



UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
ESCUELA DE POSGRADO
MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES



**EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA
DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO
DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:
REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL
MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

JULIACA – PERÚ
2025



**UNIVERSIDAD ANDINA
NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

**EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA
DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO
DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:

MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL

MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

APROBADA POR:

PRESIDENTE DEL JURADO :


Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

MIEMBRO DEL JURADO :


Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI

MIEMBRO DEL JURADO :


Mtro. CARLOS ARMANDO HUAMAN CARREON

ASESOR DE TESIS :


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0772-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 09 de julio del 2025

VISTOS:

El Expediente N° 6457 de fecha 29 de mayo del 2025, el (a) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, con DNI N° 45502484, código de matrícula N° 1710100437, quien solicita CORRECCIÓN DE TÍTULO en la RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02069-2024-USA-EPG/UANCV del 27 de noviembre de 2024 de la propuesta de investigación titulada: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50, ASESORADO POR EL (A): Dr. ARNALDO YANA TORRES para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES.

CONSIDERANDO:

Que, con Expediente N° 6457 el (a) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, solicita la CORRECCIÓN DE TÍTULO de la propuesta de investigación titulada: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 únicamente en la palabra CIUDAD, la cual debe decir CIUDAD la cual debe consignarse a partir de la fecha como: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "j" del artículo 17 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el Art. 76 del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - ACEPTAR EL (A) CORRECCIÓN DE TÍTULO DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN aprobada con RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02069-2024-USA-EPG/UANCV de fecha 27 de noviembre de 2024 debiendo consignarse a partir de la fecha como: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 presentado por el (a) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL.

ARTICULO SEGUNDO. - RATIFICAR, como ASESOR al (a) Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N°0185-2025-D-EPG-UANCV/J

Juliaca, 20 de junio del 2025

VISTOS:

El expediente N° 2025-00197 presentado por el (la) Bachiller: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA quien solicita nominación de jurados, fecha y hora de sustentación de tesis, en la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez".

CONSIDERANDO:

Que, el (a) Bachiller: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA con número de DNI 45502484 con número de matrícula 1710100437 ha solicitado asignación de jurados, Fecha y hora de sustentación de la Tesis Titulada: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 para optar el GRADO de: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez;

Que, de conformidad con lo previsto en el artículo 18° del Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conduciente a Grados y Títulos, **COMITÉ DE INVESTIGACIÓN;**

Que, mediante Resolución N°2069-2024 -USA-EPG/UANCV SE APRUEBA Y AUTORIZA LA EJECUCION DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACION y con Resolución N°402-2025-USA-EPG/UANCV, se APRUEBA y AUTORIZA EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) Titulada: : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024 La misma que pertenece a la Línea de Investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50;

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conduciente a Grados y Títulos en su artículo 28° **DE LA SUSTENTACIÓN.**

Y estando, la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y el Director de la Escuela de Posgrado mediante acta de sorteo de jurado, con registro N° 000180 de fecha: 18 de junio de 2025 se nomina jurados.

Que, conforme al artículo 66° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, estableco que la Tesis de Posgrado es un trabajo de investigación científica original de actualidad y de alto valor científico.

En uso de las atribuciones conferidas a la Dirección en el inciso "J" del artículo 17° del Reglamento General de la Escuela de Posgrado, y el artículo 76° del Estatuto Universitario;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO. - DECLARAR APTO para la sustentación presencial del **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN** (borrador de tesis), **TITULADO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** del (la) Bach: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, para optar el **GRADO de: MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO. - NOMINAR JURADOS para la sustentación presencial y defensa de la tesis a los siguientes docentes ordinarios:

- Presidente : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- Primer miembro : Dr. RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI
- Segundo miembro : Mtro. CARLOS ARMANDO HUAMAN CARREON
- Asesor : Dr. ARNALDO YANA TORRES

ARTÍCULO TERCERO. - PROGRAMAR FECHA Y HORA de sustentación como se detalla:

- Fecha : Miércoles, 25 de junio del 2025
- Hora : 10:00 a.m.
- Lugar : Aula N°310 EPG-UANCV-JULIACA

ARTÍCULO CUARTO. - el Director de la Escuela de Posgrado queda encargado del cumplimiento de la presente Resolución. Regístrese, comuníquese y archívese.


VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Dr. Milton Quispe Huanca
DIRECTOR (a)

Oficina de Investigación
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0402-2025-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 27 de mayo de 2025

VISTOS:

El Expediente N° 2024-01291 de fecha 29 de enero de 2025, el (la) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, con DNI N° 45502484, código de matrícula N° 1710100437, quien solicita Revisión de Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis); INFORME N° 00269-2025-UI-EPG-UANCV y el Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)" del 20 de mayo de 2025, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-01291 el (la) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, solicita la revisión y aprobación del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERÍA CIVIL, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** al Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis).

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró el asesoramiento en el Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis) del **ASESOR Dr. ARNALDO YANA TORRES**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00269-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (04 o 05) "Ficha de Opinión del Informe Final de la Investigación (borrador de Tesis)"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24861 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR EL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS) para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, titulado: **EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** presentado por el (la) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR** al (a) Dr. ARNALDO YANA TORRES.

ARTICULO TERCERO. - DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
ESCUELA DE POSGRADO
Dr. Javier Romulo Quijano Zapana
DIRECTOR (a)

DISTRIBUCIÓN:
DIRECCIÓN EPG, INVESTIGACIÓN
06/05/2025



RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 02069-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 27 de noviembre de 2024

VISTOS:

El Expediente N° 2024-013873 de fecha 11 de noviembre de 2024, el (la) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, con DNI N° 45502484, código de matrícula N° 1710100437, quien solicita Revisión de propuesta de Investigación; INFORME N° 00993-2024-UI-EPG-UANCV y el Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación" del 25 de noviembre de 2024, que fue revisada por el Comité de Investigación de la Escuela de Posgrado.

CONSIDERANDO:

Que, las Unidades de Investigación son unidades académicas que agrupan a docentes y estudiantes de diversas disciplinas, en razón del desarrollo de investigación científica, tecnológica y humanista de acuerdo al Estatuto Universitario Modificado 2020 de nuestra primera Casa Superior de Estudios.

Que, con Expediente N° 2024-013873 el (la) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, solicita la revisión y aprobación de la propuesta de Investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el GRADO de MAESTRO EN INGENIERIA CIVIL, mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conduciente a Grados y Títulos plasmado en la Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R.

