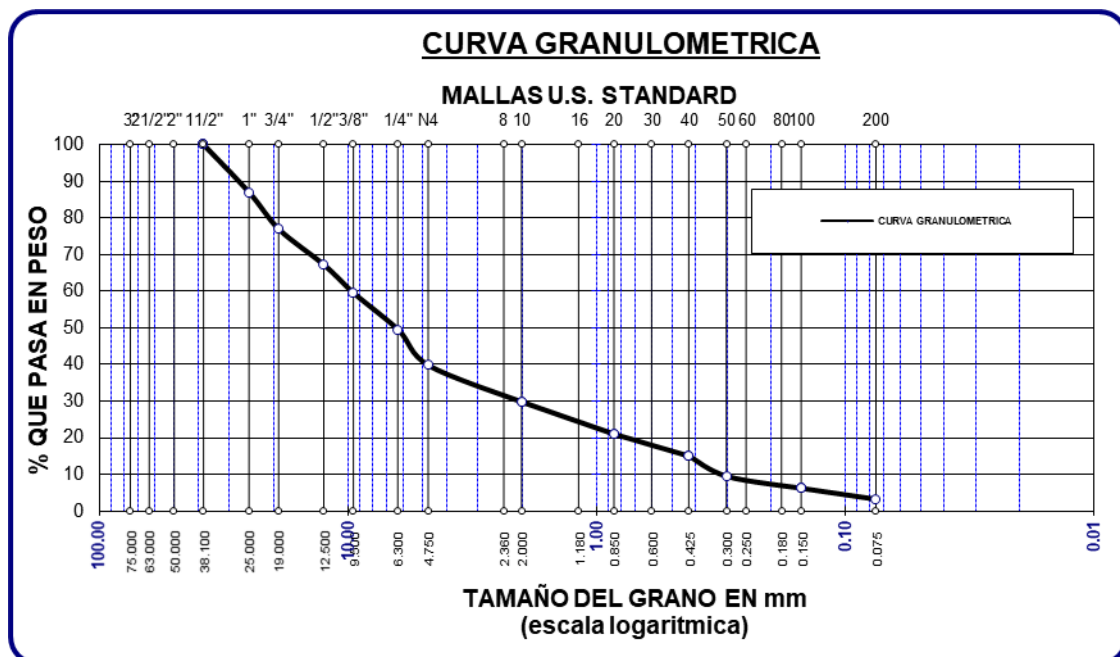


Tabla 13

Tamizado-E°2, km 10+000

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	212.32	10.62	10.62	89.38
3/4"	175.46	8.77	19.39	80.61
1/2"	194.56	9.73	29.12	70.88
3/8"	170.23	8.51	37.63	62.37
1/4"	190.26	9.51	47.14	52.86
No4	212.56	10.63	57.77	42.23
No10	241.98	12.10	69.87	30.13
No20	184.56	9.23	79.10	20.90
No40	124.33	6.22	85.31	14.69
No 50	90.26	4.51	89.83	10.17
No100	62.45	3.12	92.95	7.05
No200	94.12	4.71	97.65	2.35
BASE	46.91	2.35	100.00	0.00
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	2.35			

Figura 12

Tamizado-E°2, km 10+000

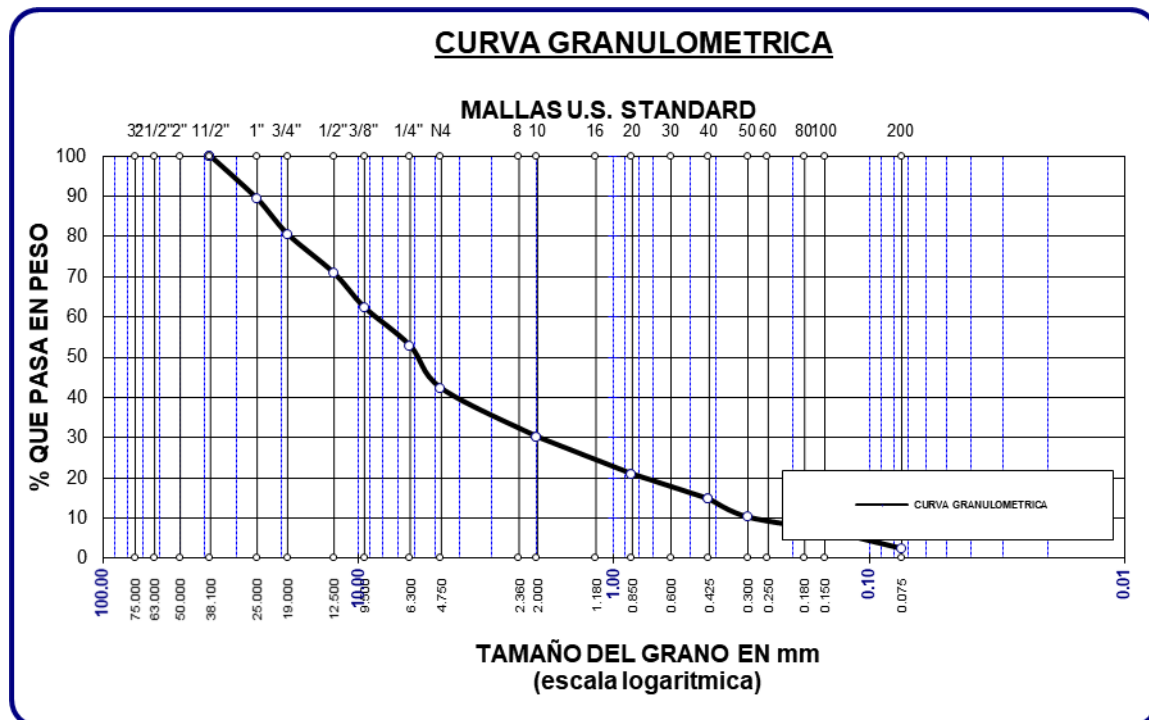


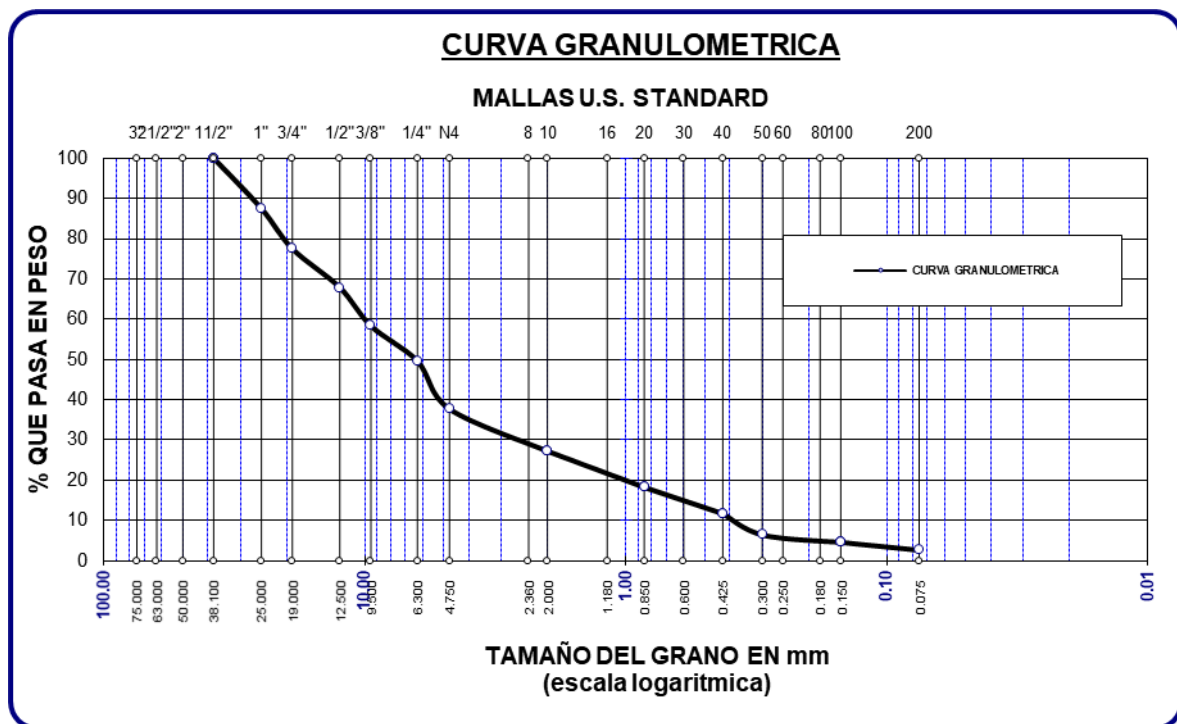
Tabla 14

Tamizado-E³, km 20+000

Tamices	P.retenidos	%Retenidos	%Acumulado	%Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	238.65	11.93	11.93	88.07
3/4"	200.14	10.01	21.94	78.06
1/2"	184.56	9.23	31.17	68.83
3/8"	164.26	8.21	39.38	60.62
1/4"	200.41	10.02	49.40	50.60
No4	240.12	12.01	61.41	38.59
No10	215.65	10.78	72.19	27.81
No20	180.45	9.02	81.21	18.79
No40	125.64	6.28	87.49	12.51
No 50	102.45	5.12	92.62	7.38
No100	50.21	2.51	95.13	4.87
No200	45.67	2.28	97.41	2.59
BASE	51.79	2.59	100.00	0.00
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	2.59			

Figura 13

Tamizado-E³, km 20+000



❖ Base (Límites)

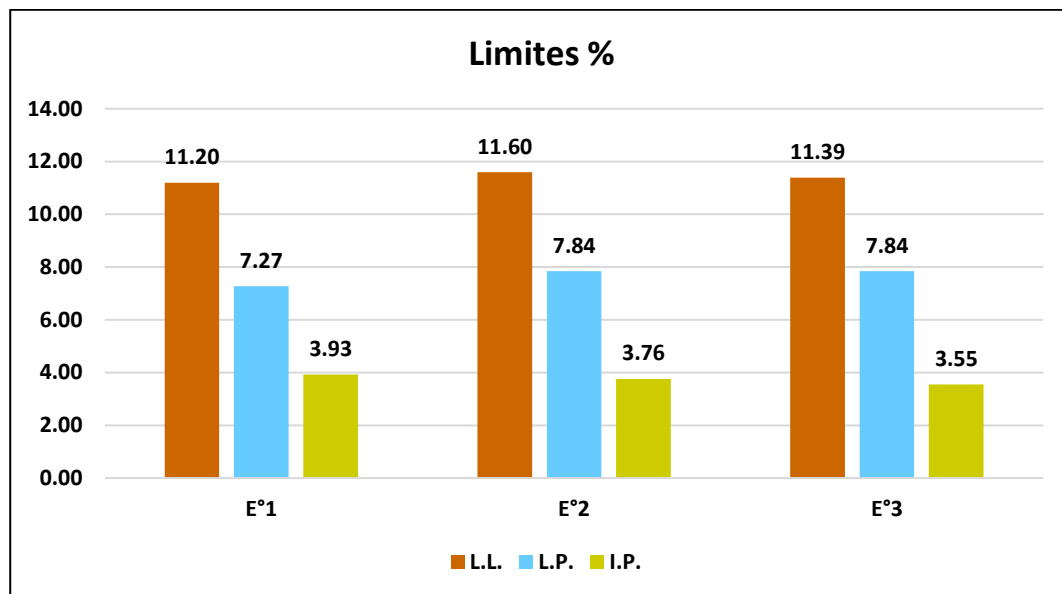
Tabla 15

Exploraciones-Límites

Límites	Detalles de las exploraciones		
	E°1	E°2	E°3
L.L %	11.20	11.60	11.39
L.P %	7.27	7.84	7.84
I.P %	3.93	3.76	3.55
Pro. IP		3.75 %	

Figura 14

Exploraciones-Límites



Se presenta los resultados de las exploraciones-límites en la base de la carretera Juliaca - Lampa. Los valores de los (L.L.), fluctúan entre 11.20 y 11.60, con un promedio de 11.40. Los (L.P.), varían entre 7.27 y 7.84, con un promedio de 7.65. Finalmente, los valores del índice de plasticidad (I.P.), oscilan entre 3.55 y 3.93, con un promedio de 3.75. Estos resultados reflejan una ligera variabilidad en las propiedades de los materiales en las distintas exploraciones.

❖ COH y DMS en la base

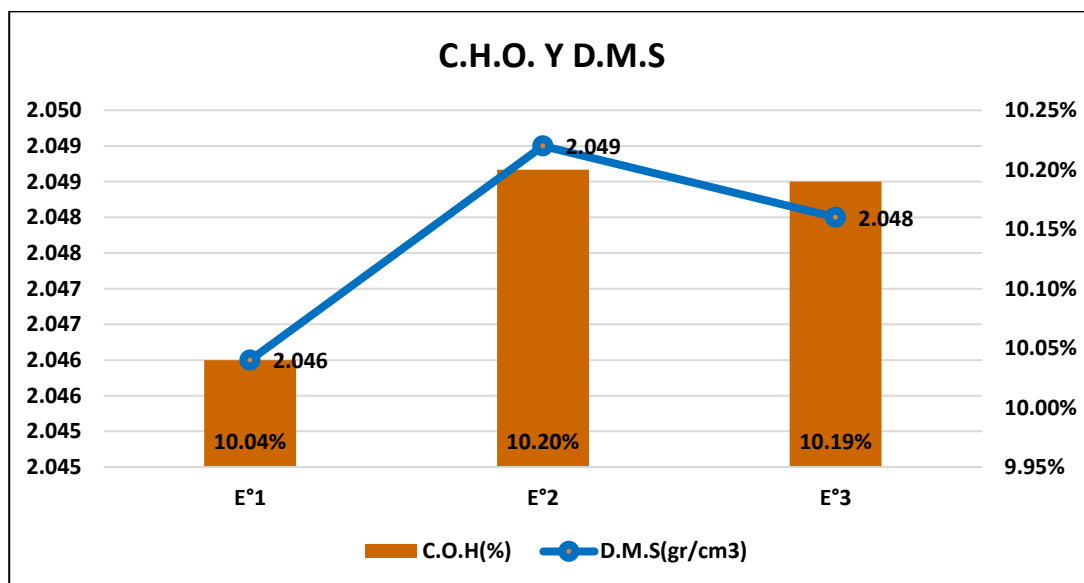
Tabla 16

COH-DMS

Pruebas	Detalles de las exploraciones		
	E°1	E°2	E°3
C.O.H(%)	10.04%	10.20%	10.19%
D.M.S(gr/cm ³)	2.046	2.049	2.048
PromC.H.O.	10.14%		
PromD.M.S.	2.048 (gr/cm ³)		

Figura 15

COH-DMS



Se presenta los resultados de las pruebas de COH y DMS en la base de la carretera Juliaca - Lampa. Los valores de COH varían entre 10.04% y 10.19%, con un promedio de 10.14%. En cuanto a la DMS, los valores son muy consistentes, oscilando entre 2.046 g/cm³ y 2.049 g/cm³, con un promedio de 2.048 g/cm³. Estos resultados muestran una pequeña variabilidad tanto en el contenido de humedad como en la densidad en los puntos de exploración.

❖ CBR en la Base

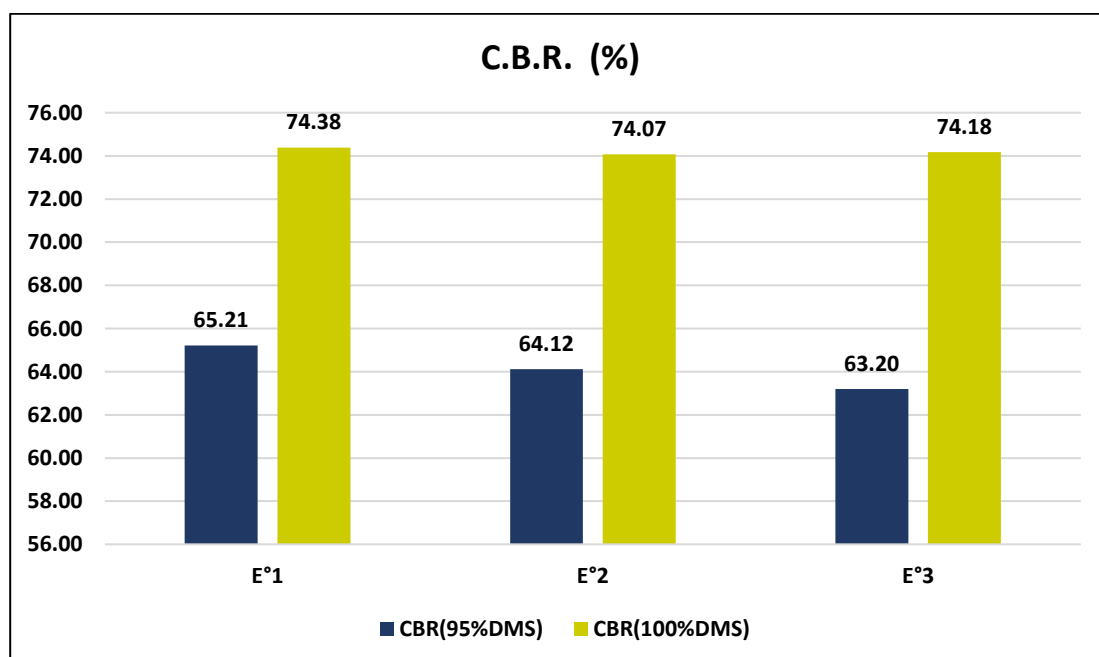
Tabla 17

CBR

Exploraciones	CBR(95%DMS)	CBR(100%DMS)
E°1	65.21 %	74.38 %
E°2	64.12 %	74.07 %
E°3	63.20 %	74.18 %
Promedio	64.18 %	74.21 %

Figura 16

CBR



Se muestra los resultados de los ensayos de CBR en la base de la carretera Juliaca - Lampa. Los valores de CBR al 95% varían entre 63.20 y 65.21, con un promedio de 64.18, mientras que los valores de CBR al 100% oscilan entre 74.07 y 74.38, con un promedio de 74.21%.

❖ En relación con la EG-2013 – Parámetros en la base**Tabla 18***Parámetros en el tamizado - Comparativa*

Tamiz	Tamizado del EG-2013	Parámetros de % que pasa			Conformidad
		Tamizado 1	Tamizado 2	Tamizado 3	
1"	-	100.00	100.00	100.00	CUMPLE
3/8"	30 - 65	59.44	62.97	60.62	CUMPLE
No4	25 - 55	39.69	42.23	38.59	CUMPLE
No10	15 - 40	29.67	30.13	27.81	CUMPLE
No40	8 - 20	14.87	14.69	12.51	CUMPLE
No200	2 - 8	3.07	2.35	2.59	CUMPLE

Se muestra los resultados de los parámetros de tamizado de la subbase en relación con la normativa EG-2013.

Tabla 19*Parámetros de las características de la base*

Características	Según el EG-2013	Parámetros de las características de la sub base			Conformidad
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	
IP %	2 % min	3.93	03.76	3.55	CUMPLE
CBR %	100% min	74.38	74.07	74.18	NO CUMPLE

Se presenta los parámetros de las características de la base en relación con los requisitos establecidos por la normativa EG-2013. El índice de plasticidad (IP) cumple con el mínimo requerido del 2%, con valores de 3.93, 3.76 y 3.55 para los tres puntos de exploración. Sin embargo, el CBR no cumple con el mínimo requerido de 100%, ya que los valores obtenidos son 74.38, 74.07 y 74.18, los cuales no superan el límite establecido.