Que, el Comité de Investigación emitió su opinión **FAVORABLE** a la propuesta de investigación.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado, corroboró la propuesta del **ASESOR** Dr. **ARNALDO YANA TORRES**, quien debe estar acreditado y facultado para orientar y ayudar al asesorado en el proceso de elaboración del trabajo de investigación (Tesis) de acuerdo a la **DIRECTIVA N° 004-2019-UANCV-VRAD-OI**; y,

Estando, la opinión favorable del Comité de Investigación, según **INFORME N° 00993-2024-UI-EPG-UANCV** y el **Anexo (02 o 03) "Ficha de Opinión de la Propuesta de Investigación"** en concordancia con el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conduciente a Grados y Títulos Resolución N° 0294-2023-UANCV-CU-R, de conformidad a lo que establece la Ley Universitaria N° 30220, Ley de Creación de la UANCV N° 23738 y Modificatoria N° 24661 y el Estatuto de la UANCV, que confiere facultades a la unidad de Investigación de la Escuela de Posgrado.

SE RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO.- APROBAR Y AUTORIZAR LA EJECUCIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN, titulado: **EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024** presentado por el (la) Bach. REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, en virtud de los considerandos expuestos.

ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER, como **ASESOR** al (a) Dr. **ARNALDO YANA TORRES**.

ARTICULO TERCERO.- DISPONER que la Escuela de Posgrado, la Secretaría Académica y administrativa, quedan encargados del cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, comuníquese y archívese.



[Handwritten Signature]
DIRECTOR (a)

INSTRUMENTO
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN
ARCH. 0002/2024



EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO EN ESTADOS DE DETERIORO MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS


1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.upse.edu.ec Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos Complementarios

Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	45502484
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-1245-4278
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	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-4219-1007
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	RICARDO ANIBAL MALDONADO MAMANI
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02429806
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-1482-3669
Miembro del jurado 2	



Nombres y apellidos	CARLOS ARMANDO HUAMAN CARREON
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29552618
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8992-8080
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Latitud: S 15° 29' 27" Longitud: O 70° 07' 37"  https://maps.app.goo.gl/bshQ7VPwLbKRmPPW7
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Noviembre 2024 – Junio 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 Ingeniería estructural y municipal https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.04



UNIVERSIDAD NACIONAL VESTIBULAR CACERES VELASQUEZ
ESCUELA DE POSTGRADO
[Signature]
Dr. Ramiro Amílcar Bolaños Calderón
DIRECTOR
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA, identificado con DNI Nro. 45502484, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

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

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

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 25 de agosto del 2025


Firma del Asesor (obligatoria)


Firma del Estudiante (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mis queridos padres, quienes con su esfuerzo, amor y ejemplo constante me han enseñado el valor de la perseverancia y la responsabilidad. Gracias por creer siempre en mí y por acompañarme en cada etapa de mi vida.

Asimismo, dedico este logro a todas aquellas personas que, de una u otra forma, me brindaron su apoyo, guía y ánimo durante el desarrollo de este trabajo académico. Su valioso aporte hizo posible alcanzar esta meta.



AGRADECIMIENTO

A Dios, por brindarme fortaleza, sabiduría y bendiciones para poder culminar este camino académico, permitiéndome superar todos los obstáculos con fe y esperanza.

A mis queridos padres, por su amor incondicional, por ser mi mayor inspiración y por guiarme con paciencia, dedicación y entrega absoluta. Gracias por acompañarme en cada paso, por enseñarme el verdadero significado del esfuerzo y por confiar siempre en mí.



ÍNDICE DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática	14
1.2 Planteamiento del problema	17
1.2.1 Problema general	17
1.2.2 Problemas específicos	17
1.3 Justificación de la investigación	17
1.3.1 Justificación técnica	17
1.3.2 Justificación económica	18
1.3.3 Justificación social	19
1.3.4 Justificación ambiental	20
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo general	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
1.5 Importancia y alcance de la investigación	21
1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación	22
1.6.1 Limitaciones	22
1.6.2 Delimitación	23
1.7 Hipótesis	24



- 1.7.1 Hipótesis general 24
- 1.7.2 Hipótesis específicas. 25
- 1.8 Variables 25
 - 1.8.1 Variable de caracterización 25
 - 1.8.2 Variable de interés 25
 - 1.8.3 Variable interviniente..... 25
- 1.9 Operacionalización de variables 26

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

- 2.1 Antecedentes de la investigación 27
 - 2.1.1 Antecedentes internacionales 27
 - 2.1.2 Antecedente nacional..... 32
 - 2.1.3 Antecedente local 37
- 2.2 Bases teóricas..... 40
 - 2.2.1 Pavimento 40
 - 2.2.1.1 Clasificación de los pavimentos 44
 - 2.2.2 Pavimento asfáltico 47
 - 2.2.2.1 Componentes del pavimento flexible..... 48
 - 2.2.2.2 Tipos de fallas en un pavimento asfáltico..... 52
 - 2.2.3 Ciclo de vida de un pavimento 56
 - 2.2.4 Métodos destructivos 59
 - 2.2.5 Tipos de intervención vial..... 61
- 2.3 Marco conceptual 65

CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- 3.1 Enfoque de investigación..... 66
- 3.2 Método de investigación 66
- 3.3 Tipo de investigación..... 67



- 3.4 Nivel de Investigación..... 67
- 3.5 Diseño de investigación..... 68
- 3.6 Población y muestra 68
 - 3.6.1 Población 68
 - 3.6.2 Muestra..... 69
- 3.7 Técnicas e instrumentos de recolección 69
 - 3.7.1 Técnicas 69
 - 3.7.2 Instrumentos 70
- 3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad 70
 - 3.8.1 Validación de instrumentos 70
 - 3.8.2 Confiabilidad de instrumentos 70
- 3.9 Trabajos realizados 70

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- 4.1 Resultados obtenidos 88
 - 4.1.1 Estado de los materiales de la subrasante en pavimentos flexibles 89
 - 4.1.2 Estado de los materiales de la base y subbase en pavimentos flexibles 104
 - 4.1.2.1 Estado de los materiales en la subbase en los pavimentos flexibles
..... 104
 - 4.1.2.2 Estado de los materiales en la base en los pavimentos flexibles .. 118
 - 4.1.3 Estado de la carpeta asfáltica en pavimentos flexibles..... 133
 - 4.1.4 Alternativas de intervención 139
- 4.2 Discusión de resultados 143
- CONCLUSIONES 145**
- RECOMENDACIONES 147**
- REFERENCIAS..... 148**
- ANEXOS 155**