4.1.3 Deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la carretera Juliaca - Lampa

Tabla 20

Datos de las lecturas realizadas en el lado derecho, km(3+000 a 5+000)

K.M.	Carril	Distancia del borde	LECTURA (mm/100)					Lf
			Dial 1					
			0	25	50	75	100	
3+000	Derch.	0.70 m	0	4	7	12	15	17
3+050	Derch.	0.70 m	0	5	8	13	16	18
3+100	Derch.	0.70 m	0	4	9	15	17	17
3+150	Derch.	0.70 m	0	5	7	12	15	17
3+200	Derch.	0.70 m	0	5	9	16	18	19
3+250	Derch.	0.70 m	0	4	7	12	15	16
3+300	Derch.	0.70 m	0	5	8	13	16	16
3+350	Derch.	0.70 m	0	6	8	14	16	17
3+400	Derch.	0.70 m	0	4	8	13	15	16
3+450	Derch.	0.70 m	0	6	9	14	16	17
3+500	Derch.	0.70 m	0	5	7	14	16	17
3+550	Derch.	0.70 m	0	5	9	15	17	18
3+600	Derch.	0.70 m	0	5	8	14	16	18
3+650	Derch.	0.70 m	0	4	9	14	16	16
3+700	Derch.	0.70 m	0	6	7	14	16	17
3+750	Derch.	0.70 m	0	4	8	15	17	18
3+800	Derch.	0.70 m	0	5	8	13	15	16
3+850	Derch.	0.70 m	0	4	7	12	15	16
3+900	Derch.	0.70 m	0	4	8	14	16	17
3+950	Derch.	0.70 m	0	6	8	12	15	16
4+000	Derch.	0.70 m	0	4	7	13	15	16
4+050	Derch.	0.70 m	0	5	7	14	16	16
4+100	Derch.	0.70 m	0	3	9	14	15	17
4+150	Derch.	0.70 m	0	4	7	13	16	17
4+200	Derch.	0.70 m	0	5	8	14	15	17
4+250	Derch.	0.70 m	0	4	7	12	14	16
4+300	Derch.	0.70 m	0	3	7	13	15	16
4+350	Derch.	0.70 m	0	5	7	13	15	16
4+400	Derch.	0.70 m	0	4	8	14	16	17
4+450	Derch.	0.70 m	0	6	9	13	15	16
4+500	Derch.	0.70 m	0	5	8	13	15	16
4+550	Derch.	0.70 m	0	4	9	14	16	17
4+600	Derch.	0.70 m	0	5	7	12	15	16
4+650	Derch.	0.70 m	0	5	8	13	16	17
4+700	Derch.	0.70 m	0	6	9	14	16	17
4+750	Derch.	0.70 m	0	5	7	11	14	16
4+800	Derch.	0.70 m	0	4	8	12	15	16
4+850	Derch.	0.70 m	0	4	9	14	16	17
4+900	Derch.	0.70 m	0	5	7	12	14	16
4+950	Derch.	0.70 m	0	4	8	14	16	17
5+000	Derch.	0.70 m	0	4	7	12	14	15

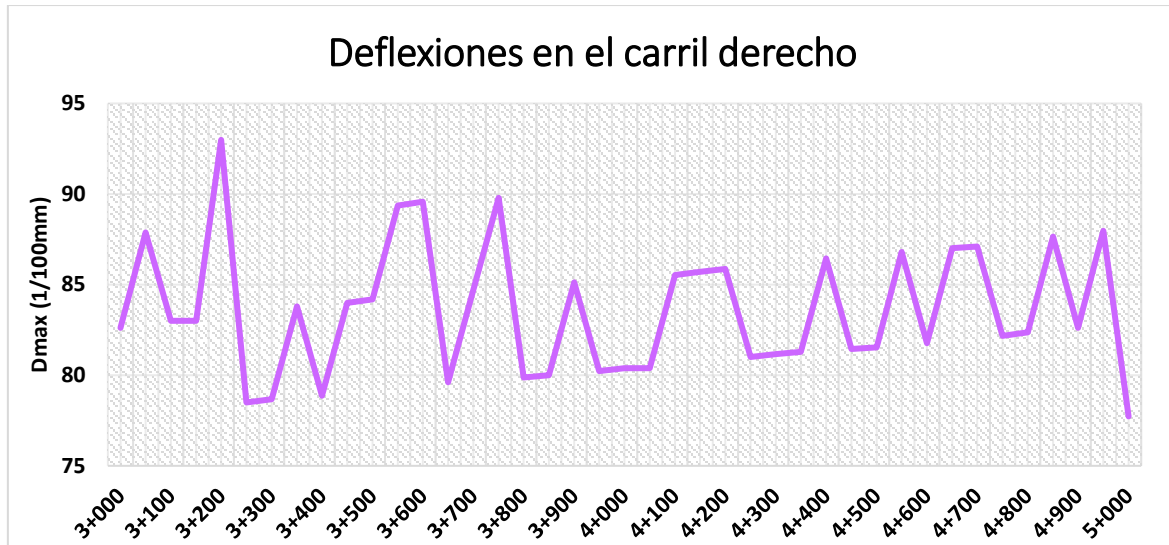
Tabla 21

Deflexiones y radios de curvaturas del lado derecho, km(3+000 a 5+000)

KM	Temp. Capa	Corrección por temperatura	Deflexiones mm/100		Radio (m) curvatura
			D0	D25	Rc
3+000	34.0	0.935	83	63	161
3+050	33.0	0.939	88	63	128
3+100	33.0	0.939	83	63	160
3+150	33.0	0.939	83	59	128
3+200	32.5	0.941	93	69	128
3+250	32.0	0.943	78	59	159
3+300	31.5	0.946	79	54	127
3+350	31.0	0.948	84	54	106
3+400	31.0	0.948	79	59	159
3+450	30.5	0.950	84	54	105
3+500	30.0	0.952	84	59	126
3+550	29.5	0.955	89	65	126
3+600	29.0	0.957	90	65	126
3+650	29.0	0.957	80	60	157
3+700	28.7	0.958	85	55	105
3+750	28.5	0.959	90	70	157
3+800	28.3	0.960	80	55	125
3+850	28.0	0.962	80	60	156
3+900	27.7	0.963	85	65	156
3+950	27.4	0.964	80	50	104
4+000	27.0	0.966	80	60	155
4+050	27.0	0.966	80	55	124
4+100	26.7	0.968	86	70	207
4+150	26.3	0.969	86	66	155
4+200	25.9	0.971	86	61	124
4+250	25.4	0.974	81	61	154
4+300	25.0	0.976	81	66	205
4+350	24.7	0.977	81	56	123
4+400	24.5	0.978	86	66	154
4+450	24.3	0.979	81	51	102
4+500	24.1	0.980	82	56	123
4+550	23.7	0.982	87	66	153
4+600	23.5	0.983	82	56	122
4+650	23.2	0.984	87	61	122
4+700	23.0	0.985	87	56	102
4+750	22.5	0.988	82	56	122
4+800	22.0	0.990	82	62	152
4+850	21.7	0.992	88	67	152
4+900	21.4	0.993	83	57	121
4+950	21.0	0.995	88	67	151
5+000	20.7	0.997	78	57	151
	Promedio		83.65		
	Desviación estándar		3.63		

Figura 17

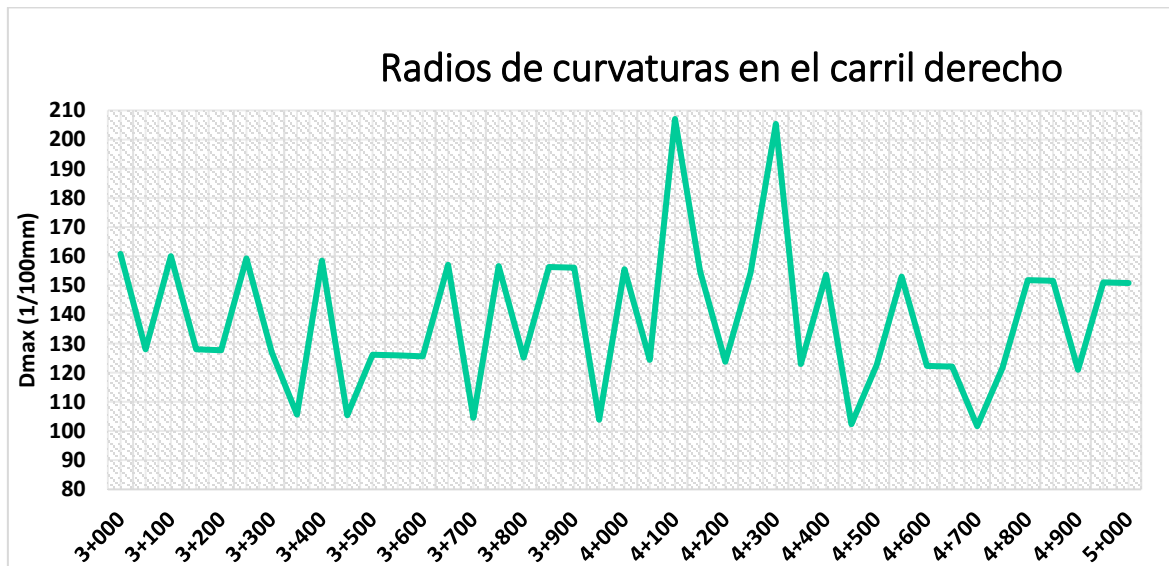
Deflexiones del lado derecho, km(3+000 a 5+000)



Se presentan las deflexiones correspondientes al lado derecho de la carretera Juliaca-Lampa, entre el kilómetro 2 y el kilómetro 5, con un valor promedio de deflexión máxima de 83.65×10^2 .

Figura 18

Radios de curvatura del lado derecho, km(3+000 a 5+000)



Se presentan los radios de curvatura correspondientes al lado derecho de la carretera Juliaca-Lampa, entre el kilómetro 2 y el kilómetro 5, con un valor promedio de 138 metros.



❖ Calculo

Deflexión corregida formula:

$$D_c(20^\circ\text{C}) = \frac{D_c(T)}{K(T - 20)e + 1}$$
$$D_c(20^\circ\text{C}) = \frac{1.0}{0.001 * (34.0 - 20.0) * 5.0 + 1.0}$$
$$D_c(20^\circ\text{C}) = 0.935$$

$e=5\text{cm}$, espesor de la carpeta

Radios de curvaturas

$$R_c = \frac{10 * 25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$
$$R_c = 161\text{m}$$

Deflexión admisible

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{1/4}; \quad N = \frac{EE}{1000000}$$
$$EE=1767671.1$$
$$D_a = 89.8 * 10^{-2}\text{mm}$$

Deflexión característica

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$
$$\bar{D} = 83.65 * 10^{-2}\text{mm}$$
$$t = 1.645$$
$$D_c = 89.6 * 10^{-2}\text{mm}$$
$$D_c < D_{adm}; \text{okey}$$



Tabla 22

Datos de las lecturas realizadas en el lado izquierdo, km(3+000 a 5+000)

K.M.	Carril	Distancia del borde	LECTURA (mm/100)					Lf
			Dial 1					
			0	25	50	75	100	
3+000	Izqui.	0.70 m	0	4	7	10	14	16
3+050	Izqui.	0.70 m	0	4	8	12	14	16
3+100	Izqui.	0.70 m	0	5	9	13	15	17
3+150	Izqui.	0.70 m	0	5	7	14	15	16
3+200	Izqui.	0.70 m	0	4	8	14	16	17
3+250	Izqui.	0.70 m	0	5	7	15	15	17
3+300	Izqui.	0.70 m	0	4	8	13	15	16
3+350	Izqui.	0.70 m	0	4	9	14	15	16
3+400	Izqui.	0.70 m	0	4	7	12	16	17
3+450	Izqui.	0.70 m	0	5	6	13	15	16
3+500	Izqui.	0.70 m	0	4	7	14	16	18
3+550	Izqui.	0.70 m	0	5	8	12	15	16
3+600	Izqui.	0.70 m	0	6	9	13	16	17
3+650	Izqui.	0.70 m	0	4	7	12	15	17
3+700	Izqui.	0.70 m	0	5	8	12	16	17
3+750	Izqui.	0.70 m	0	4	6	11	15	16
3+800	Izqui.	0.70 m	0	5	7	12	16	18
3+850	Izqui.	0.70 m	0	6	8	13	15	16
3+900	Izqui.	0.70 m	0	4	6	12	15	17
3+950	Izqui.	0.70 m	0	5	9	14	15	16
4+000	Izqui.	0.70 m	0	5	8	12	14	16
4+050	Izqui.	0.70 m	0	4	7	13	14	17
4+100	Izqui.	0.70 m	0	6	8	14	15	16
4+150	Izqui.	0.70 m	0	5	9	13	16	17
4+200	Izqui.	0.70 m	0	5	7	12	14	17
4+250	Izqui.	0.70 m	0	6	8	14	16	17
4+300	Izqui.	0.70 m	0	5	9	13	15	16
4+350	Izqui.	0.70 m	0	4	8	12	14	16
4+400	Izqui.	0.70 m	0	6	7	14	16	17
4+450	Izqui.	0.70 m	0	5	8	13	15	16
4+500	Izqui.	0.70 m	0	4	9	13	15	17
4+550	Izqui.	0.70 m	0	5	6	14	15	17
4+600	Izqui.	0.70 m	0	6	8	13	15	16
4+650	Izqui.	0.70 m	0	4	7	14	16	17
4+700	Izqui.	0.70 m	0	5	8	13	15	16
4+750	Izqui.	0.70 m	0	6	9	12	14	16
4+800	Izqui.	0.70 m	0	4	9	13	14	17
4+850	Izqui.	0.70 m	0	5	8	13	14	17
4+900	Izqui.	0.70 m	0	4	7	14	15	18
4+950	Izqui.	0.70 m	0	5	8	12	14	16
5+000	Izqui.	0.70 m	0	4	9	13	15	17

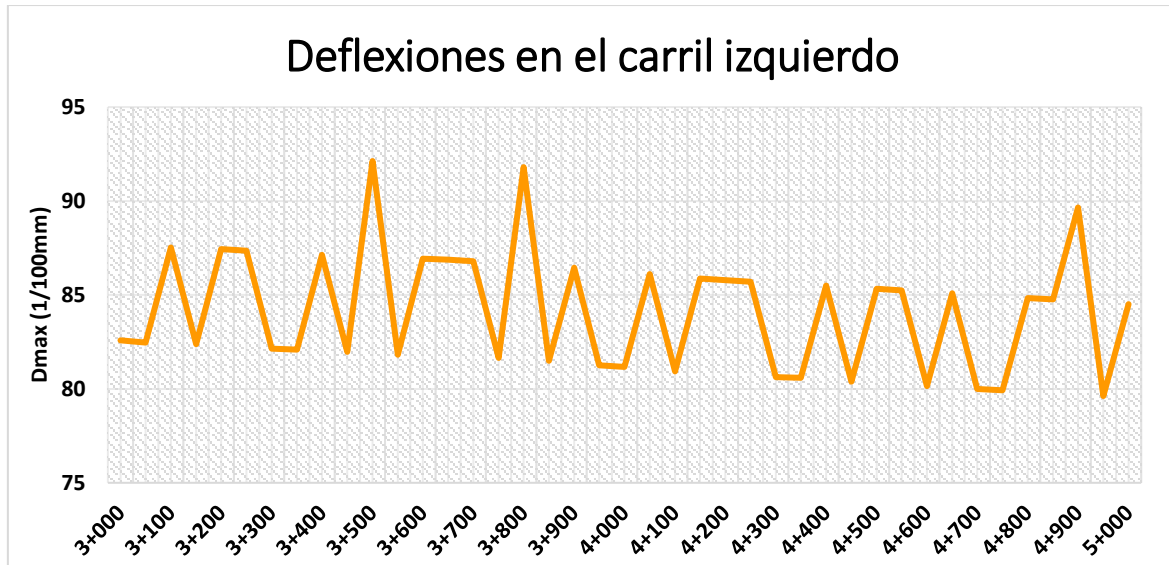
Tabla 23

Deflexiones y radios de curvaturas del lado izquierdo, km(3+000 a 5+000)

RESULTADOS					
KM	Temp. Capa	Corrección por temperatura	Deflexiones mm/100		Radio (m) curvatura
			D0	D25	Rc
3+000	21.5	0.993	83	62	151
3+050	21.8	0.991	82	62	152
3+100	22.0	0.990	88	62	121
3+150	22.0	0.990	82	57	121
3+200	22.2	0.989	87	67	152
3+250	22.4	0.988	87	62	122
3+300	22.6	0.987	82	62	152
3+350	22.7	0.987	82	62	152
3+400	22.9	0.986	87	67	152
3+450	23.0	0.985	82	56	122
3+500	23.2	0.984	92	72	153
3+550	23.4	0.983	82	56	122
3+600	23.4	0.983	87	56	102
3+650	23.5	0.983	87	66	153
3+700	23.7	0.982	87	61	122
3+750	23.8	0.981	82	61	153
3+800	23.9	0.981	92	66	123
3+850	24.2	0.979	81	51	102
3+900	24.5	0.978	86	66	154
3+950	24.8	0.977	81	56	123
4+000	25.0	0.976	81	56	123
4+050	25.3	0.974	86	66	154
4+100	25.6	0.973	81	51	103
4+150	25.9	0.971	86	61	124
4+200	26.1	0.970	86	61	124
4+250	26.3	0.969	86	55	103
4+300	26.4	0.969	81	55	124
4+350	26.5	0.969	81	60	155
4+400	26.8	0.967	85	55	104
4+450	27.0	0.966	80	55	124
4+500	27.2	0.965	85	65	156
4+550	27.4	0.964	85	60	125
4+600	27.6	0.963	80	50	104
4+650	27.8	0.962	85	65	156
4+700	28.0	0.962	80	55	125
4+750	28.2	0.961	80	50	104
4+800	28.4	0.960	85	65	157
4+850	28.6	0.959	85	60	125
4+900	28.8	0.958	90	70	157
4+950	29.0	0.957	80	55	126
5+000	29.2	0.956	85	65	157
Promedio			84.20		
Desviación estándar			3.23		

Figura 19

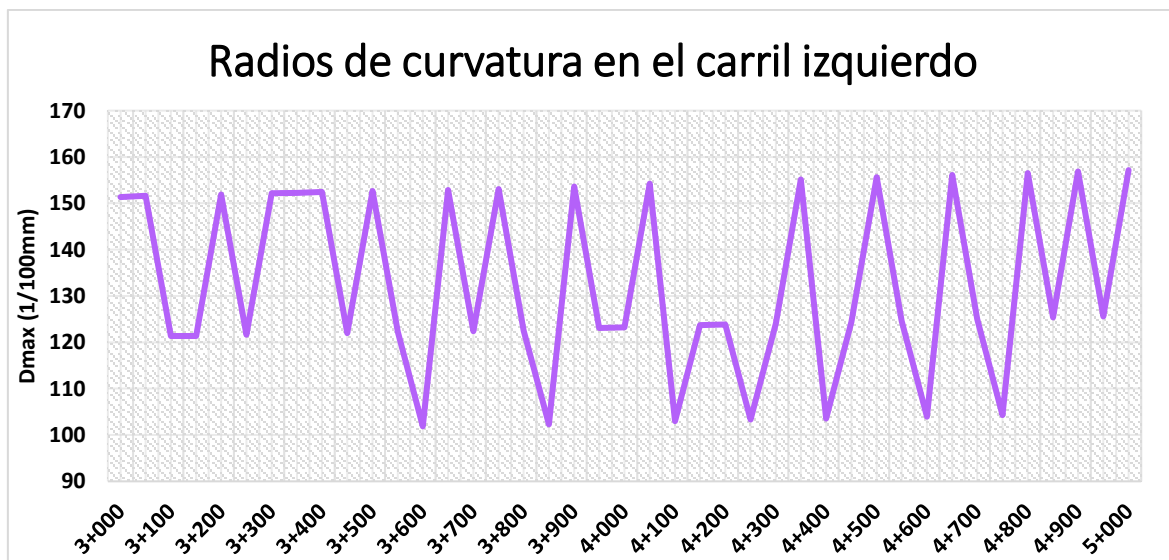
Deflexiones del lado izquierdo, km(3+000 a 5+000)



Se presentan las deflexiones correspondientes al lado izquierdo de la carretera Juliaca-Lampa, entre el kilómetro 2 y el kilómetro 5, con un valor promedio de deflexión máxima de 84.20×10^2 .

Figura 20

Radios de curvatura del lado izquierdo, km(3+000 a 5+000)



Se presentan los radios de curvatura correspondientes al lado izquierdo de la carretera Juliaca-Lampa, entre el kilómetro 2 y el kilómetro 5, con un valor promedio de 133 metros.



❖ Calculo

Deflexión corregida formula:

$$D_c(20^\circ\text{C}) = \frac{D_c(T)}{K(T - 20)e + 1}$$

$$D_c(20^\circ\text{C}) = \frac{1.0}{0.001 * (21.5 - 20.0) * 5.0 + 1.0}$$

$$D_c(20^\circ\text{C}) = 0.993$$

$e=5\text{cm}$, espesor de la carpeta

Radios de curvaturas

$$R_c = \frac{10 * 25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

$$R_c = 151\text{m}$$

Deflexión admisible

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N}\right)^{1/4}; \quad N = \frac{EE}{1000000}$$

$$EE=1767671.1$$

$$D_a = 89.8 * 10^{-2}\text{mm}$$

Deflexión característica

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

$$\bar{D} = 84.20 * 10^{-2}\text{mm}$$

$$t = 1.645$$

$$D_c = 89.5 * 10^{-2}\text{mm}$$

$$D_c < D_{adm}; \text{okey}$$

Figura 21

Deflexiones, km(3+000 a 5+000)

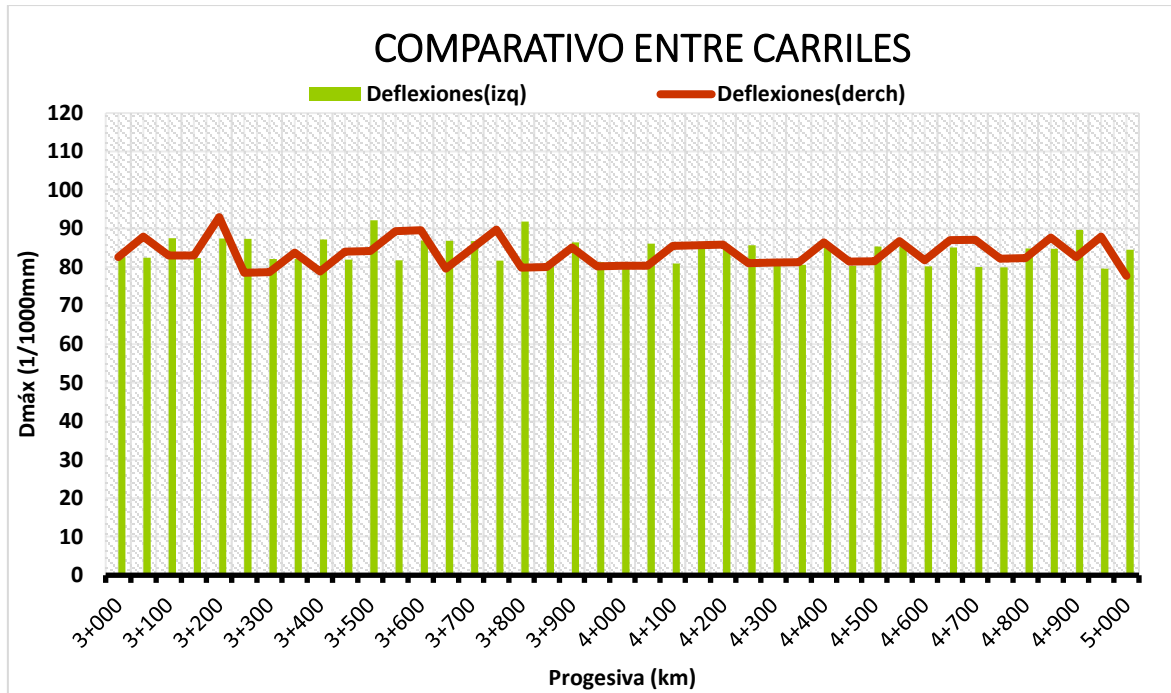


Figura 22

Radios de curvatura, km(3+000 a 5+000)

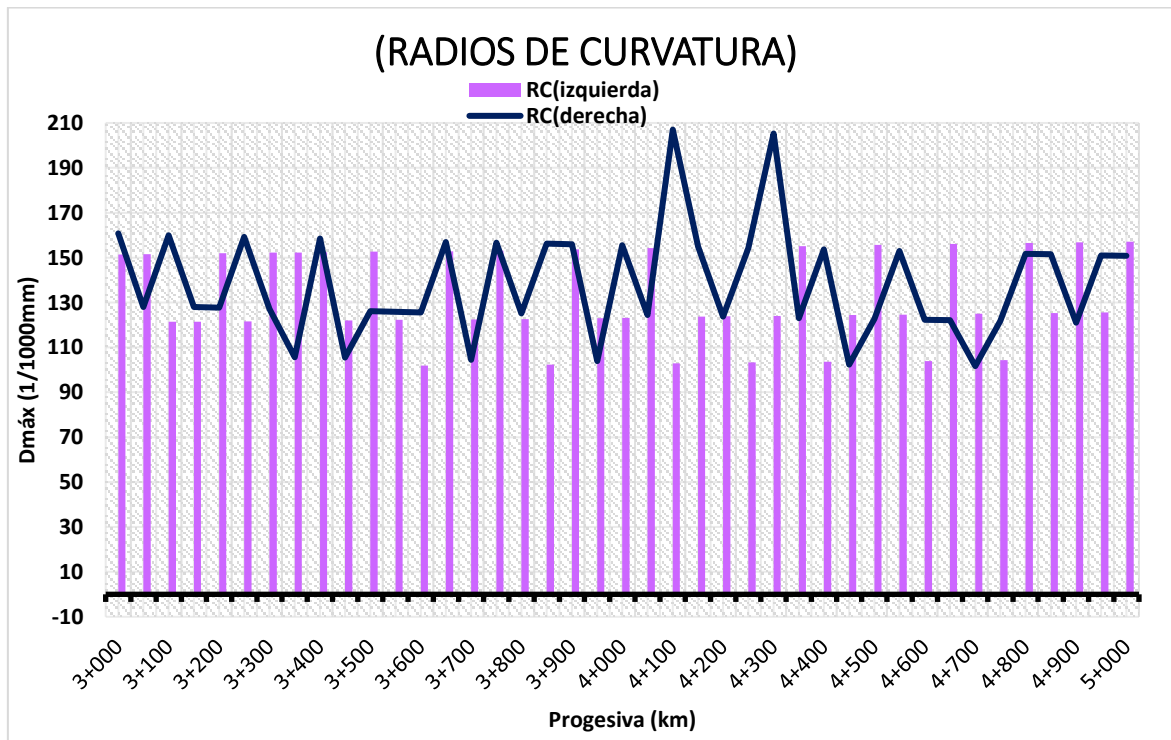




Tabla 24

Condición del pavimento del lado derecho, km(3+000 a 5+000)

Margen derecho			
KM	Radio de curvatura mínima	Radio de curvatura del pavimento (m)	Condición del pavimento
3+000		161	Bueno
3+050		128	Bueno
3+100		160	Bueno
3+150		128	Bueno
3+200		128	Bueno
3+250		159	Bueno
3+300		127	Bueno
3+350		106	Bueno
3+400		159	Bueno
3+450		105	Bueno
3+500		126	Bueno
3+550		126	Bueno
3+600		126	Bueno
3+650		157	Bueno
3+700		105	Bueno
3+750		157	Bueno
3+800		125	Bueno
3+850		156	Bueno
3+900		156	Bueno
3+950		104	Bueno
4+000	100 m	155	Bueno
4+050		124	Bueno
4+100		207	Bueno
4+150		155	Bueno
4+200		124	Bueno
4+250		154	Bueno
4+300		205	Bueno
4+350		123	Bueno
4+400		154	Bueno
4+450		102	Bueno
4+500		123	Bueno
4+550		153	Bueno
4+600		122	Bueno
4+650		122	Bueno
4+700		102	Bueno
4+750		122	Bueno
4+800		152	Bueno
4+850		152	Bueno
4+900		121	Bueno
4+950		151	Bueno
5+000		151	Bueno

Se presenta la condición del pavimento evaluada en el tramo del kilómetro 3 al kilómetro 5, en el lado derecho de la carretera, donde la condición se clasifica como 'BUENA'.



Tabla 25

Condición del pavimento del lado izquierdo, km(3+000 a 5+000)

Margen izquierdo			
KM	Radio de curvatura mínima	Radio de curvatura del pavimento (m)	Condición del pavimento
3+000		151	Bueno
3+050		152	Bueno
3+100		121	Bueno
3+150		121	Bueno
3+200		152	Bueno
3+250		122	Bueno
3+300		152	Bueno
3+350		152	Bueno
3+400		152	Bueno
3+450		122	Bueno
3+500		153	Bueno
3+550		122	Bueno
3+600		102	Bueno
3+650		153	Bueno
3+700		122	Bueno
3+750		153	Bueno
3+800		123	Bueno
3+850		102	Bueno
3+900		154	Bueno
3+950		123	Bueno
4+000	100 m	123	Bueno
4+050		154	Bueno
4+100		103	Bueno
4+150		124	Bueno
4+200		124	Bueno
4+250		103	Bueno
4+300		124	Bueno
4+350		155	Bueno
4+400		104	Bueno
4+450		124	Bueno
4+500		156	Bueno
4+550		125	Bueno
4+600		104	Bueno
4+650		156	Bueno
4+700		125	Bueno
4+750		104	Bueno
4+800		157	Bueno
4+850		125	Bueno
4+900		157	Bueno
4+950		126	Bueno
5+000		157	Bueno

Se presenta la condición del pavimento evaluada en el tramo del kilómetro 3 al kilómetro 5, en el lado izquierdo de la carretera, donde la condición se clasifica como 'BUENA'.

4.2 Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos en las investigaciones previas sobre el comportamiento estructural de pavimentos flexibles en diversas carreteras proporcionan un panorama detallado de los factores que influyen en la calidad y estabilidad de estas infraestructuras viales. En particular, los estudios de Eriqita (2021) y Fernández (2020) destacan la importancia de la medición de deflexiones mediante el uso de la viga Benkelman para evaluar el comportamiento estructural y las condiciones de los pavimentos flexibles. Los valores obtenidos en ambos estudios muestran que, a pesar de las variaciones en las condiciones de cada carretera, las deflexiones dentro de los límites admisibles indican un buen comportamiento estructural en general.

En el caso de la carretera Moquegua MO-108, Eriqita (2021) señala que la deflexión característica obtenida fue de $75.02 \times 10^{-2} \text{mm}$, lo que se encuentra por debajo de la deflexión admisible de $133.5 \times 10^{-2} \text{mm}$, lo que sugiere que la carretera tiene un comportamiento estructural adecuado. Sin embargo, el estudio también identifica que un pequeño porcentaje del pavimento (7.4%) muestra deficiencias, lo que resalta la importancia de realizar intervenciones puntuales, como el sellado de fisuras, para garantizar la durabilidad de la infraestructura. Además, el uso del Programa BISAR 3.0 y el método SHELL permitió un análisis detallado, que mostró que, a pesar de que la subrasante tiene un buen desempeño, la deformación radial en la base de la capa asfáltica no cumple con los estándares, indicando una necesidad de refuerzo en esa zona del pavimento.

Por otro lado, Fernández (2020) en su investigación sobre la carretera Cajamarca-Celendín-Balsas concluye que el pavimento flexible del tramo Chaquilpampa - Santa Rosa de Chaquil presenta una deflexión característica de $67 \times 10^{-2} \text{mm}$, lo que también está por debajo de la deflexión admisible de $71 \times 10^{-2} \text{mm}$, y con un radio de curvatura promedio superior a los requisitos establecidos. Estos resultados sugieren que el pavimento en este tramo se encuentra en un estado óptimo para soportar el tránsito vehicular. Sin embargo,



es importante destacar que la variabilidad de las deflexiones en diferentes tramos de la carretera podría implicar diferencias en el comportamiento estructural que deben ser evaluadas más detalladamente, especialmente si se considera el crecimiento proyectado en el índice vehicular.

A nivel local, los estudios de Mamani (2022) y Flores (2023) sobre las carreteras de Puno también proporcionan información relevante sobre el comportamiento de pavimentos flexibles. Mamani (2022) analiza las variaciones en el comportamiento del pavimento según las pendientes longitudinales, observando que las zonas con pendiente mínima presentan deflexiones menores que las zonas con pendiente máxima. Esto sugiere que las pendientes pronunciadas pueden inducir mayores deformaciones en el pavimento, lo que debe ser tenido en cuenta en el diseño y mantenimiento de las infraestructuras viales. Por otro lado, Flores (2023) muestra cómo la variabilidad en el tipo de suelo de subrasante (A-2 y A-4) afecta la deflexión y la capacidad de carga del pavimento. Los resultados de su estudio evidencian que el tipo de suelo influye directamente en el comportamiento estructural, y que la mayor parte de la carretera evaluada tiene un comportamiento adecuado, con solo un pequeño porcentaje que presenta problemas significativos.

En general, los estudios muestran que el comportamiento estructural de los pavimentos flexibles es adecuado cuando las deflexiones se encuentran dentro de los límites establecidos, y que las intervenciones son necesarias solo en áreas específicas con deficiencias estructurales. La medición de deflexiones es una herramienta clave para diagnosticar el estado del pavimento y tomar decisiones informadas sobre las acciones de mantenimiento. Además, los resultados de las investigaciones locales resaltan la importancia de factores como el tipo de suelo de subrasante, las pendientes longitudinales y el tráfico vehicular en la determinación de la capacidad estructural de las carreteras. En consecuencia, la implementación de programas de monitoreo y mantenimiento regular es fundamental para asegurar la durabilidad y la seguridad de las infraestructuras viales.



CONCLUSIONES

General, la evaluación de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa 2025, a través de la medición de deflexiones y el análisis de la calidad de los materiales de la base y subbase granular, muestra que las deflexiones están dentro de los límites admisibles, con promedios de 83.65 mm/100 en el lado derecho y 84.20 mm/100 en el izquierdo. Sin embargo, los materiales de la subbase y base no cumplen completamente con los requisitos de la EG-2013, ya que el CBR están por debajo de los valores recomendados,

Primero, los resultados de la evaluación de la subbase granular indican que los materiales no cumplen con los requisitos establecidos por la EG-2013. El índice de plasticidad (IP) supera el límite máximo permitido del 4%, con un promedio de 9.06. Sin embargo, en cuanto a la gradación del material, se cumple con los parámetros establecidos. Además, el CBR al 100% de DMS presenta valores entre 37.20% y 37.79%, con un promedio de 37.58%, lo que está por debajo del mínimo requerido de 40%. Estos resultados sugieren que la subbase no tiene la capacidad necesaria para soportar las cargas de tráfico previstas.

Segundo, la calidad de los materiales de la base granular cumple con los requisitos establecidos por la EG-2013 en cuanto al índice de plasticidad (IP), con valores entre 3.55% y 3.93%, con un promedio de 3.75%, que está conforme con el límite mínimo de 2%. Sin embargo, en cuanto a la gradación del material, se cumple con los parámetros establecidos. Además, el CBR al 100% de DMS no cumple con el valor mínimo de 100%, ya que los valores obtenidos fluctúan entre 74.07% y 74.38%, con un promedio de 74.21%, lo que sugiere que la base granular tiene una capacidad de soporte menor.

Tercero, los resultados de las mediciones de deflexiones en la carretera Juliaca - Lampa muestran que la deflexión máxima promedio del pavimento es de 83.65 mm/100 en el lado



derecho y 84.20 mm/100 en el lado izquierdo, valores que están dentro de los límites admisibles para pavimentos flexibles. Los radios de curvatura promedio son de 138 m en el lado derecho y 133 m en el lado izquierdo, con una deflexión admisible de $89.8 \cdot 10^{-2}$ mm.



RECOMENDACIONES

Primero, se recomienda realizar un seguimiento a largo plazo de las deflexiones máximas de la carretera Juliaca-Lampa para evaluar cómo evolucionan con el tiempo y el aumento del tráfico vehicular.

Segundo, se recomienda investigar la influencia de los distintos tipos de materiales utilizados en la construcción del pavimento sobre la deflexión y durabilidad del pavimento.

Tercero, se recomienda evaluar el impacto de diferentes tipos de vehículos (pesados, ligeros, de carga especial) en las deflexiones y en la durabilidad de las capas del pavimento flexible.

Cuarto, se recomienda evaluar cómo las condiciones climáticas extremas de la región (especialmente las lluvias intensas y bajas temperaturas) afectan el rendimiento del pavimento flexible, tanto en términos de deflexiones como de durabilidad.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acosta Cachique, E., & Rivera Tello, G. H. (2025). *Evaluación de la rugosidad del pavimento flexible de la vía a santo tomás desde carretera IQUITOS NAUTA en San Juan Bautista Maynas 2023*. <http://hdl.handle.net/20.500.14503/3264>
- Alfonso, B. M., Eusebio, M. O., Carlos, & Flavio, M. O., Juan. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. Grupo Editorial Patria.
- Almeida Domínguez, M. I. (2022). *Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Patate—Baños ABS 4+700 – 8+200 de la provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36281>
- Aquipussio Calvo, B. N., & Meza Esquivel, K. A. (2023). Propuesta para la generación de curvas de deterioro basados en el seguimiento a resultados de pruebas estándar de evaluación de pavimentos aplicado a la carretera Yura—PATAHUASI km 100+000 al km 110+000. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/13404>
- Arteaga Pazmiño, H. A. (2025). *Evaluación de la estructura de la capa de rodadura de la vía La Merced en el tramo km 0+000 al km 4+200 del cantón Pujilí de la provincia de Cotopaxi*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/44078>
- Balarezo Durán, C. M. (2022). *Evaluación estructural del pavimento de la vía Cuenca—Azogues, tramo El Salado—Guangarcucho (20 km), con el método no destructivo FWD (Falling Weight Deflectometer) y diseño de su rehabilitación*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/39899>
- Capcha, J. C. (2024). Evaluación Estructural y Modelado Predictivo del Pavimento Flexible en Zonas Rurales: Un Caso de Estudio en la Carretera Puente Palca – Palca. *Llamkasun*, 5(2), Article 2. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v5i2.132>



- Cárdenas Arias, W. P. (2022). *Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Ambato – Quisapincha en el tramo km 6+400 al km 9+600 de la provincia de Tungurahua.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36292>
- Casia Boza, J. (2015). Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando el deflectómetro de impacto en la carretera Tarma- La Merced. *Universidad Nacional del Centro del Perú.* <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/413>
- Chávez Valdez, K. (2022). *Estudio definitivo de la pavimentación del Centro Poblado Positos, Distrito Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque.* <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/10343>
- Chininin Lozano, N. W. (2024). Evaluación de la condición estructural del corredor vial PE-02B (km 42+500—Km 63+480), aplicando la deflectometría. *Universidad Nacional de Jaén* | *Repositorio Institucional* - UNJ. <http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/handle/UNJ/729>
- Chipantiza Curay, D. K. (2025). *Optimización de la geometría de la vía desde el puente Yanayacu hasta Pillaro entre las abs 14+625-19+500 perteneciente a la provincia Tungurahua.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/43575>
- Dilmer, B. C. J. (2024). Determinación del comportamiento estructural del pavimento flexible de la carretera Cajamarca—San Marcos; tramo Iscocongá (plaza pecuaria)-Llacanora. *Universidad Nacional de Cajamarca.* <http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/6827>
- Domínguez Delgado, M. Á., & López Yanza, S. E. (2024). *Construcción de una viga benkelman para la evaluación estructural de pavimentos flexibles, usada en el Laboratorio de Pavimentos de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Quito, Campus Sur* [bachelorThesis]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26767>
- Domínguez Vargas, W. A. (2023). *Implementación del proceso de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Pelileo—Cotaló ABS 8+000 – 12+000*



de la provincia de Tungurahua.