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables	26
Tabla 2 Clasificación de los materiales en la primera vía de estudio	72
Tabla 3 Clasificación de los materiales en la segunda vía de estudio.....	73
Tabla 4 Dimensionamiento de las capas encontradas en las vías	73
Tabla 5 Humedad en la subrasante.....	89
Tabla 6 Limites en la subrasante	90
Tabla 7 Gradación en la calicata1(subrasante).....	91
Tabla 8 Gradación en la calicata2 (subrasante).....	92
Tabla 9 Gradación en la calicata3 (subrasante).....	93
Tabla 10 Proctor en la subrasante.....	94
Tabla 11 CBR en la subrasante.....	95
Tabla 12 Humedad en la subrasante.....	96
Tabla 13 Limites en la subrasante	97
Tabla 14 Gradación en la calicata1	98
Tabla 15 Gradación en la calicata2	99
Tabla 16 Gradación en la calicata3	100
Tabla 17 Proctor en la subrasante.....	101
Tabla 18 CBR en la subrasante.....	102
Tabla 19 Comparativa en la subrasante	103
Tabla 20 Humedad en la subbase	104
Tabla 21 Limites en la subbase	105
Tabla 22 Gradación en la calicata1	106
Tabla 23 Gradación en la calicata2	107
Tabla 24 Gradación en la calicata3	108
Tabla 25 Proctor en la subbase	109
Tabla 26 CBR en la subbase.....	110



Tabla 27 Humedad en la subbase	111
Tabla 28 Limites en la subbase	112
Tabla 29 Gradación en la calicata1	112
Tabla 30 Gradación en la calicata2	113
Tabla 31 Gradación en la calicata3	114
Tabla 32 Proctor en la subbase	115
Tabla 33 CBR en la subbase	116
Tabla 34 Comparativa en la subbase	117
Tabla 35 Comparativa en la subbase	118
Tabla 36 Humedad en la base.....	118
Tabla 37 Limites en la base	119
Tabla 38 Gradación en la calicata1	120
Tabla 39 Gradación en la calicata2	121
Tabla 40 Gradación en la calicata3	122
Tabla 41 Proctor en la base.....	123
Tabla 42 CBR en la base	124
Tabla 43 Humedad en la base.....	125
Tabla 44 Limites en la base	126
Tabla 45 Gradación en la calicata1	126
Tabla 46 Gradación en la calicata2	127
Tabla 47 Gradación en la calicata3	128
Tabla 48 Proctor en la base.....	129
Tabla 49 CBR en la base	130
Tabla 50 Comparativa en la base	131
Tabla 51 Comparativa en la base	132
Tabla 52 % de asfalto.....	139
Tabla 53 CBR estabilizado con compuesto puzolánico	141



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Pavimento asfaltico	48
Figura 2 Comportamiento del pavimento.....	52
Figura 3 Condición de la vía sin mantenimiento	59
Figura 4 Primera vía de estudio	71
Figura 5 Segunda vía de estudio.....	72
Figura 6 Humedad en la subrasante	89
Figura 7 Limites en la subrasante	90
Figura 8 Gradación en la calicata1(subrasante)	91
Figura 9 Gradación en la calicata2 (subrasante).....	92
Figura 10 Gradación en la calicata3 (subrasante).....	93
Figura 11 Proctor en la subrasante	94
Figura 12 CBR en la subrasante	95
Figura 13 Humedad en la subrasante	96
Figura 14 Limites en la subrasante	97
Figura 15 Gradación en la calicata1	98
Figura 16 Gradación en la calicata2.....	99
Figura 17 Gradación en la calicata3.....	100
Figura 18 Proctor en la subrasante	101
Figura 19 CBR en la subrasante	102
Figura 20 Humedad en la subbase	104
Figura 21 Limites en la subbase	105
Figura 22 Gradación en la calicata1	106
Figura 23 Gradación en la calicata2.....	107
Figura 24 Gradación en la calicata3.....	108
Figura 25 Proctor en la subbase	109
Figura 26 CBR en la subbase	110



Figura 27 Humedad en la subbase	111
Figura 28 Gradación en la calicata1	113
Figura 29 Gradación en la calicata2.....	114
Figura 30 Gradación en la calicata3.....	115
Figura 31 Proctor en la subbase	116
Figura 32 CBR en la subbase	117
Figura 33 Humedad en la base	119
Figura 34 Gradación en la calicata1	120
Figura 35 Gradación en la calicata2.....	121
Figura 36 Gradación en la calicata3.....	122
Figura 37 Proctor en la base	123
Figura 38 CBR en la base	124
Figura 39 Humedad en la base	125
Figura 40 Gradación en la calicata1	127
Figura 41 Gradación en la calicata2.....	128
Figura 42 Gradación en la calicata3.....	129
Figura 43 Proctor en la base	130
Figura 44 CBR en la base	131
Figura 45 Gradación en la calicata1-lavado asfáltico	133
Figura 46 Gradación en la calicata2-lavado asfáltico	134
Figura 47 Gradación en la calicata3-lavado asfáltico	135
Figura 48 Gradación en la calicata1-lavado asfáltico	136
Figura 49 Gradación en la calicata2-lavado asfáltico	137
Figura 50 Gradación en la calicata3-lavado asfáltico	138
Figura 51 CBR estabilizado con compuesto puzolánico	142



RESUMEN

La investigación "Evaluación de la estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024", tuvo como objetivo evaluar el estado actual de las vías y proponer soluciones para mejorar su desempeño. La metodología utilizada fue de diseño no experimental, aplicada, y con un nivel descriptivo. Los resultados indican que la subrasante de la Circunvalación Noroeste presenta un CBR de 8.05%, humedad de 19.5% e IP de 17.08%, mientras que la Avenida Andrés Avelino tiene un CBR de 6.77%, humedad de 20.47% e IP de 18.66%, lo que refleja una capacidad de soporte deficiente en ambas vías. En la subbase, la Circunvalación Noroeste muestra un CBR de 37.81%, humedad de 12.83% e IP de 6.31%, mientras que la Avenida Andrés Avelino presenta un CBR de 34.20%, humedad de 12.55% e IP no plástico (NP). Ambos valores no cumplen con la normativa EG-2013. En la base granular, ambas vías superan el 80% de CBR (80.92% en la Circunvalación Noroeste y 81.25% en la Avenida Andrés Avelino), cumpliendo con la normativa. Los contenidos de humedad son de 8.44% y 7.95%, respectivamente, con IP no plástico (NP). El contenido de asfalto en la Circunvalación Noroeste es de 4.74%, y en la Avenida Andrés Avelino de 3.71%, inferior a los valores mínimos requeridos, lo que contribuye al desgaste prematuro. Se recomienda la aplicación de elastómeros SBS, estabilización con puzolánicos (incremento de CBR tanto en la subrasante, sub base y la base), y el uso de geotextiles y geomallas triaxiales para mejorar la capacidad de carga y prolongar la vida útil de las vías.