<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/38162>

Eriquita Mamani, A. I. (2021). Comportamiento estructural del pavimento mediante recuperación elástica utilizando deflexiones medidas con viga Benkelman, red vial Moquegua Mo-108 (2 Km). *Universidad José Carlos Mariátegui*.
<https://repositorio.ujcm.edu.pe/handle/20.500.12819/1221>

Farfan Buendia, R. R. (2022). *Deflectómetro de impacto liviano y viga Benkelman para el análisis de deflexiones en pavimentos básicos con Slurry Seal, Carretera Pischa—Pacaycasa 2022*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/9153>

Fuentes Salazar, C. P. (2023). *Propuesta de un plan de rehabilitación de la capa de rodadura de la vía Cunchibamba – San Andrés, desde el tramo km 0+000 hasta km 4+400 entre los cantones Ambato—Píllaro, provincia de Tungurahua*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37519>

Guerrero, F. A., & Villacrés, M. (2001). *Evaluación del pavimento del tramo comprendido entre el PR 127+140 – PR 116+340 de la vía Pedregal—Túquerres [Monografía]*. Universidad de Nariño. <https://sired.udenar.edu.co/14639/>

Ibañez Ccoapaza, C. E. (2021). *Evaluación del pavimento flexible mediante métodos convencionales y destructivos, tramo Azángaro – Salinas del Km 0 000 al 3 000, Puno 2021*.

Laos Cuellar, C. A., & Méndez Castillo, C. V. (2023). *Evaluación por métodos no destructivos, de la estructura del pavimento en la carretera iquitos nauta km. 20+500 – km 22+500, distrito San Juan Bautista, provincia maynas, Perú, 2023*.
<http://hdl.handle.net/20.500.14503/2715>

Mamani Lopez, M. F. (2022). Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según pendientes longitudinales, en la carretera Ayaviri—Purina, Puno 2022. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96276>



- Mancha Tunque, P. F. O., & Quispe Ventura, Y. (2021). *Influencia del tráfico vehicular en el desempeño de la estructura del pavimento rígido en la ciudad de Huancavelica 2021*. <https://hdl.handle.net/20.500.14597/4105>
- Manzano Yanza, J. F. (2022). *Propuesta de rehabilitación del pavimento de la vía Salasaka centro km 0+000 hasta Huasalata km 4+000 del cantón Pelileo provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/36499>
- Matos Bendezu, D. R., & Nuñez Tolentino, F. B. (2018). Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera Central (tramo: La Oroya – Concepción "PE003-S"). *Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC)*. <https://doi.org/10.19083/tesis/624119>
- Pino, R. (2019). *METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION*.
- Rojas Pintado, W., & Ventura Guevara, D. W. (2023). Utilización de geosintéticos para el mejoramiento del suelo a nivel de la subrasante en las vías urbanas, de Chiclayo, Lambayeque, 2019. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/3286>
- Taborda Montaña, K. (2019). *Desarrollo de modelos probabilísticos para detectar fallas estructurales en secciones de pavimentos flexibles a nivel de Red basados en mediciones de deflectometría*. <https://manglar.uninorte.edu.co/handle/10584/10130>
- Ticona Juárez, J. R. R. (2023). Evaluación de las Propiedades del Mortero Incorporando Porcelanato Reciclado. *Repositorio Institucional - USS*. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/11062>
- Tipantasig Cacuango, L. E. (2024). *Evaluación superficial y de la estructura del pavimento de la vía Quero – Mocha abscisa 0+000—4+300, ubicada entre los cantones Quero y Mocha de la provincia de Tungurahua*. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/40982>



Valdez Jaen, J. J. (2024). *Evaluación deflectométrica de la sub rasante reforzada con geomalla biaxial, alternativa para la Carretera Juliaca—Pusi.*

<https://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/2710>

Vega Martínez, F. A. (2023). *Diseño de un plan de conservación de la estructura de la capa de rodadura de la vía Picaihua – Chiquicha de la ABS 4+700 hasta 9+400 de la provincia de Tungurahua.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/39326>

Yanchaguano Sanchez, J. M. (2025). *Optimización de la geometría de la vía desde el puente Yanayacu hasta Pillaro entre las abs 0+000 – 4+875 perteneciente a la provincia Tungurahua.* <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/44177>



ANEXOS



Anexo. Matriz de consistencia

EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el estado estructural del pavimento flexible mediante medición de deflexiones máximas y calidad de materiales en las capas de la carretera Juliaca - Lampa 2025?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la estructura del pavimento flexible mediante medición de deflexiones y calidad de materiales de la base y subbase granular en la carretera Juliaca - Lampa 2025.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El estado de la estructura del pavimento flexible mediante medición de deflexiones y calidad de materiales de la base y subbase granular en la carretera Juliaca - Lampa 2025, presentara materiales que cumplen al límite la calidad y deflexiones altas por aplicación de cargas de tránsito.</p>	<p>Variable de caracterización</p> <p>Deflexiones y calidad de materiales.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>- <i>Deflexiones, cumplimiento de las especificaciones de los materiales.</i></p> <p>Variable de interés</p> <p>Estructura del pavimento flexible.</p> <p>Dimensiones:</p> <p>- <i>Evaluación de las capas.</i></p>	<p>- Viga de benkelman, equipos y herramientas de laboratorio.</p> <p>Hojas de registros y herramientas de laboratorio.</p>
<p>Problemas Específicos</p> <p>¿Qué calidad presentan los materiales empleados en la subbase granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles?</p> <p>¿Qué calidad presentan los materiales empleados en la base granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles?</p> <p>¿Cuáles son las deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa?</p>	<p>Objetivos Específicos</p> <p>Determinar la calidad de los materiales empleados en la subbase granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles.</p> <p>Determinar la calidad de los materiales empleados en la base granular de la carretera Juliaca - Lampa, conforme a los requisitos de la EG-2013 para pavimentos flexibles.</p> <p>Determinar las deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa.</p>	<p>Hipótesis Específicas</p> <p>La calidad de los materiales de la subbase granular en el pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa no satisface del todo las especificaciones de la EG-2013, debido a que se encuentra mínimamente por debajo de lo estipulado.</p> <p>La calidad de los materiales de la base granular en el pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa no satisface del todo las especificaciones de la EG-2013, debido a que se encuentra mínimamente por debajo de lo estipulado.</p> <p>Las deflexiones máximas, radio de curvatura y deflexiones admisibles de la estructura del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa, no cumplirán con los valores propios de la vía en estudio.</p>		



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : C ALICATA 01 - BASE

FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	112.50
SUELO SECO + TARRO	gr	105.01
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	7.49
PESO DEL SUELO SECO	gr	81.01
HUMEDAD %	%	9.25

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.62	42.74	42.87	13.49	13.45
SUELO SECO + TARRO	gr	40.32	41.39	41.38	13.05	13.15
PESO DEL TARRO	gr	28.53	28.58	29.50	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	1.30	1.35	1.49	0.44	0.30
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.79	12.81	11.88	5.05	5.15
HUMEDAD %	%	11.03	10.54	12.54	8.71	5.83
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO SUELOS:		11.20	LIMITE PLASTICO		7.27	

INDICE PLASTICO : 03.93

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

Donde:

LL = Limite Liquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FICP - CIP INGENIERIA CIVIL

D. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERRES 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: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025.

SOLICITANTE: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ

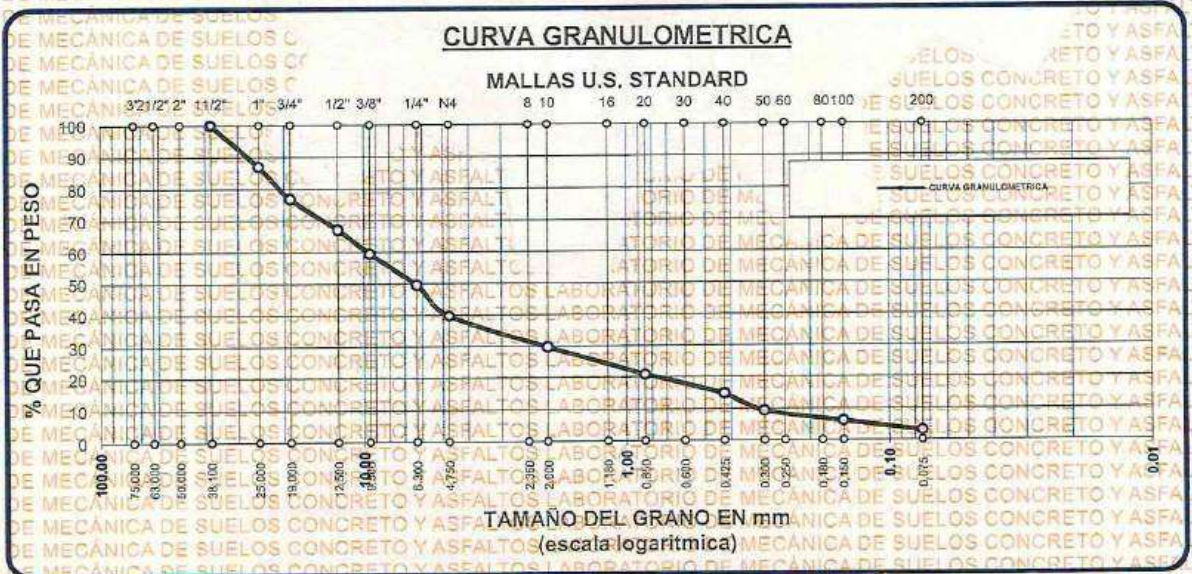
UBICACIÓN: CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: C. ALICATA 01 - BASE

FECHA: 7 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000							P.L.= 2000.00
2 1/2"	63.000							P.L.= 1938.68
2"	50.000							P.P.= 61.32
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			% w = 9.25
1"	25.000	261.23	13.06	13.06	86.94			LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	200.41	10.02	23.08	76.92			LL.= 11.20
1/2"	12.500	195.26	9.76	32.85	67.16			LP.= 7.27
3/8"	9.500	154.23	7.71	40.56	59.44			IP.= 3.93
1/4"	6.300	200.45	10.02	50.58	49.42			CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	194.56	9.73	60.31	39.69			D10= 0.315 Cu=30.9
No8	2.360							D30= 2.090 Cc= 1.43
No10	2.000	200.45	10.02	70.33	29.67			D60= 9.72
No16	1.180							CLASIFICACION:
No20	0.850	175.64	8.78	79.11	20.89			I.G. =
No30	0.600							SUSCS GP-GC
No40	0.425	120.30	6.02	85.13	14.87			ASSTHO
No 50	0.300	110.45	5.52	90.65	9.35			OBSERVACIONES:
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.150	65.47	3.27	93.92	6.08			
No200	0.075	60.23	3.01	96.93	3.07			
BASE		61.32	3.07	100.00	0.00			
TOTAL		2000.00	100.00					
% PERDIDA		3.07						



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERRES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. IEFATURA
 JULIACA - PERU
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025.

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - BASE

FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	118.26
SUELO SECO + TARRO	gr	110.05
PESO DEL TARRO	gr	23.87
PESO DEL AGUA	gr	8.21
PESO DEL SUELO SECO	gr	86.18
HUMEDAD %	%	9.53

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	43.95	43.88	43.94	13.21	13.10
SUELO SECO + TARRO	gr	42.37	42.32	42.34	12.81	12.75
PESO DEL TARRO	gr	28.64	29.64	28.34	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	1.58	1.56	1.60	0.40	0.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.73	12.68	14.00	4.81	4.75
HUMEDAD %	%	11.51	12.30	11.43	8.32	7.37
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO SUELOS:		11.60	LIMITE PLASTICO		7.84	

INDICE PLASTICO : 03.76

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



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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICA 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: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ

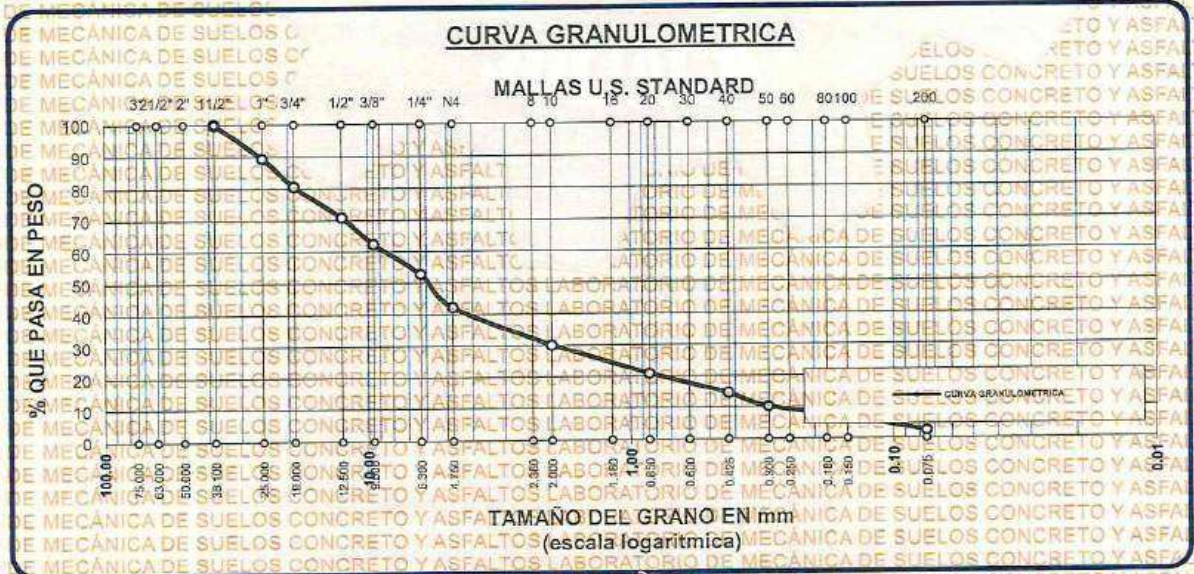
UBICACIÓN: CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 02 - BASE

FECHA: 7 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: mm	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000							P.I.= 2000.00
2 1/2"	63.000							P.L.= 1953.09
2"	50.000							P.P.= 46.91
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			% w = 9.53
1"	25.000	212.32	10.62	10.62	89.38			LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	175.46	8.77	19.39	80.61			L.L.= 11.60
1/2"	12.500	194.56	9.73	29.12	70.88			L.P.= 7.84
3/8"	9.500	170.23	8.51	37.63	62.37			I.P.= 3.76
1/4"	6.300	190.26	9.51	47.14	52.86			CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	212.56	10.63	57.77	42.23			D10= 0.292 Cu= 29.8
No8	2.360							D30= 1.984 Cc= 1.55
No10	2.000	241.98	12.10	69.87	30.13			D60= 8.70
No16	1.180							CLASIFICACION:
No20	0.850	184.56	9.23	79.10	20.90			I.G. =
No30	0.600							SUSCS GP-GC
No40	0.425	124.33	6.22	85.31	14.69			ASSTHO A1
No50	0.300	90.26	4.51	89.83	10.17			OBSERVACIONES:
No60	0.250							
No80	0.180							
No100	0.150	62.45	3.12	92.95	7.05			
No200	0.075	94.12	4.71	97.65	2.35			
BASE		46.91	2.35	100.00	0.00			
TOTAL		2000.00	100.00					
% PERDIDA		2.35						



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

LABORATORIO M.S.C. IFEATUR
JULIACA

Dr. Arnaldo Iana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ
UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATÁ 3 - BASE
FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	117.45
SUELO SECO + TARRO	gr	108.96
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	8.49
PESO DEL SUELO SECO	gr	85.32
HUMEDAD %	%	9.95

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	43.09	42.93	43.14	13.21	13.10
SUELO SECO + TARRO	gr	41.54	41.42	41.74	12.81	12.75
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	1.55	1.51	1.40	0.40	0.35
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.29	12.80	12.60	4.81	4.75
HUMEDAD %	%	11.66	11.80	11.11	8.32	7.37
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO		11.39			LIMITE PLASTICO	7.84
INDICE DE PLASTICIDAD						03.55

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

Donde:

LL = Limite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
De Arnoldo Yana Torres
CIP 103257



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



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ

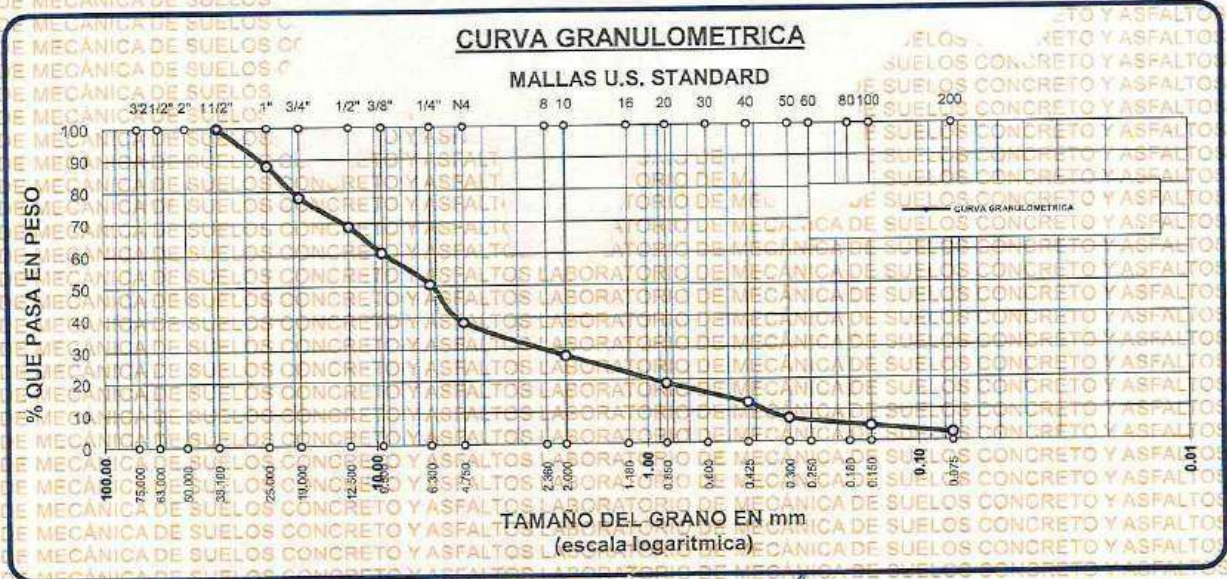
UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3 - BASE