Palabras clave: Alternativas de intervención, Capacidad de soporte, Estructural del pavimento flexible, Métodos destructivos.



ABSTRACT

The research project "Evaluation of flexible pavement structure using destructive methods to propose alternatives for intervention on highly deteriorated roads in the city of Juliaca 2024" aimed to assess the current state of the roads and propose solutions to improve their performance. The methodology used was non-experimental, applied, and descriptive in nature. The results indicate that the subgrade of the Northwest Ring Road has a CBR of 8.05%, moisture content of 19.5%, and IP of 17.08%, while Andrés Avelino Avenue has a CBR of 6.77%, moisture content of 20.47%, and IP of 18.66%, reflecting poor bearing capacity on both roads. In the subbase, the Northwest Beltway shows a CBR of 37.81%, moisture content of 12.83%, and IP of 6.31%, while Andrés Avelino Avenue has a CBR of 34.20%, moisture content of 12.55%, and non-plastic IP (NP). Both values do not comply with EG-2013 regulations. In the granular base, both roads exceed 80% CBR (80.92% on the Northwest Ring Road and 81.25% on Andrés Avelino Avenue), complying with the standard. The moisture contents are 8.44% and 7.95%, respectively, with non-plastic IP (NP). The asphalt content on the Northwest Beltway is 4.74%, and on Andrés Avelino Avenue it is 3.71%, which is below the minimum required values, contributing to premature wear. The application of SBS elastomers, stabilization with pozzolans (increase in CBR in the subgrade, subbase, and base), and the use of geotextiles and triaxial geogrids are recommended to improve load-bearing capacity and extend the service life of the roads.

Keywords: Intervention alternatives, Load-bearing capacity, Flexible pavement structure, Destructive methods.



INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el rápido crecimiento urbano y el aumento del tráfico vehicular han generado un notable deterioro en las infraestructuras viales de muchas ciudades. En particular, los pavimentos flexibles, que constituyen una de las soluciones más comunes para la pavimentación de calles y avenidas, han experimentado un desgaste acelerado debido a factores como las condiciones climáticas extremas, el tráfico pesado y la falta de mantenimiento adecuado. En este contexto, Juliaca, ubicada en el sur de Perú, no ha sido ajena a este problema, presentando múltiples sectores con pavimentos de alto deterioro, que requieren una evaluación exhaustiva para determinar las causas del deterioro y proponer soluciones eficaces.

El presente estudio tiene como objetivo principal evaluar la estructura de los pavimentos flexibles mediante métodos destructivos en las vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, con la intención de sugerir estrategias de intervención orientadas al mejoramiento de las infraestructuras viales y su preservación a largo plazo. La investigación se enfoca en identificar las principales causas del deterioro de los pavimentos flexibles y en analizar cómo las condiciones específicas del entorno, como el clima y el tráfico, afectan la integridad de estos sistemas de pavimentación.

La evaluación de pavimentos mediante métodos destructivos es una herramienta fundamental en la ingeniería civil para obtener datos precisos sobre la capacidad estructural del pavimento. Estos métodos, a pesar de implicar la perforación y destrucción parcial de la estructura del pavimento, proporcionan información detallada sobre el espesor de las capas, la resistencia del material y las posibles fallas en su composición.

El impacto esperado de este estudio es significativo, ya que contribuirá a mejorar la infraestructura vial de Juliaca, optimizando los recursos destinados a la reparación y prolongando la vida útil de los pavimentos. Además, los resultados de esta investigación



servirán como base para futuras intervenciones en otras ciudades de características similares, promoviendo el desarrollo sostenible y la mejora de la calidad de vida urbana.

En el capítulo I: Esta sección aborda la descripción y el análisis del problema, se plantean los objetivos específicos y generales, y se define claramente cómo serán operadas las variables del estudio.

En el capítulo II: Marco teórico: Aquí se revisan investigaciones previas relacionadas con el tema y se presenta una revisión crítica de la literatura clave para sustentar nuestro trabajo investigativo. Asimismo, se emplean fuentes bibliográficas y de referencia relevantes y se construye un marco conceptual sólido que sirve como fundamento teórico de la investigación.

En el capítulo III: Metodología: Esta sección detalla minuciosamente el tipo y nivel del estudio, el diseño metodológico adoptado, así como los procedimientos específicos e instrumentos empleados para recopilar y analizar los datos. Además, se presenta la estructura general que seguirá el desarrollo del estudio.

Finalmente, en el capítulo IV: Resultados y discusión: En este apartado se presentan y se interpretan los resultados de forma crítica y reflexiva. Estos hallazgos permiten fundamentar adecuadamente las conclusiones y recomendaciones derivadas del análisis efectuado en la investigación.



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática.

La infraestructura vial es un componente esencial para el desarrollo económico y social de cualquier país. Su adecuado mantenimiento y rehabilitación garantizan la seguridad, la movilidad y el acceso a servicios básicos, aspectos fundamentales para la calidad de vida de la población. Sin embargo, la rápida urbanización, el aumento del tráfico vehicular y la falta de mantenimiento preventivo han generado un deterioro acelerado de muchas redes viales, especialmente de los pavimentos flexibles que constituyen una parte importante de las infraestructuras urbanas (Melchor, 2023).

A nivel internacional, el deterioro de los pavimentos es un desafío global, particularmente en países en desarrollo donde el rápido crecimiento urbano ha superado la capacidad de los gobiernos para realizar un mantenimiento adecuado de las infraestructuras viales. Las ciudades en países como India, Brasil, China y muchos otros de América Latina y África enfrentan problemas similares, con pavimentos que se desgastan rápidamente debido a una combinación de factores: condiciones climáticas extremas, tráfico vehicular pesado y tecnologías de pavimentación obsoletas. En estos países, el uso de métodos destructivos como la perforación y los ensayos de resistencia



es cada vez más relevante, ya que permite obtener datos precisos para la toma de decisiones sobre la rehabilitación de pavimentos deteriorados (Melchor, 2023).