FECHA : 7 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						P.I.= 2000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1948.21
2"	50.000						P.P.= 51.79
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 9.95
1"	25.000	238.65	11.93	11.93	88.07		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	200.14	10.01	21.94	78.06		L.L.=
1/2"	12.500	184.56	9.23	31.17	68.83		L.P.=
3/8"	9.500	164.26	8.21	39.38	60.62		I.P.= 3.55
1/4"	6.300	200.41	10.02	49.40	50.60		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	240.12	12.01	61.41	38.59		D10= 0.364 Cu= 25.5661
No8	2.360						D30= 2.558 Cc= 1.93392
No10	2.000	215.65	10.78	72.19	27.81		D60= 9.30
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	180.45	9.02	81.21	18.79		I.G. =
No30	0.600						SUSCS GC
No40	0.425	125.64	6.28	87.49	12.51		ASSTHO
No 50	0.300	102.45	5.12	92.62	7.38		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	50.21	2.51	95.13	4.87		
No200	0.075	45.67	2.28	97.41	2.59		
BASE		51.79	2.59	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA							



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



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



PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLÚZ AQUINO JUAREZ

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - SUBBASE

FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	115.14
SUELO SECO + TARRO	gr	106.07
PESO DEL TARRO	gr	24.10
PESO DEL AGUA	gr	9.07
PESO DEL SUELO SECO	gr	81.97
HUMEDAD %	%	11.07

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	42.14	42.46	42.22	13.49	13.45
SUELO SECO + TARRO	gr	39.55	39.94	39.75	12.89	12.75
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.59	2.52	2.47	0.60	0.70
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.30	11.32	10.61	4.89	4.75
HUMEDAD %	%	22.92	22.26	23.28	12.27	14.74
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 22.53 **LIMITE PLASTICO** : 13.50

INDICE PLASTICO : 09.02

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

Donde:

LL = Limite Líquido

W_n = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERRES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ

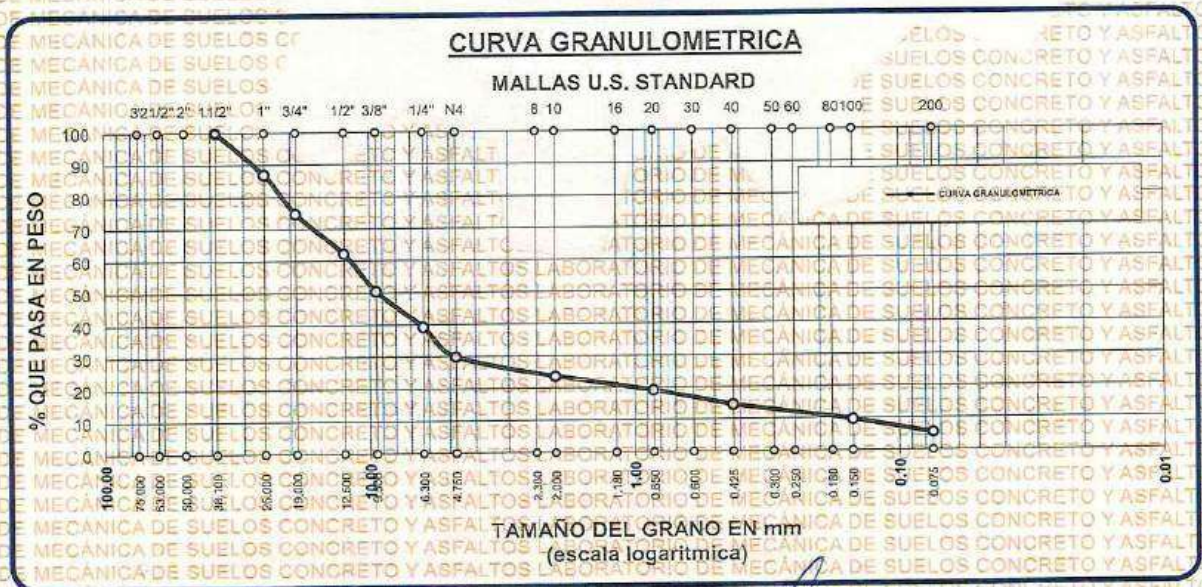
UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - SUBBASE

FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 2000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1891.04
2"	50.000						P.P.= 108.96
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% W = 11.07
1"	25.000	259.45	12.97	12.97	87.03		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	245.79	12.29	25.26	74.74		L.L.= 22.53
1/2"	12.500	250.24	12.51	37.77	62.23		L.P.= 13.50
3/8"	9.500	234.38	11.72	49.49	50.51		I.P.= 9.02
1/4"	6.300	224.44	11.22	60.72	39.29		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	185.14	9.26	69.97	30.03		D10= 0.169 Cu= 70.7
No8	2.360						D30= 4.736 Cc= 11.2
No10	2.000	126.78	6.34	76.31	23.69		D60= 11.93
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	89.56	4.48	80.79	19.21		I.G. =
No30	0.600						SUSCS GC
No40	0.425	95.24	4.76	85.55	14.45		ASSTHO
No 50	0.300						OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	95.46	4.77	90.32	9.68		
No200	0.075	84.56	4.23	94.55	5.45		
BASE		108.96	5.45	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA			5.45				



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



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



PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ

UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBBASE

FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	120.04
SUELO SECO + TARRO	gr	108.98
PESO DEL TARRO	gr	23.92
PESO DEL AGUA	gr	11.06
PESO DEL SUELO SECO	gr	85.06
HUMEDAD %	%	13.00

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	40.98	41.87	41.92	13.46	13.52
SUELO SECO + TARRO	gr	38.84	39.33	39.46	12.79	12.91
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.14	2.54	2.46	0.67	0.61
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.59	10.71	10.32	4.79	4.91
HUMEDAD %	%	20.21	23.72	23.84	13.99	12.42
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 22.26 **LIMITE PLASTICO** : 13.21

INDICE PLASTICO : 09.06

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



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 CARRERA ACADÉMICA 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 : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ

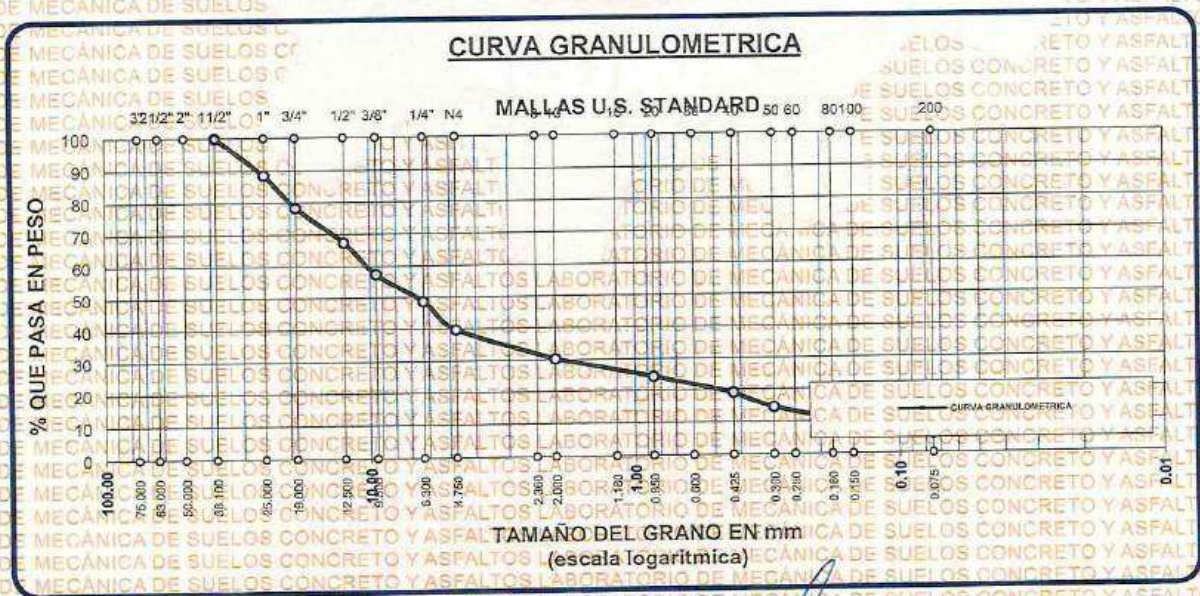
UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBBASE

FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
2 1/2"	63.000						P.I.= 2000.00
2"	50.000						P.L.= 1884.70
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 115.30
1"	25.000	229.56	11.48	11.48	88.52		% w = 13.00
3/4"	19.000	205.21	10.26	21.74	78.26		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	218.23	10.91	32.65	67.35		L.L.=
3/8"	9.500	200.32	10.02	42.67	57.33		L.P.=
1/4"	6.300	170.30	8.52	51.18	48.82		I.P.= 9.06
No4	4.750	180.41	9.02	60.20	39.80		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= 0.163 Cu= 63.2
No10	2.000	190.45	9.52	69.72	30.28		D30= 1.946 Cc= 2.26
No16	1.180						
No20	0.850	117.24	5.86	75.59	24.41		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	105.64	5.28	80.87	19.13		SUSCS GC
No50	0.300	92.65	4.63	85.50	14.50		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	98.45	4.92	90.42	9.58		
No200	0.075	76.24	3.81	94.24	5.77		
BASE		115.30	5.76	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA							



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



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



PROYECTO : EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE : BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ
UBICACIÓN : CARRETERA JULIACA - LAMPA
LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA : CALICATA 3 - SUBBASE
FECHA : 7 DE JULIO DEL 2025

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	122.64
SUELO SECO + TARRO	gr	112.16
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	10.48
PESO DEL SUELO SECO	gr	88.16
HUMEDAD %	%	11.89

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		7	8	9	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.84	41.90	41.87	13.48	13.35
SUELO SECO + TARRO	gr	39.24	39.50	39.49	12.84	12.70
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.60	2.40	2.38	0.64	0.65
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.99	10.88	10.35	4.84	4.70
HUMEDAD %	%	23.66	22.06	23.00	13.22	13.83
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO		22.62	LIMITE PLASTICO		13.53	
INDICE PLASTICO						09.09

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CACERES VELASQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnoldo 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 ESTANDAR DE CLASIFICACION (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA

SOLICITANTE: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ

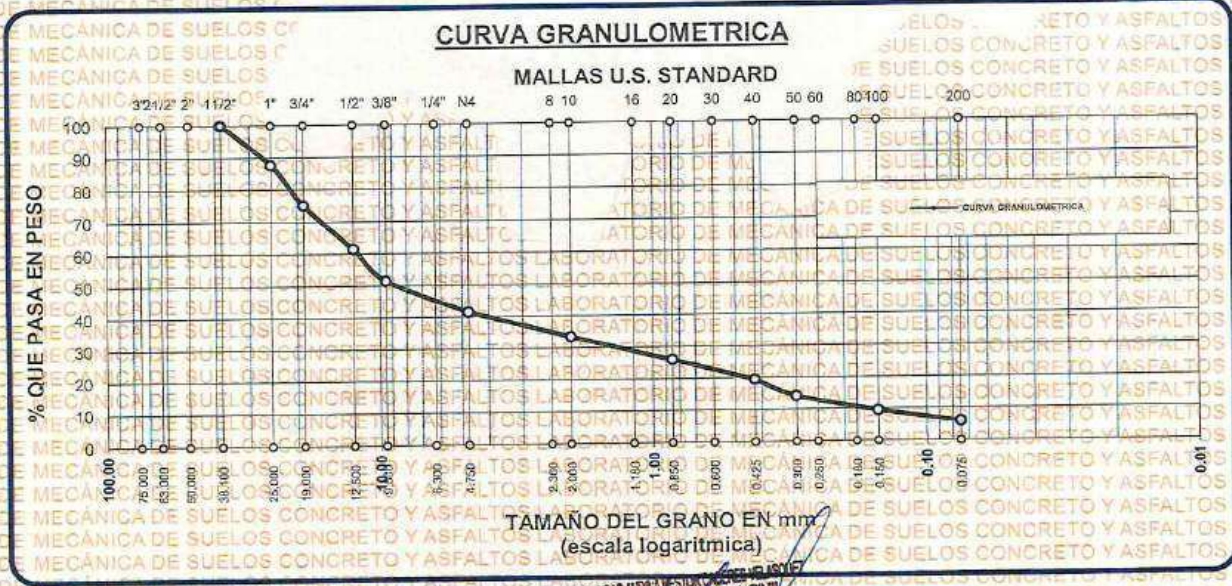
UBICACIÓN: CARRETERA JULIACA - LAMPA

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 3 - SUBBASE

FECHA: 7 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						P.I.= 2000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1883.40
2"	50.000						P.P.= 116.60
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		% w = 11.89
1"	25.000	246.30	12.32	12.32	87.69		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	250.96	12.55	24.86	75.14		L.L.=
1/2"	12.500	272.60	13.63	38.49	61.51		L.P.=
3/8"	9.500	200.45	10.02	48.52	51.48		I.P.= 9.09
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	200.14	10.01	58.52	41.48		D10= 0.169 Cu=74.39
No8	2.360						D30= 1.470 Cc=1.06
No10	2.000	160.24	8.01	66.53	33.47		D60= 12.05
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	150.41	7.52	74.06	25.95		I.G. =
No30	0.600						SUSCS GP-GM
No40	0.425	130.40	6.52	80.58	19.43		ASSTHO A1
No 50	0.300	105.78	5.29	85.86	14.14		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	94.56	4.73	90.59	9.41		
No200	0.075	71.56	3.58	94.17	5.83		
BASE		116.60	5.83	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA		5.83					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yara Torres
CIP: 103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025.
SOLICITANTE	: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ
UBICACIÓN	: CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 01 - BASE
FECHA	: 8 DE JULIO DEL 2025

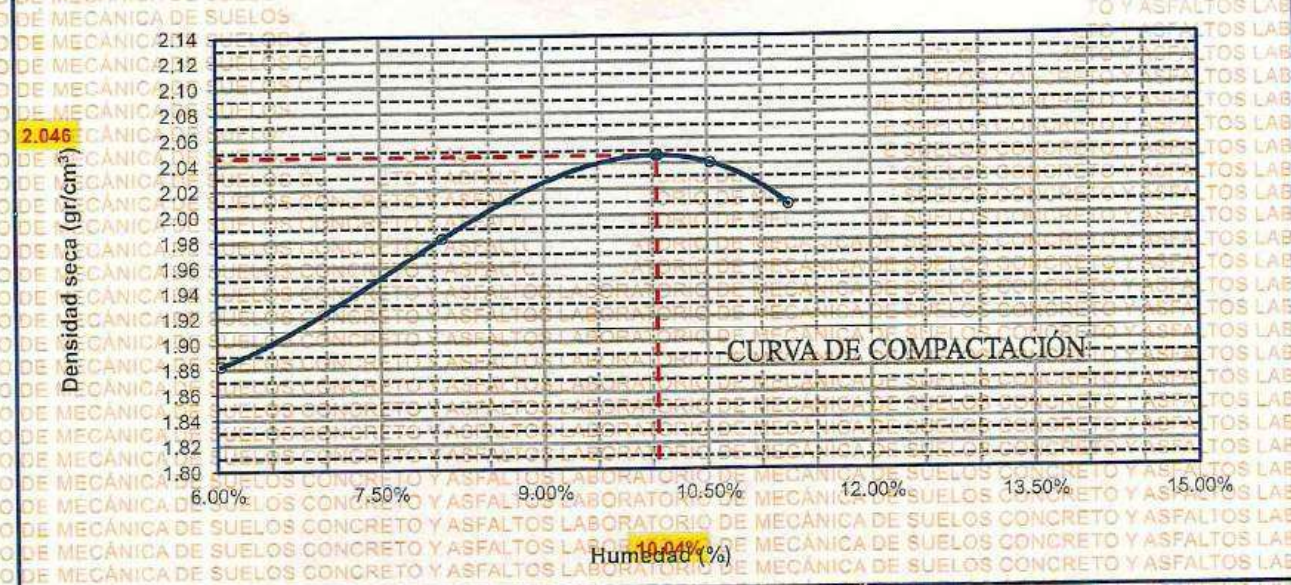
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10058	10367	10607	10561
Peso del Molde	gr.	5830	5830	5830	5830
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4228	4537	4777	4731
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.996	2.142	2.255	2.234

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	409.00	410.98	551.98	551.66	543.63	546.64	489.63	489.64
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	389.41	391.21	514.40	516.37	498.96	498.90	445.52	447.67
Peso del Agua	gr.	19.59	19.77	37.58	35.29	44.67	48.74	44.11	41.97
Peso de la Capsula	gr.	64.50	64.20	63.30	64.50	66.30	64.00	64.00	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	324.91	327.01	451.10	451.87	432.66	434.90	381.52	383.67
% de Humedad	%	6.03%	6.05%	8.33%	7.81%	10.32%	10.75%	11.56%	10.94%
Promedio de Humedad	%	6.04%		8.07%		10.54%		11.25%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.883		1.982		2.040		2.008	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.046 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.04%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP 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	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	CALICATA 01 - BASE
FECHA	8 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.	13235	13189	13532	13458	13730	13638
Peso del Molde	gr.	8890	8890	8850	8850	8885	8885
Peso del Suelo Humedo	gr.	4345	4299	4682	4608	4845	4753
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.064	2.042	2.227	2.192	2.311	2.267

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	390.56	392.57	400.60	408.30	406.74	403.24	372.48	373.64	492.41
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	347.84	351.87	358.70	364.12	364.21	361.47	332.54	334.20	435.42
Peso del Agua	gr.	42.72	40.70	41.90	44.18	42.53	41.77	39.94	39.44	56.99
Peso de la Capsula	gr.	39.34	39.87	23.95	38.58	39.47	23.42	40.63	39.58	23.49
Peso del Suelo Seco	gr.	308.50	312.00	334.75	325.54	324.74	338.05	291.91	294.62	411.93
% de Humedad	%	13.85%	13.04%	12.52%	13.57%	13.10%	12.36%	13.68%	13.35%	13.83%
Promedio de Humedad	%	13.45%		12.52%	13.33%		12.36%	13.53%		13.83%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.820		1.815	1.965		1.951	2.035		1.992

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
08:25: a.m.		0	464.00	0.00	0	430.00	0	0	388.00	0	0
08:25: a.m.		24:00:00	466.00	0.05	0.04	432.00	0.05	0.04	390.00	0.05	0.04
08:25: a.m.		48:00:00	468.00	0.10	0.09	434.00	0.10	0.09	392.00	0.10	0.09
08:25: a.m.		72:00:00	470.00	0.15	0.13	436.00	0.15	0.13	394.00	0.15	0.13
08:25: a.m.		96:00:00	472.00	0.20	0.17	438.00	0.20	0.17	395.00	0.18	0.15

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		15.6	91.3	0.9		30.0	152	7.7		60.0	280	14.1	
1.27	01:00		45.0	216.1	10.9		70.0	322	16.3		100.0	450	22.7	
1.91	01:30		95.0	428.4	21.7		140.0	619	31.3		180.0	704	35.6	
2.54	02:00	70.31	165.0	725.5	36.7		200.0	874	44.2		240.0	1044	52.8	
3.81	03:00		180.0	789.1	39.9		250.0	1088	54.9		250.0	1088	54.9	
5.09	04:00	105.00	205.0	895.2	45.3		290.0	1256	63.5		280.0	1214	61.3	
6.35	05:00		210.0	916.5	46.3		300.0	1298	65.6		300.0	1298	65.6	
7.62	06:00		240.0	1043.6	52.6		310.0	1341	67.8		320.0	1383	69.9	
8.84	07:00		250.0	1088.2	54.9		320.0	1383	69.9		330.0	1426	72.1	
10.16	08:00		260.0	1128.7	57.1		330.0	1426	72.1		350.0	1511	76.4	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

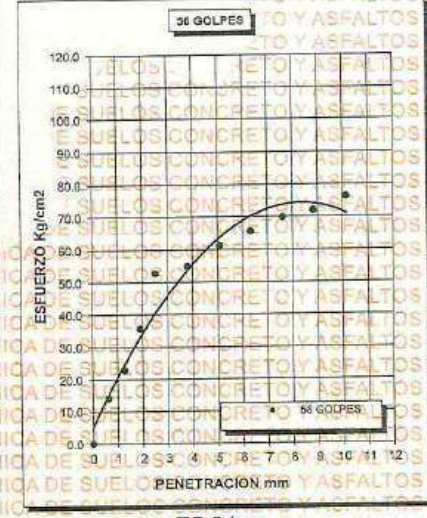
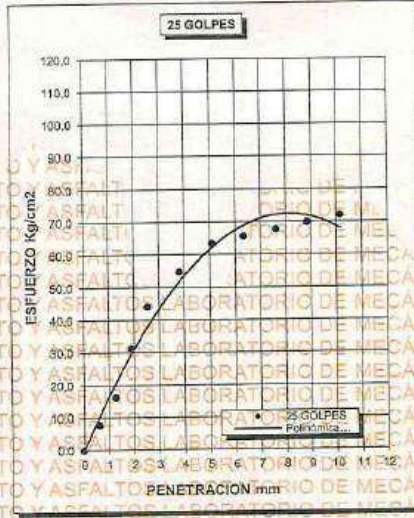
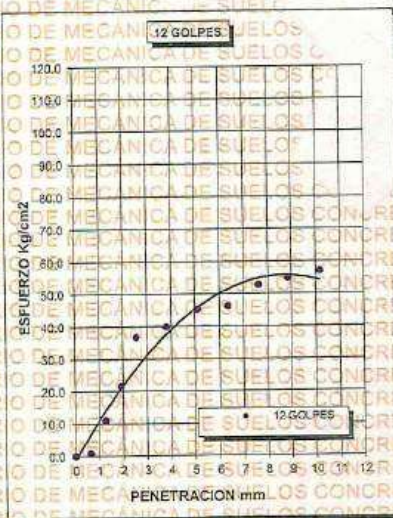
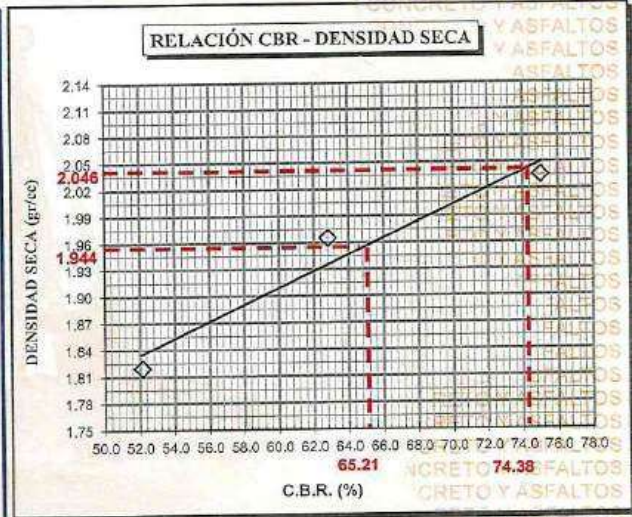
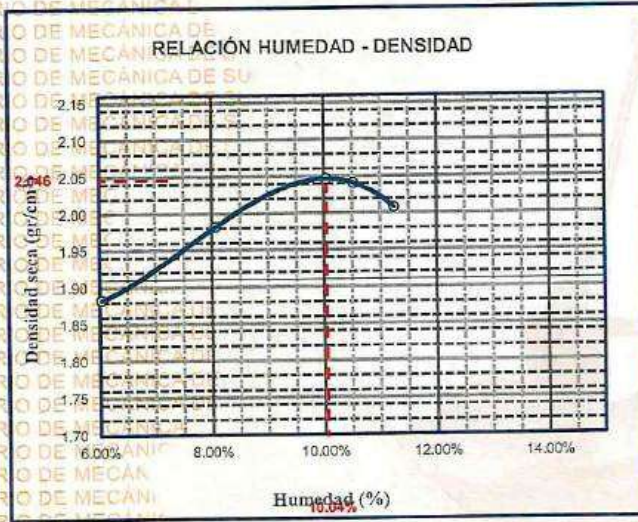
Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025		METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
PROYECTO :		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.046
SOLICITADO :	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.04%
UBICACIÓN :	CARRETERA JULIACA - LAMPA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	74.38
MUESTRA :	CALICATA -1- BASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	65.21
FECHA :	8 DE JULIO DEL 2025	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	4 DIAS



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025		
SOLICITANTE	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ		
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA		
MUESTRA	CALICATA 02 - BASE		
FECHA	8 DE JULIO DEL 2025		

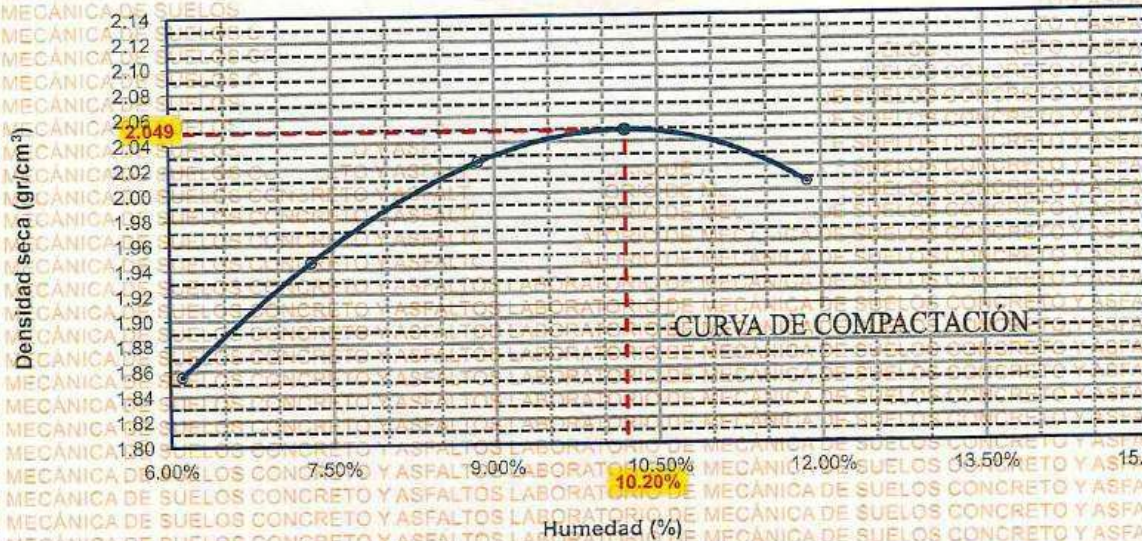
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2118 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10000	10252	10498	10585
Peso del Molde	gr.	5830	5830	5830	5830
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4170	4422	4668	4755
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.969	2.088	2.204	2.245

Capítulo No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	413.58	413.62	388.06	389.22	443.23	443.41	507.26	507.49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	393.62	393.35	366.51	366.62	412.56	412.43	460.54	460.12
Peso del Agua	gr.	19.96	20.27	21.55	22.60	30.65	30.98	46.72	47.37
Peso de la Capsula	gr.	64.21	64.21	64.21	64.21	64.21	64.21	64.21	64.21
Peso del Suelo Seco	gr.	329.41	329.14	302.30	302.41	348.37	348.22	396.33	395.91
% de Humedad	%	6.06%	6.18%	7.13%	7.47%	8.80%	8.90%	11.79%	11.96%
Promedio de Humedad	%	6.11%		7.30%		8.85%		11.88%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.855		1.946		2.025		2.007	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.049 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	10.20%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
DEFATURA JULIACA - LAMPA
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	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025					
SOLICITANTE	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ					
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA					
MUESTRA	CALICATA 02 - BASE					
FECHA	8 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.	11511	11692	12182	12090	12120	12128
Peso del Molde	gr.	7260	7260	7392	7392	7312	7312
Peso del Suelo Humedo	gr.	4251	4432	4790	4698	4808	4816
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.020	2.106	2.279	2.235	2.293	2.297

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	403.50	398.56	350.21	384.56	407.56	381.26	458.24	470.70	548.71
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	360.40	358.20	310.20	339.10	366.20	337.60	410.10	420.10	486.70
Peso del Agua	gr.	43.10	40.36	40.01	45.46	41.36	43.66	48.14	50.60	62.01
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.66	23.45	38.08	39.16	23.21	40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	321.25	318.54	286.75	301.02	327.04	314.39	369.57	380.73	463.53
% de Humedad	%	13.42%	12.67%	13.95%	15.10%	12.65%	13.89%	13.03%	13.29%	13.38%
Promedio de Humedad	%	13.04%		13.95%	13.87%		13.89%	13.16%		13.38%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.787	1.848	2.001	1.963	2.027	2.026			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
09:25: a.m.		0	462.00	0.00	0	470.00	0	0	486.00	0	0
09:25: a.m.		24:00:00	464.00	0.05	0.04	471.00	0.03	0.02	488.00	0.05	0.04
09:25: a.m.		48:00:00	466.00	0.10	0.09	472.00	0.05	0.04	490.00	0.10	0.09
09:25: a.m.		72:00:00	468.00	0.15	0.13	474.00	0.10	0.09	491.00	0.13	0.11
09:25: a.m.		96:00:00	470.00	0.20	0.17	476.00	0.15	0.13	492.00	0.15	0.13

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		0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		20.0	110.0	0.9		45.0	216	10.9		80.0	365	18.4		120.0	534	27.0
1.27	01:00		50.0	237.4	12.0		80.0	365	18.4		170.0	747	37.7		240.0	1044	52.8
1.91	01:30		70.0	322.2	18.3		120.0	534	27.0		280.0	1219	57.1		310.0	1341	67.8
2.54	02:00	70.31	165.0	725.5	36.7		195.0	853	43.1		280.0	1129	57.1		320.0	1333	69.9
3.81	03:00		180.0	789.1	39.9		230.0	1001	50.6		310.0	1341	67.8		340.0	1468	74.2
5.09	04:00	105.09	200.0	874.0	44.2		250.0	1086	54.9		320.0	1333	69.9		360.0	1553	78.5
6.35	05:00		210.0	916.5	46.3		280.0	1214	61.3		340.0	1468	74.2		380.0	1638	82.8
7.62	06:00		220.0	958.9	48.5		300.0	1298	65.6		360.0	1553	78.5				
8.84	07:00		230.0	1001.3	50.6		320.0	1393	69.9								
10.16	08:00		240.0	1043.8	52.8												



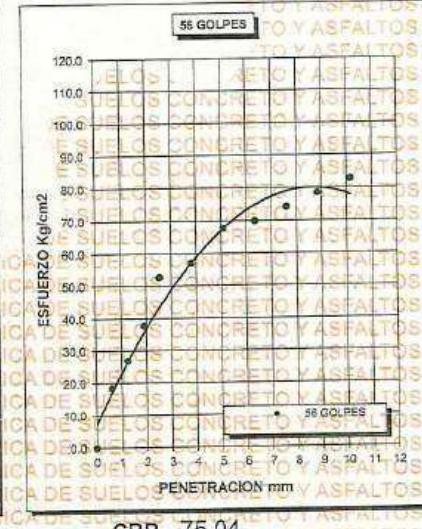
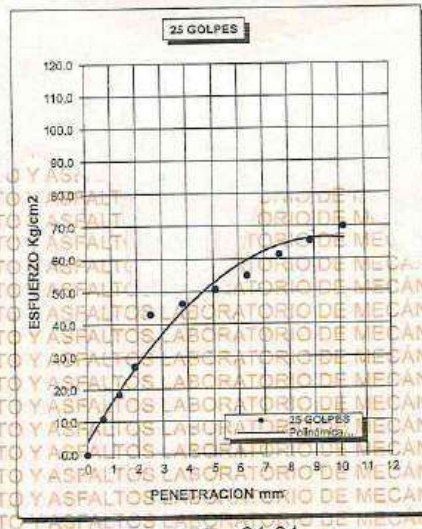
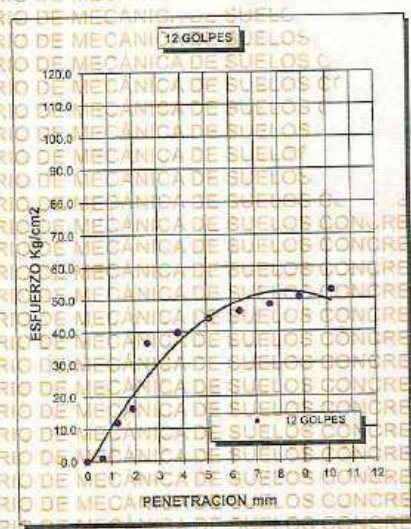
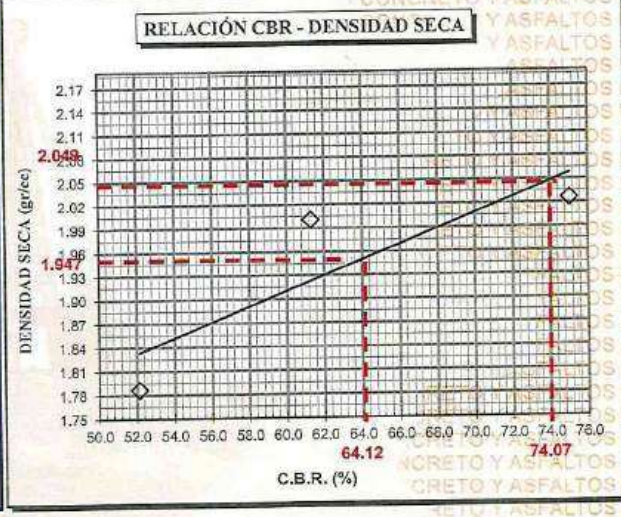
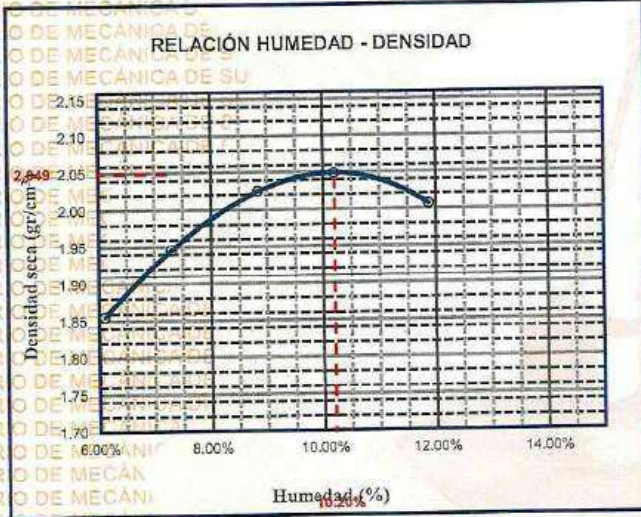
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025		MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
PROYECTO:	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³):	2.049
SOLICITADO:	CARRETERA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%):	10.20%
UBICACIÓN:	CALICATA - 02 BASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%):	74.07
MUESTRA:		CBR AL 95% DE M.D.S. (%):	64.12
FECHA:	8 DE JULIO DEL 2025	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



CBR 52.16

CBR 61.31

CBR 75.04



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

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP-103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ
UBICACIÓN	: CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 03 - BASE
FECHA	: 8 DE JULIO DEL 2025

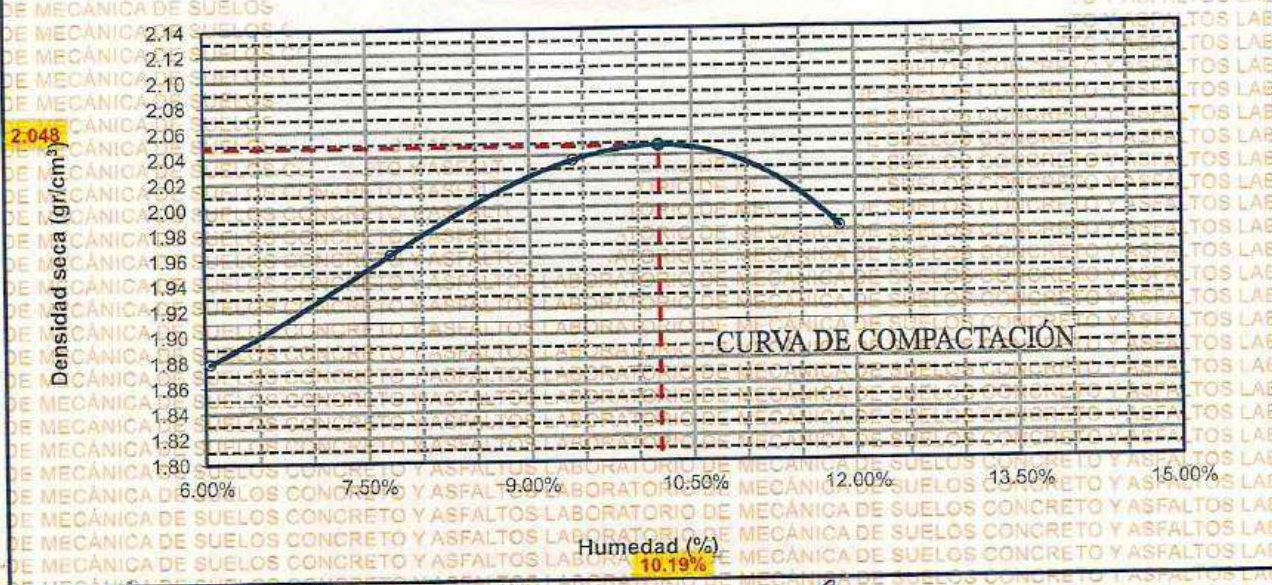
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10050	10309	10549	10528
Peso del Molde	gr.	5830	5830	5830	5830
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4220	4479	4719	4698
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.992	2.115	2.228	2.218