En el contexto nacional, Perú enfrenta un panorama similar en cuanto al deterioro de pavimentos flexibles en muchas de sus ciudades. Según el (MTC), más del 30% de la infraestructura vial urbana está en condiciones regulares o malas, especialmente en zonas donde las condiciones climáticas extremas y el tráfico vehicular intensivo contribuyen al desgaste de los pavimentos. Esto es particularmente notorio en ciudades del sur del país, como Juliaca, donde las temperaturas extremas, heladas y lluvias intensas aceleran el deterioro de los pavimentos. En este contexto, el mantenimiento preventivo y correctivo de los pavimentos es una necesidad urgente, ya que la falta de intervención adecuada puede llevar a una mayor deterioración y, en algunos casos, a costosas reparaciones o reconstrucciones (Nuñez, 2022).

Además, el crecimiento del parque automotor en las principales ciudades del país ha incrementado la carga vehicular sobre las vías, afectando especialmente las zonas urbanas que no cuentan con un adecuado diseño estructural ni con las técnicas modernas de evaluación de pavimentos. A nivel nacional, las políticas de rehabilitación y conservación de pavimentos, aunque en progreso, aún no son suficientes para enfrentar la magnitud del problema. La aplicación de métodos destructivos para evaluar el estado real de los pavimentos podría ser clave para planificar intervenciones eficaces y sostenibles, y así mejorar la infraestructura vial a nivel nacional (Nuñez, 2022).

La ciudad de Juliaca, ubicada en la región Puno, enfrenta un desafío particular en cuanto al deterioro de sus pavimentos flexibles. Esta ciudad, considerada uno de los principales ejes comerciales del sur de Perú, ha atravesado un notable crecimiento durante las últimas décadas, lo cual ha incrementado significativamente la circulación vehicular, tanto de transporte de carga como de vehículos ligeros. Sin embargo, el crecimiento urbano no ha ido acompañado de un adecuado mantenimiento y renovación de la infraestructura vial, lo que ha resultado en la rápida degradación de los pavimentos en varias áreas de la ciudad.



Las condiciones climáticas extremas en Juliaca con temperaturas que fluctúan entre los -10°C en invierno y los 20°C en verano, así como lluvias intensas durante ciertos períodos del año contribuyen al rápido deterioro de los pavimentos. Las heladas, las variaciones térmicas diarias y la humedad elevada provocan la formación de grietas, hundimientos y fisuras en las capas de los pavimentos, lo que disminuye su capacidad estructural. Además, el tráfico pesado, especialmente en las principales arterias de transporte, agrava aún más el deterioro de las vías.

A pesar de los esfuerzos del gobierno local, los recursos destinados para la reparación de pavimentos son limitados, y la mayoría de las intervenciones realizadas son superficiales, como parches o asfaltado sin una evaluación técnica adecuada. La falta de una metodología precisa de diagnóstico, como los métodos destructivos, ha dificultado la identificación de las verdaderas causas del deterioro y la planificación de intervenciones eficientes. Por lo tanto, es esencial implementar metodologías de evaluación más rigurosas, que permitan determinar las condiciones estructurales de los pavimentos y proponer alternativas de intervención basadas en evidencia técnica.

La evaluación de pavimentos flexibles mediante métodos destructivos se presenta como una herramienta clave para abordar el problema del deterioro de las infraestructuras viales, tanto a nivel internacional como nacional y local. En Juliaca, esta metodología podría proporcionar datos cruciales sobre la estructura de los pavimentos y permitir la formulación de soluciones más efectivas y sostenibles para la rehabilitación de las vías, mejorando así mayor seguridad en las carreteras, disminuyendo significativamente los gastos de mantenimiento en el tiempo e impulsando la economía local.



1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el estado de la estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Cuál es el estado de los materiales de subrasante de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca?
2. ¿Cuál es el estado de los materiales de subbase y base granular de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca?
3. ¿Cuál es el estado de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca?
4. ¿Cuál es la propuesta de alternativa de intervención según la calidad de materiales que presenta en la actualidad en cada vía estudiada en la ciudad de Juliaca?

1.3 Justificación de la investigación.

1.3.1 Justificación técnica

La necesidad de obtener una evaluación precisa y objetiva del estado estructural de los pavimentos flexibles en la ciudad de Juliaca es la base tecnológica de esta investigación. Esta investigación se realiza con el fin de satisfacer esta necesidad. Las vías urbanas de esta ciudad presentan signos evidentes de deterioro debido a la falta de un mantenimiento adecuado, lo que compromete su funcionalidad y seguridad. La aplicación de métodos destructivos permitirá obtener datos detallados sobre la resistencia, el espesor y las condiciones internas de los pavimentos, proporcionando una base técnica sólida para la toma de decisiones sobre las intervenciones necesarias.

Los métodos destructivos, como el sondeo de perforación y los ensayos de resistencia, son esenciales para obtener información precisa sobre la integridad estructural de los pavimentos, ya que ofrecen resultados más exactos que las técnicas no destructivas. Estos métodos permiten detectar fallas internas que no son visibles a simple vista, como la degradación de las capas inferiores o la presencia de materiales no adecuados. Al contar con datos más específicos y confiables, se podrán diseñar intervenciones más efectivas y sostenibles, que garanticen una mayor durabilidad y seguridad de las infraestructuras viales en la ciudad.

En términos técnicos, la investigación contribuirá a la mejora de las técnicas de evaluación y diagnóstico de pavimentos, proporcionando herramientas prácticas para otros proyectos similares en ciudades con características y condiciones ambientales similares. Además, la metodología empleada servirá de base para futuros estudios sobre la rehabilitación de pavimentos flexibles, promoviendo el uso de técnicas más avanzadas y eficientes en la ingeniería civil.

1.3.2 Justificación económica

Desde una perspectiva económica, esta investigación es de gran relevancia para optimizar el uso de los recursos destinados a la reparación y rehabilitación de pavimentos. En muchas ciudades, incluyendo Juliaca, el costo de las intervenciones viales es alto, especialmente cuando se implementan soluciones superficiales o incorrectas debido a la falta de datos precisos sobre el estado estructural de los pavimentos. La evaluación técnica mediante métodos destructivos permitirá identificar con mayor precisión las áreas más afectadas y las causas del deterioro, lo que facilitará la planificación de intervenciones específicas y rentables.

La propuesta de intervención se orientará a optimizar el uso de los recursos públicos al evitar gastos innecesarios en reparaciones de corto plazo que no resuelven el problema de fondo. Al conocer las condiciones exactas de los pavimentos, las



intervenciones podrán ser más selectivas y eficientes, evitando el desperdicio de materiales y reduciendo los costos operativos. Además, las soluciones propuestas no solo tendrán en cuenta el costo de la intervención inicial, sino también el costo de mantenimiento a largo plazo, lo que contribuirá a prolongar la vida útil de las vías y a reducir los costos a largo plazo asociados con la reconstrucción de pavimentos.

Por otro lado, la mejora de la infraestructura vial tendrá un impacto positivo en la economía local, ya que mejorará la movilidad y reducirá los costos asociados con el tráfico vehicular y el desgaste de vehículos. Un sistema vial en buen estado puede atraer inversiones, facilitar el comercio y mejorar la competitividad de la ciudad en el contexto regional y nacional.

1.3.3 Justificación social

La justificación social de este estudio se basa en la mejora de la calidad de vida de los habitantes de Juliaca a través de una infraestructura vial más segura y eficiente. El deterioro de los pavimentos no solo representa un riesgo para la seguridad vial, sino que también afecta la comodidad y el bienestar de los ciudadanos. El deterioro de las vías contribuye al aumento de accidentes de tránsito, especialmente en áreas donde las grietas, baches y fisuras son comunes. Este problema afecta especialmente a las personas que transitan a pie o en vehículos de transporte público, que sufren las consecuencias del mal estado de las vías.

Además, el deterioro de las infraestructuras viales limita el acceso a servicios básicos como hospitales, escuelas, y mercados, afectando el desarrollo social de la comunidad. Mejorar las condiciones de los pavimentos permitirá una mayor conectividad entre los diferentes sectores de la ciudad, lo cual es clave para mejorar las oportunidades de acceso a educación, empleo y servicios básicos para toda la población.

La rehabilitación de los pavimentos también tendrá un impacto positivo en la salud pública, al reducir la cantidad de polvo y partículas en suspensión debido al mal estado de las vías, y al disminuir los accidentes de tránsito causados por baches y fisuras. Además,

este proyecto puede generar empleo local durante las obras de rehabilitación, beneficiando a la comunidad en términos de creación de puestos de trabajo y desarrollo económico local.

1.3.4 Justificación ambiental

La justificación ambiental de la investigación se centra en la necesidad de implementar soluciones sostenibles para la rehabilitación de los pavimentos flexibles en Juliaca. Las técnicas de intervención que se propongan deberán considerar no solo los aspectos técnicos y económicos, sino también los impactos ambientales de las obras. Las intervenciones tradicionales en pavimentos, como la remoción y reposición total de las capas de pavimento, pueden generar grandes cantidades de residuos, lo que contribuye a la contaminación del entorno.

La mejora en la infraestructura vial también puede contribuir a una mejor gestión del agua de lluvia, al mejorar el drenaje y reducir el riesgo de inundaciones. Esto se puede lograr mediante la rehabilitación de las capas superficiales de pavimento, que ayudará a optimizar el drenaje y prevenir la acumulación de agua en las vías, lo que es especialmente relevante en ciudades con climas extremos y lluvias intensas como Juliaca.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Evaluar la estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024.

1.4.2 Objetivos específicos

1. Determinar el estado de los materiales de subrasante de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca.



2. Determinar el estado de los materiales de subbase y base granular de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca.
3. Determinar el estado de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca.
4. Proponer alternativas de intervención según la calidad de materiales que presenta en la actualidad en cada vía estudiada en la ciudad de Juliaca.

1.5 Importancia y alcance de la investigación

La importancia de esta tesis radica en su capacidad para proporcionar soluciones efectivas y sostenibles ante uno de los problemas más críticos que enfrenta la infraestructura vial urbana en muchas ciudades, particularmente en la ciudad de Juliaca. La evaluación precisa y técnica de los pavimentos flexibles mediante métodos destructivos permitirá obtener información detallada sobre el estado real de las vías, identificando de manera temprana los defectos estructurales y las fallas subyacentes que no son visibles a simple vista. Este enfoque proporciona una herramienta fundamental para planificar intervenciones viales adecuadas y eficaces, lo cual es crucial para la mejora de la infraestructura urbana, la seguridad vial y la eficiencia en el uso de los recursos públicos.

La utilización de métodos destructivos ofrece la ventaja de obtener datos más fiables y específicos que las técnicas tradicionales no destructivas, lo que permitirá evaluar la resistencia y la vida útil de los pavimentos con un alto grado de precisión. La importancia de esta investigación también radica en su potencial para contribuir al desarrollo de nuevas metodologías en la ingeniería civil, que puedan ser replicadas en otras ciudades con características similares, no solo en Perú, sino en otras regiones de América Latina y el mundo.

El alcance de esta investigación está delimitado a la evaluación de pavimentos flexibles en la ciudad de Juliaca, específicamente en las vías urbanas con signos de alto



deterioro. La investigación se centrará en la aplicación de métodos destructivos, tales como la perforación de muestras de pavimento y los ensayos de resistencia, para obtener datos detallados sobre el estado estructural de las vías y detectar las áreas más críticas que requieren intervención. A través de esta evaluación técnica, se buscará identificar las causas subyacentes del deterioro y proponer alternativas de intervención basadas en evidencia.

El alcance geográfico de la investigación estará restringido a las principales avenidas y calles de la ciudad de Juliaca que presenten un deterioro evidente, debido a su relevancia para la conectividad urbana y el impacto directo sobre la movilidad de los habitantes. Se analizarán pavimentos flexibles que hayan sido sometidos a altos niveles de tráfico vehicular, considerando tanto el tráfico pesado como el ligero, y que se encuentren en áreas de alto riesgo para la seguridad vial.

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación

1.6.1 Limitaciones

Existen varias limitaciones que podrían afectar tanto el alcance de los resultados como su generalización. Las principales limitaciones de esta tesis se pueden detallar de la siguiente manera:

- **Condiciones climáticas:** La ciudad de Juliaca presenta un clima caracterizado por lluvias intensas y cambios bruscos de temperatura, lo que podría afectar la realización de ensayos en ciertas épocas del año. Las condiciones climáticas extremas pueden dificultar la implementación de los métodos destructivos, especialmente aquellos que requieren equipos sensibles y condiciones específicas de operación.
- **Recursos económicos y humanos:** La realización de estudios exhaustivos con métodos destructivos puede requerir una inversión significativa en equipos especializados y personal altamente capacitado. Las limitaciones de presupuesto podrían restringir la cantidad de muestras que se pueden analizar o los tipos de ensayos a realizar. Además,



la escasez de personal calificado en la ciudad de Juliaca puede representar un desafío en la ejecución de los estudios.