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	415.36	415.42	388.57	388.82	448.69	448.82	508.48	508.59
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	395.31	395.44	365.52	365.40	415.70	415.70	461.00	461.89
Peso del Agua	gr.	20.05	19.98	23.05	23.42	32.98	33.12	47.48	46.70
Peso de la Capsula	gr.	64.20	64.20	64.24	64.24	64.20	64.20	64.20	64.20
Peso del Suelo Seco	gr.	331.11	331.24	301.28	301.16	351.50	351.50	396.80	397.69
% de Humedad	%	6.08%	6.03%	7.65%	7.78%	9.38%	9.42%	11.97%	11.74%
Promedio de Humedad	%	6.04%		7.71%		9.40%		11.85%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.879		1.963		2.037		1.983	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.048 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.19%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Dr. Arnaldo Yana Torres
C.R. 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	MECA :	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE :	BACHILLER	MARYLUZ AQUINO JUÁREZ
UBICACIÓN :	CARRETERA	JULIACA - LAMPA
MUESTRA :	CALICATA	03 - BASE
FECHA :	8 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.	11500	11542	12252	12148	12080	12150
Peso del Molde	gr.	7236	7236	7382	7382	7320	7320
Peso del Suelo Humedo	gr.	4264	4306	4870	4766	4760	4830
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.026	2.046	2.317	2.267	2.270	2.304

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	414.35	404.50	355.20	388.20	410.50	390.20	467.20	462.56	536.21
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	369.50	380.12	316.87	346.24	367.20	345.40	416.54	415.20	477.20
Peso del Agua	gr.	44.85	44.38	38.33	41.96	43.30	44.80	50.66	47.36	59.01
Peso de la Capsula	gr.	39.28	39.10	23.30	38.10	39.13	23.30	40.40	39.55	23.69
Peso del Suelo Seco	gr.	330.22	321.02	293.57	308.14	328.07	322.10	376.14	375.85	453.51
% de Humedad	%	13.58%	13.82%	13.06%	13.62%	13.20%	13.91%	13.47%	12.61%	13.01%
Promedio de Humedad	%	13.70%		13.06%	13.41%		13.91%	13.04%		13.01%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.782		1.810	2.043		1.991	2.009		2.039

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial		Expansion		Dial		Expansion		Dial		Expansion	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%		
10:25 a.m.		0	465.00	0.00	0	454.00	0	0	510.00	0	0			
10:25 a.m.		24:00:00	466.00	0.03	0.02	455.00	0.03	0.02	511.00	0.03	0.02			
10:25 a.m.		48:00:00	467.00	0.05	0.04	456.00	0.05	0.04	512.00	0.05	0.04			
10:25 a.m.		72:00:00	468.00	0.08	0.07	457.00	0.08	0.07	513.00	0.08	0.07			
10:25 a.m.		96:00:00	470.00	0.13	0.11	459.00	0.13	0.11	514.00	0.10	0.09			

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	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	
0.63	00:30		20.0	110.0	0.9	50.0	237	12.0		80.0	365	18.4		
1.27	01:00		50.0	237.4	12.0	80.0	365	18.4		130.0	577	29.2		
1.91	01:30		90.0	407.1	20.6	130.0	577	29.2		180.0	789	39.9		
2.54	02:00	70.31	165.0	725.5	36.7	198.0	886	43.8		240.0	1044	52.8		
3.81	03:00		180.0	789.1	39.9	220.0	959	48.5		270.0	1171	59.2		
5.09	04:00	105.00	210.0	916.5	46.3	240.0	1044	52.8		300.0	1298	65.6		
6.35	05:00		230.0	1001.3	50.6	250.0	1086	54.9		320.0	1383	69.9		
7.62	06:00		240.0	1043.6	52.8	260.0	1129	57.1		330.0	1426	72.1		
8.84	07:00		250.0	1086.2	54.9	270.0	1171	59.2		340.0	1468	74.2		
10.16	08:00		260.0	1128.7	57.1	280.0	1256	63.3		350.0	1511	76.4		



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

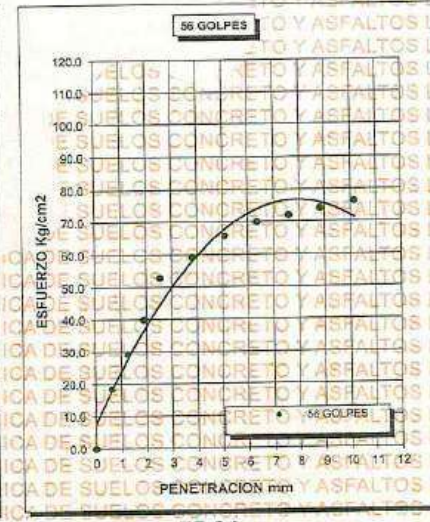
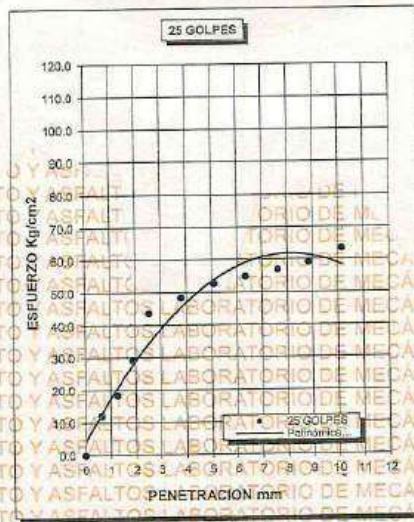
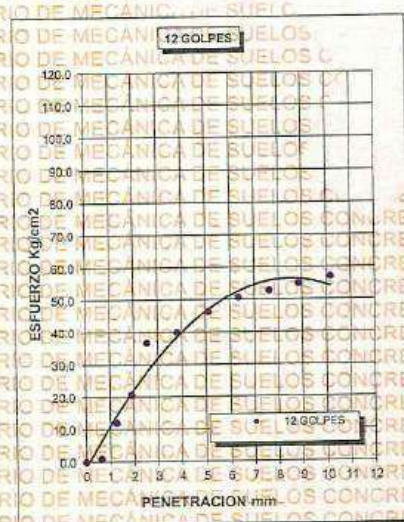
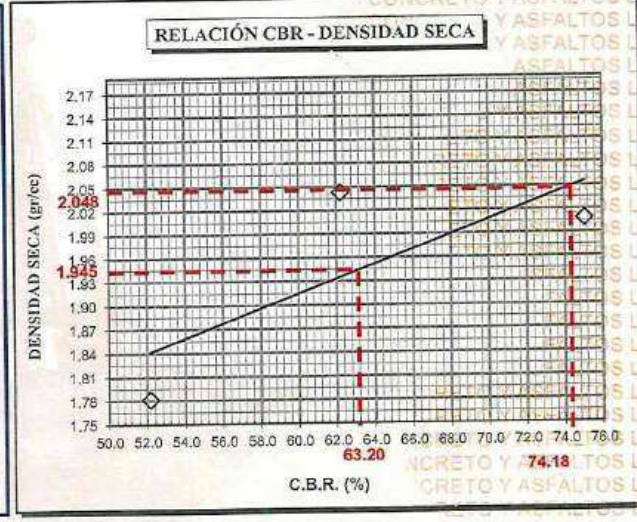
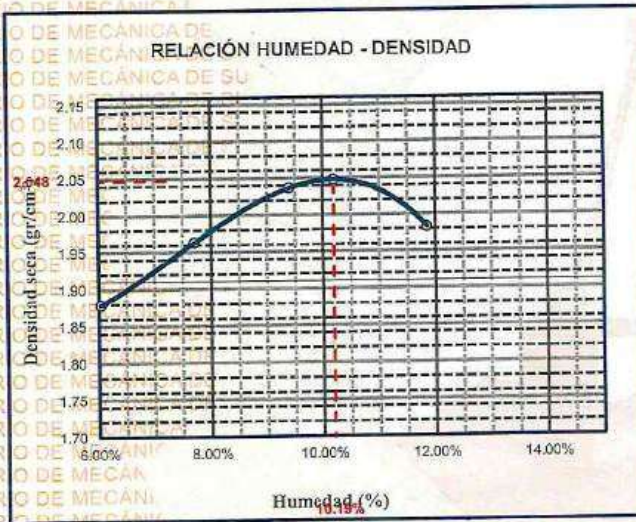
D^a Arnoldo Yana Torres
 CIP: 103257



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



PROYECTO	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.048
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.19%
MUESTRA	CALICATA - 3	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	74.18
FECHA	8 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	63.20
		AASHTO	:
		EMBEBIDO	:



CBR 52.16

CBR 62.23

CBR 75.04



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ
UBICACIÓN	: CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 01 - SUBBASE
FECHA	: 8 DE JULIO DEL 2025

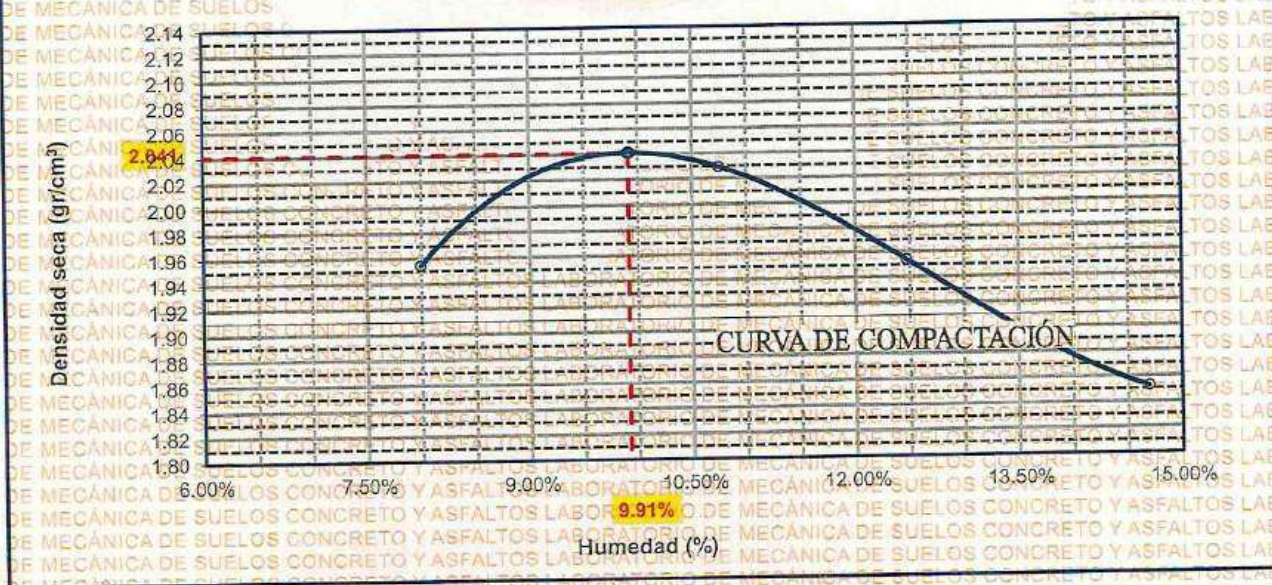
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10300	10590	10485	10330
Peso del Molde	gr.	5830	5830	5830	5830
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4470	4760	4655	4500
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.110	2.247	2.198	2.125

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	326.19	326.60	343.45	345.90	389.35	392.10	256.30	234.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	307.00	306.80	316.28	318.39	353.47	355.30	231.59	212.30
Peso del Agua	gr.	19.19	19.80	27.17	27.51	35.88	36.80	24.71	22.00
Peso de la Capsula	gr.	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00	63.00
Peso del Suelo Seco	gr.	244.00	243.80	253.28	255.39	290.47	292.30	168.59	149.30
% de Humedad	%	7.86%	8.12%	10.73%	10.77%	12.35%	12.59%	14.66%	14.74%
Promedio de Humedad	%	7.99%		10.75%		12.47%		14.70%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.954		2.029		1.954		1.852	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2,041 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.91%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
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	: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ
UBICACIÓN	: CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA-01-SUBBASE
FECHA	: 8 DE JULIO DEL 2025

MOLDE No		III		II			
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.	12980	12890	13265	13145	12452	12965
Peso del Molde	gr.	8567	8567	8648	8648	7523	7523
Peso del Suelo Humedo	gr.	4413	4323	4617	4497	4929	5442
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.097	2.054	2.197	2.139	2.351	2.596

Capsula No	No	5	4	B		15	14	E		4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	230.12	233.58	201.23		236.47	250.19	201.48		247.77	235.57	202.47
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.	22.92	23.60	20.93		24.07	24.49	21.28		24.79	23.17	21.17
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.66	23.45		38.08	39.16	23.21		40.53	39.37	23.17
Peso del Suelo Seco	gr.	168.05	170.32	156.85		174.32	186.54	156.99		182.45	173.03	158.13
% de Humedad	%	13.64%	13.86%	13.34%		13.81%	13.13%	13.56%		13.59%	13.38%	13.39%
Promedio de Humedad	%	13.75%	13.34%	13.47%		13.47%	13.56%	13.49%		13.49%	13.39%	13.39%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.843	1.812	1.936		1.884	2.072	2.289				

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
		24:00:00	0.08	0.00	0.02	0.12	0.00	0.03	0.10	0.00	0.02
		48:00:00	0.12	0.00	0.03	0.15	0.00	0.03	0.14	0.00	0.03
		72:00:00	0.14	0.00	0.03	0.20	0.01	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		0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.63	00:30		15.3	90.1	0.9		25.0	131	6.8		40.0	195	9.9	
1.27	01:00		30.0	152.5	7.7		55.0	259	13.1		70.0	322	16.3	
1.91	01:30		44.0	211.9	10.7		75.0	343	17.4		100.0	450	22.7	
2.54	02:00	70.31	82.0	373.2	18.9		105.0	471	23.8		120.0	534	27.0	
3.81	03:00		95.0	428.4	21.7		135.0	595	30.2		145.0	641	32.4	
5.09	04:00	105.00	100.0	449.6	22.7		150.0	662	33.5		175.0	768	38.8	
6.35	05:00		110.0	492.0	24.9		160.0	704	35.8		205.0	895	45.3	
7.62	06:00		115.0	513.2	25.9		180.0	789	39.9		225.0	980	49.5	
8.84	07:00		125.0	555.7	28.1		190.0	832	42.0		240.0	1044	52.8	

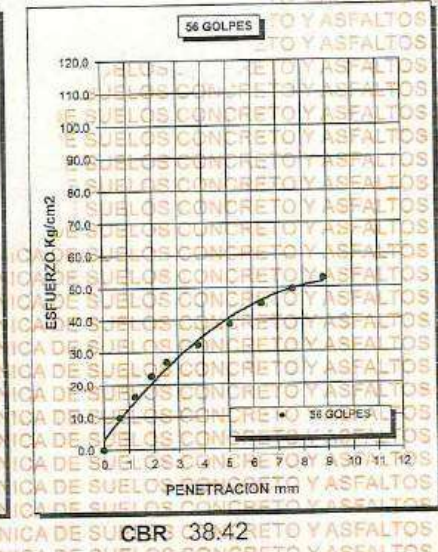
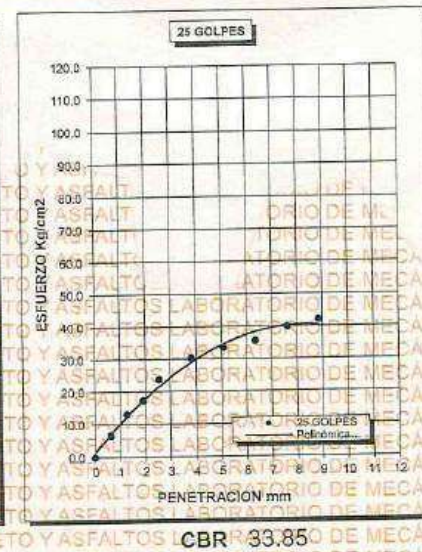
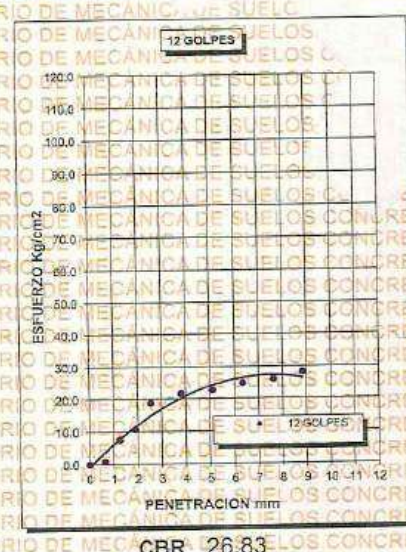
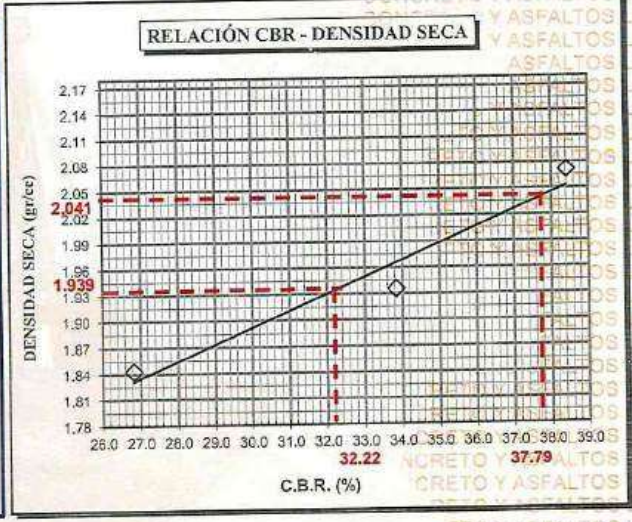
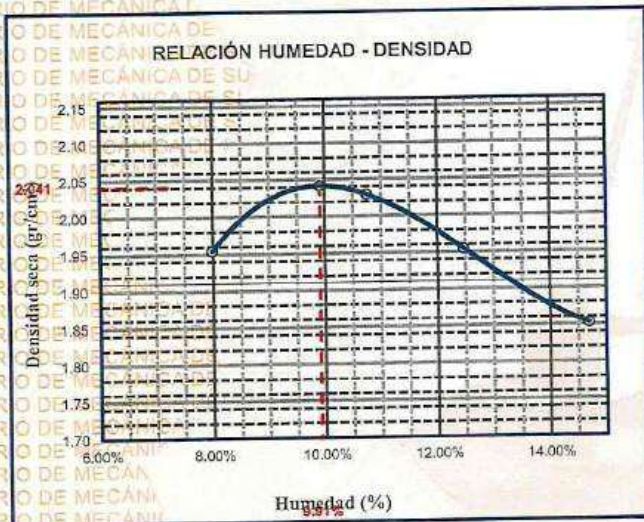
UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
JULIACA - PERÚ
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025		MÉTODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
PROYECTO :	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		2.041
SOLICITADO :	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.91%
UBICACIÓN :	CARRETERA JULIACA - LAMPA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	37.79
MUESTRA :	CALICATA - 1 SUBBASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	32.22
FECHA :	8 DE JULIO DEL 2025	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025		
SOLICITANTE	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ		
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA		
MUESTRA	CALICATA 02 - SUBBASE		
FECHA	8 DE JULIO DEL 2025		