- Variabilidad de las condiciones del pavimento: Los pavimentos de la ciudad de Juliaca varían considerablemente en términos de edad, materiales utilizados y tipos de tráfico a los que han sido sometidos. Esta heterogeneidad puede dificultar la obtención de conclusiones generales sobre las condiciones de los pavimentos, limitando la extrapolación de los resultados a otras áreas fuera de la muestra estudiada.

1.6.2 Delimitación

La delimitación de esta investigación está establecida en función de varios factores clave que determinan su alcance y enfoque. Estas delimitaciones son necesarias para garantizar que la investigación sea viable dentro de los parámetros de tiempo, presupuesto y recursos disponibles.

- **Ámbito geográfico:** Esta investigación se enfocará exclusivamente en la ciudad de Juliaca, ubicada en la región de Puno, Perú. La selección de esta área responde a la presencia de vías urbanas deterioradas que presentan un alto riesgo para la seguridad vial y una necesidad urgente de intervención. No se incluirán en el estudio otras ciudades o áreas periurbanas, ya que los resultados y las soluciones propuestas estarán contextualizadas específicamente a Juliaca.
- **Ámbito temporal:** El análisis de los pavimentos y las intervenciones propuestas se basará en las condiciones actuales de las vías y en las observaciones obtenidas durante el período de investigación, que abarcará el año 2024. No se considerarán datos históricos a largo plazo ni se realizarán simulaciones sobre el comportamiento de los pavimentos a futuro tras las intervenciones.
- **Enfoque metodológico:** El estudio se centrará exclusivamente en la evaluación de pavimentos flexibles utilizando métodos destructivos, como son los ensayos de perforación y los ensayos de resistencia. Las alternativas de intervención propuestas



estarán fundamentadas en los resultados obtenidos a través de estos métodos, sin incluir otras metodologías no destructivas.

- Tipo de pavimentos: Se seleccionarán pavimentos flexibles de vías urbanas de alto deterioro, priorizando aquellas áreas con visible deterioro en su estructura. No se incluirán pavimentos de otras características, como los de vías rurales o pavimentos rígidos.
- Intervenciones consideradas: Las propuestas de intervención se limitarán a las opciones técnicamente viables y económicamente sostenibles dentro de las condiciones actuales de la ciudad. Se contemplarán intervenciones de rehabilitación y mantenimiento sin llegar a la reconstrucción total de los pavimentos, enfocándose en soluciones que optimicen el uso de recursos existentes y mejoren la durabilidad de las vías.
- Ámbito de análisis: El estudio se centrará en la evaluación de la estructura interna de los pavimentos, como el espesor de las capas y la resistencia de los materiales, sin abordar aspectos relacionados con diseño geométrico de las vías, tráfico futuro o aspectos socioeconómicos a largo plazo.

1.7 Hipótesis

1.7.1 Hipótesis general

La estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024, estarán en mal estado según las especificaciones mínimas de calidad.



1.7.2 Hipótesis específicas.

1. El estado de los materiales de subrasante de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, estará en estado regular debido a la presencia de humedad.
2. El estado de los materiales de subbase y base granular de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, estarán en un estado regular a causa de la filtración de humedad por la superficie.
3. El estado de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, estarán en estado malo por el alto deterioro.
4. Las alternativas de intervención según la calidad de materiales que presenta en la actualidad en cada vía estudiada en la ciudad de Juliaca, serán la reconfiguración de subbases y bases y la reconstrucción de la carpeta de rodadura.

1.8 Variables

1.8.1 Variable de caracterización

- Estructura del Pavimento Flexible

1.8.2 Variable de interés

- Alternativas de Intervención

1.8.3 Variable interviniente

- Métodos Destructivos

1.9 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Caracterización	Descripción detallada de las capas del pavimento flexible, su materialidad, espesor y propiedades mecánicas, que determinan su desempeño.	Se evaluará el pavimento mediante inspecciones visuales, pruebas destructivas para obtener muestras y análisis de laboratorio para conocer su resistencia y durabilidad.	1. Subrasante 2. Subbase granular 3. Base 4. Carpeta asfáltica	- CBR (%) - Contenido de humedad (%) - Índice de Plasticidad (IP) - Contenido de asfalto (%)	- Ensayos de laboratorio - Inspección visual de fallas - Registro fotográfico - Normas técnicas EG-2013 y MTC
Interés	Soluciones técnicas y económicas propuestas para rehabilitar o reconstruir pavimentos deteriorados, con el objetivo de mejorar la vida útil de las vías.	Evaluación de diversas alternativas como repavimentado, reciclado de materiales, y rehabilitación parcial de la capa del pavimento, basadas en su costo y efectividad.	1. Propuesta de intervención	- Tipos de intervención (reciclado, repavimentado, fresado)	- Observación de campo
Dependiente	Métodos de evaluación que involucran la destrucción parcial o total del pavimento para realizar un análisis detallado de sus propiedades internas.	Se utilizarán métodos destructivos como la perforación de muestras, pruebas de resistencia al corte y flexión, y análisis de laboratorio para determinar la calidad de las capas del pavimento.	1. Perforaciones o calicatas	- Número de calicatas realizadas - Profundidad de las muestras extraídas	- Ensayos de laboratorio - Análisis técnico comparativo



CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

Según Chonillo y Palma, (2021) en su investigación "Diagnóstico estructural del pavimento flexible del tramo vial comprendido entre la calle 24 de Mayo y avenida Décimo Octava, parte de la ruta Troncal del Pacífico, sector Ruta del Spondylus, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena", investiga el estado existente de la estructura del pavimento flexible en la porción de la ruta Troncal del Pacífico que se encuentra entre la calle 24 de Mayo y la Avenida 18 es el propósito de este proyecto. Para lograr este objetivo se realizó una auscultación visual además de estudios de tránsito, investigaciones de suelo y extracciones de la carpeta asfáltica. Se utilizó el método PCI conforme a la norma ASTM D6433-03 para determinar el nivel de deterioro del pavimento. La inspección de campo reveló diversas fallas, entre las que se incluyen piel de cocodrilo, fisuras, hundimientos, exudación y fallas transversales y longitudinales. Estas deficiencias estructurales indican que el pavimento flexible no es adecuado para soportar las cargas de tráfico esperadas durante los próximos 10 años. Con base en los resultados obtenidos, se compararon diversas alternativas de rehabilitación, entre ellas la aplicación de una sobrecapa de 12,5 cm o la opción de reciclado en frío. Sin embargo, se concluyó que la sobrecapa propuesta