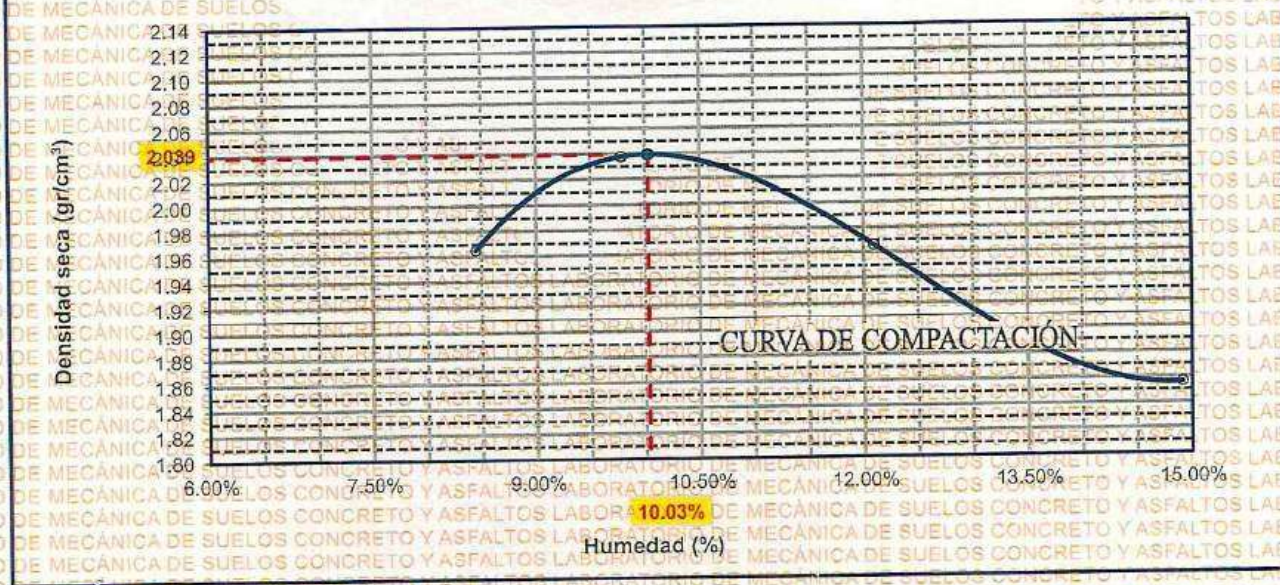
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2119 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10345	10570	10500	10350
Peso del Molde	gr.	5830	5830	5830	5830
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4515	4740	4670	4520
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.131	2.237	2.204	2.133

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.		
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	332.02	333.55	345.85	346.65	381.58	382.95	281.25	282.87
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	311.50	312.24	321.56	320.71	347.35	348.62	253.72	253.87
Peso del Agua	gr.	20.52	21.31	24.29	25.94	34.23	34.33	27.53	29.00
Peso de la Capsula	gr.	64.12	64.21	64.52	64.35	64.62	64.50	64.37	64.26
Peso del Suelo Seco	gr.	247.38	248.03	257.04	256.36	282.73	284.12	189.35	189.61
% de Humedad	%	8.29%	8.59%	9.45%	10.12%	12.11%	12.08%	14.54%	15.29%
Promedio de Humedad	%	8.44%		9.78%		12.09%		14.92%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.965		2.038		1.966		1.856	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.039 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	10.03%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
M.S.C.A. [Signature]



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	CALICATA 02 - SUBBASE
FECHA	8 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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	13090	12990	13180	13260	12497	12240
Peso del Molde	gr.	8569	8569	8658	8658	7525	7525
Peso del Suelo Humedo	gr.	4521	4421	4522	4602	4972	4715
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.148	2.100	2.151	2.189	2.372	2.249

Capsula No	No	5	4	B	15	14	E	4	10	T
Suelo Humedo + Capsula	gr.	234.20	235.60	215.20	254.50	250.20	206.50	269.50	261.20	213.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	210.42	211.68	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	23.28
Peso del Suelo Seco	gr.	171.26	172.10	168.43	190.50	185.89	161.77	201.68	194.79	167.84
% de Humedad	%	13.89%	13.90%	13.80%	13.59%	13.50%	13.23%	13.59%	13.81%	13.35%
Promedio de Humedad	%	13.89%	13.80%	13.54%	13.23%	13.70%	13.35%	13.70%	13.81%	13.35%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.886	1.846	1.895	1.934	2.086	1.984	1.886	1.846	1.895

EXPANSION

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

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		15.2	89.6	0.9		22.0	119	6.0		40.0	195	9.9	
1.27	01:00		30.0	152.5	7.7		45.0	218	10.9		75.0	343	17.4	
1.91	01:30		40.0	194.9	9.9		75.0	343	17.4		95.0	428	21.7	
2.54	02:00	70.31	85.0	385.9	19.5		105.0	471	23.8		119.0	530	26.8	
3.81	03:00		95.0	428.4	21.7		115.0	513	25.9		125.0	556	28.1	
5.09	04:00	105.00	115.0	533.2	25.9		145.0	641	32.4		140.0	619	31.3	
6.35	05:00		125.0	555.7	28.1		150.0	662	33.5		150.0	662	33.5	
7.62	06:00		130.0	576.9	29.2		160.0	704	35.6		170.0	747	37.7	
8.84	07:00		135.0	598.1	30.2		170.0	747	37.7		190.0	832	42.0	



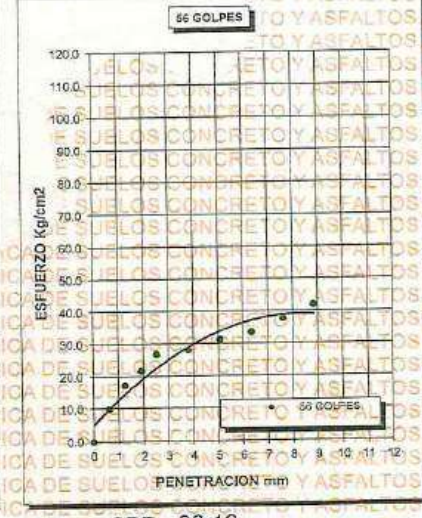
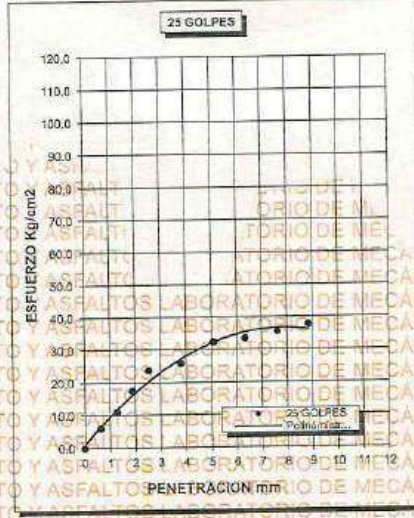
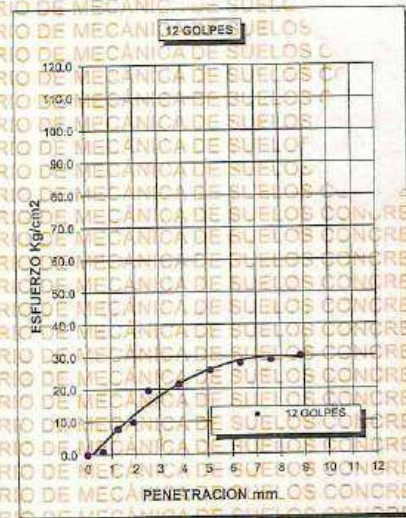
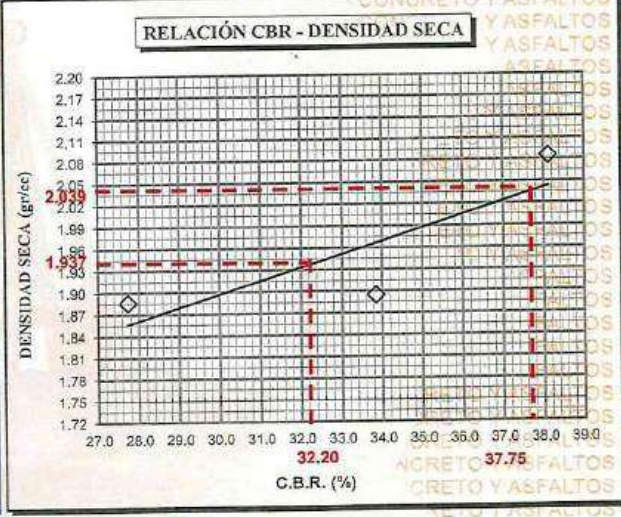
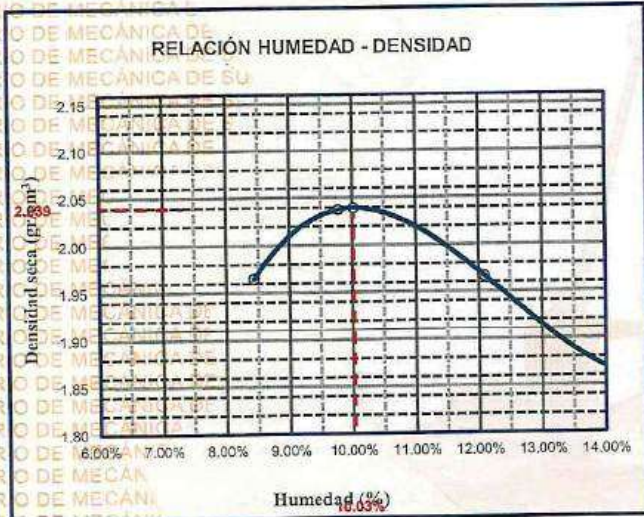
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO:	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025	METODO DE COMPACTACION ASTM D1557-91	
SOLICITADO:	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.039
UBICACIÓN:	CARRETERA JULIACA - LAMPA	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.03%
MUESTRA:	CALIGATA - 02 SUBBASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	37.75
FECHA:	8 DE JULIO DEL 2025	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	32.20
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	: BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUÁREZ
UBICACIÓN	: CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	: CALICATA 03 - SUBBASE
FECHA	: 8 DE JULIO DEL 2025

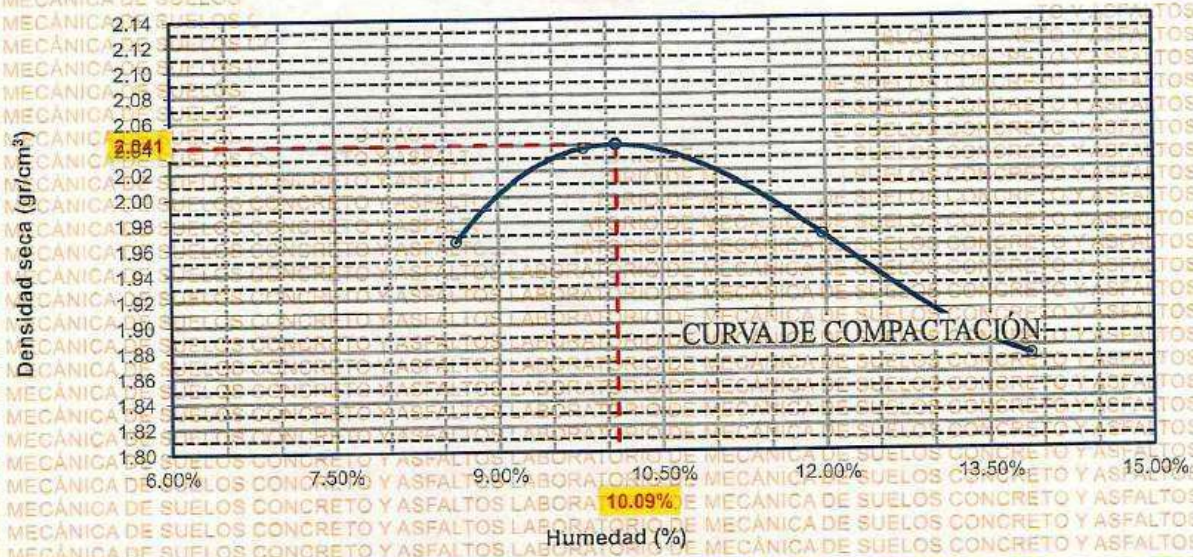
MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10350	10568	10500	10350
Peso del Molde	gr.	5830	5830	5830	5830
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	4520	4738	4670	4520
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	2.134	2.237	2.205	2.134

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	332.80	332.92	342.12	343.31	388.24	387.15	285.36	287.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	310.95	312.14	317.32	318.42	350.28	353.27	258.39	260.42
Peso del Agua	gr.	21.85	20.78	24.80	24.89	34.96	33.88	26.97	27.25
Peso de la Capsula	gr.	63.98	64.12	64.00	63.96	64.35	64.00	64.00	64.12
Peso del Suelo Seco	gr.	246.97	248.02	253.32	254.46	285.93	289.27	194.39	196.30
% de Humedad	%	8.85%	8.38%	9.79%	9.78%	12.23%	11.71%	13.87%	13.88%
Promedio de Humedad	%	8.61%		9.79%		11.97%		13.88%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.965		2.038		1.969		1.874	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.041 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 10.09%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



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



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEPLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025
SOLICITANTE	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ
UBICACIÓN	CARRETERA JULIACA - LAMPA
MUESTRA	CALICATA-03 - SUBBASE
FECHA	8 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.	12994	12897	13188	12972	12542	12414
Peso del Molde	gr.	8582	8582	8668	8668	7530	7530
Peso del Suelo Humedo	gr.	4412	4315	4520	4304	5012	4884
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.096	2.050	2.150	2.048	2.391	2.330

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	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	26.51	26.08	22.28	27.63	28.69	24.19
Peso de la Capsula	gr.	39.15	39.66	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.	1.852		1.816	1.892		1.804	2.105		2.044

EXPANSION

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

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		15.2	89.6	0.9		22.4	120	6.1		36.3	179	9.1	
1.27	01:00		35.0	173.7	8.8		45.0	218	10.9		75.0	343	17.4	
1.91	01:30		55.0	258.6	13.1		95.0	428	21.7		95.0	428	21.7	
2.54	02:00	70.31	85.0	385.9	19.5		104.0	467	23.6		120.0	534	27.0	
3.81	03:00		100.0	449.6	22.7		125.0	556	28.1		145.0	641	32.4	
5.09	04:00	105.00	115.0	513.2	25.9		155.0	683	34.5		185.0	725	36.7	
6.35	05:00		135.6	600.7	30.4		170.0	747	37.7		180.0	789	39.9	
7.62	06:00		145.0	640.6	32.4		180.0	789	39.9		190.0	832	42.0	
8.84	07:00		150.0	661.8	33.5		190.0	832	42.0		200.0	874	44.2	



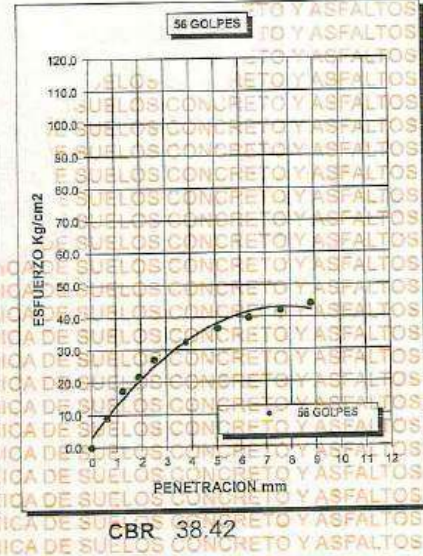
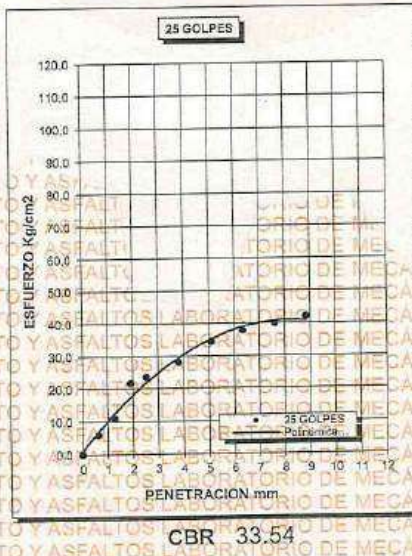
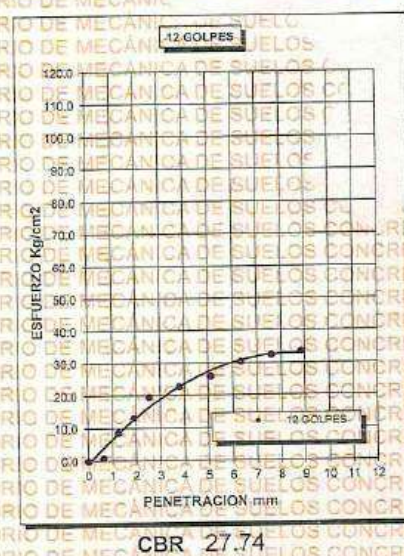
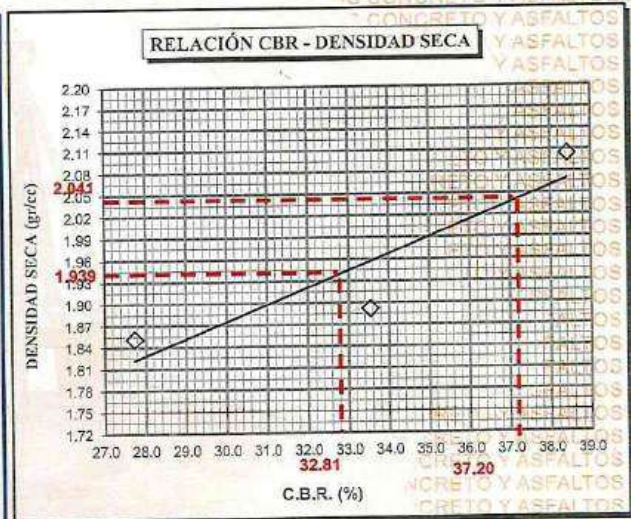
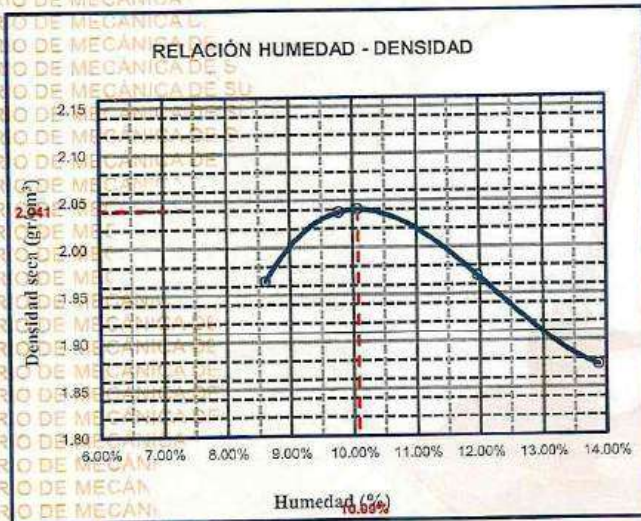
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Iana Torres
 CIP. 103257



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



EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025		METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
PROYECTO :		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3.)	2.041
SOLICITADO :	BACHILLER MARYLUZ AQUINO JUAREZ	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.09%
UBICACIÓN :	CARRETERA JULIACA - LAMPA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	37.20
MUESTRA :	CALICATA - 3 SUBBASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	32.81
FECHA :	8 DE JULIO DEL 2025	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



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



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 30-09-2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: MARYLUZ AQUINO JUAREZ

Dirección: Av. CIRCUNVALACIÓN 616

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 70112869

Teléfono: 958 432 287 email: Maryluz_a_j@hotmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

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

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MEDICIÓN DE DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES EN LAS CAPAS DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA 2025

Palabras claves, (3 a 5 términos): EVALUACIÓN ESTRUCTURAL, PAVIMENTO FLEXIBLE, DEFLEXIONES MÁXIMAS Y CALIDAD DE MATERIALES.

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

30-09-2025

Fecha