afectaría la infraestructura existente, como las aceras y bordillos, lo que generaría problemas funcionales y estructurales. Por tanto, la opción más viable es la reconstrucción completa del pavimento, utilizando como base la carpeta asfáltica reciclada y el material de base existente. En cuanto a la evaluación del tráfico proyectado, se estima que el Tráfico Promedio Diario Anual (TPDA) alcanzará los 27,333 vehículos por día en 2030, lo que clasifica la vía como una Autovía con clasificación funcional AV2, según la Norma Ecuatoriana Vial NEVI-12-MTOP. Actualmente, el TPDA es de 16,657 vehículos por día, correspondiente a la clasificación AV1. En el análisis de suelos, se excavaron 4 calicatas con una profundidad de 1,50 m. Los resultados indicaron que los suelos de la vía están compuestos principalmente por limos arcillosos y arenas limosas, con una capacidad de soporte de la subrasante de 2.65%, según el índice CBR obtenido en los ensayos de laboratorio. Finalmente, se desestimaron las alternativas de rehabilitación basadas en una sobrecapa de 12,5 cm y 16,79 cm debido a que estas elevarían la cota de la rasante vial por encima de las obras complementarias existentes. Por ello, la reconstrucción del pavimento es la opción más adecuada. La estructura del pavimento propuesta consta de los siguientes componentes: diez centímetros de carpeta asfáltica, treinta centímetros de base reciclada estabilizada con emulsión asfáltica, cuarenta centímetros de subbase granular y ochenta y un centímetros de mejoramiento. Esta estructura se ajusta a las especificaciones técnicas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador. Se prevé que la reconstrucción costará un total de 2.105.336,85 dólares.

Según Bravo, (2023) en su investigación "Estudio del desempeño estructural del pavimento flexible en la carretera Tugaduaja – Engunga del cantón y provincia de Santa Elena mediante ensayos con la viga Benkelman", el objetivo principal de la investigación es examinar el comportamiento estructural existente del pavimento flexible de carretera con el fin de medir las deflexiones del pavimento. Para llevar a cabo esta evaluación, se realizó un estudio de campo en el cual se obtuvieron las mediciones de deflexión utilizando la viga Benkelman. Los resultados del análisis mostraron que, según el criterio de Huang,



la condición del pavimento se clasifica como tipo II (regular), mientras que el análisis realizado con el programa DEPAV indica una condición tipo I (buena). En relación con los radios de curvatura, se obtuvieron radios críticos de 160 m para el carril derecho y de 120 m para el carril izquierdo, los cuales superan los valores admisibles establecidos en los criterios de diseño. Con base en los resultados, se concluye que la metodología de la viga Benkelman es una herramienta eficaz para evaluar el comportamiento estructural tanto de pavimentos flexibles como rígidos. En cuanto al tramo de vía donde se llevó a cabo el presente estudio, se observó que la deflexión admisible esperada, en función del tráfico proyectado, era de 226×10^{-2} mm. Sin embargo, las mediciones obtenidas con la viga Benkelman indicaron deflexiones características de 311×10^{-2} mm para el carril derecho y 305×10^{-2} mm para el carril izquierdo. Esta discrepancia se justifica por el bajo volumen de tráfico que ha circulado en la vía hasta la fecha, lo que ha impedido una consolidación adecuada de las capas de pavimento construidas. El análisis del radio de curvatura, obtenido a partir de las deflexiones D_0 y D_{25} , reveló radios críticos de 160 m para el carril derecho y 120 m para el carril izquierdo, mientras que los radios de curvatura promedio fueron de 285 m para el carril derecho y 290 m para el carril izquierdo. Estos resultados indican que los radios de curvatura en ambos carriles están por debajo de los valores óptimos establecidos por los criterios de diseño, lo que sugiere una posible deficiencia en el trazado de la vía. En cuanto a la deflexión modelada mediante el programa DEPAV, que simula el comportamiento de la estructura de pavimento contratada, se obtuvo un valor de 387.5×10^{-2} mm. Este valor es superior a la deflexión admisible calculada a partir de la ecuación de Yan Huang, sin embargo, se recomienda considerar la deflexión estimada por el programa DEPAV, ya que esta toma en cuenta el espesor del pavimento contratado, lo que lo hace más representativo de las condiciones reales de la vía. A partir de este análisis, se concluye que la deflexión está dentro de los límites admisibles y, por lo tanto, el comportamiento estructural general del tramo evaluado se considera bueno. Finalmente, el análisis del radio de curvatura complementa la información obtenida a través de las



mediciones de deflexión, permitiendo establecer una evaluación más completa y precisa de la condición estructural del pavimento.

Según Andrade, (2022) en su investigación "Evaluación del estado estructural y planteamiento de rehabilitación del pavimento flexible en la vía Quiroga–Laguna de Cuicocha", tiene como objetivo evaluar el deterioro y comportamiento funcional del pavimento flexible. El objetivo de esto es recomendar acciones de reparación vial que sean adecuadas y oportunas, en función de los hallazgos obtenidos durante la inspección visual y los informes previos suministrados por el Gobierno Provincial de Imbabura. Gracias a esta evaluación se prolongará la vida útil del pavimento y se garantizará la seguridad y comodidad de quienes transitan por esta vía. Se realizó una descripción detallada de las características principales de la carretera objeto de la investigación. Esta descripción abarcaba no sólo el contexto histórico, sino también los factores teóricos asociados a la evaluación y concepción de los pavimentos flexibles. De acuerdo con el enfoque conocido como PCI (índice de estado del firme), durante la investigación de campo se descubrieron un total de 19 defectos en el firme. Estos fallos se midieron y registraron, y también se realizó un estudio fotográfico para establecer los niveles de gravedad de cada fallo a lo largo de la ruta. El estado del firme se analizó mediante la técnica PCI, que permitió clasificar el firme e identificar su estado actual. La evaluación se basó en los datos obtenidos. Sobre la base de los resultados obtenidos, se determinó que el pavimento presenta un 73% de fallas clasificadas como Malo/Muy Malo/Fallido. Esto indica que el pavimento requiere reparaciones significativas, como la eliminación de la capa de asfalto mediante fresado y la inserción de una nueva capa de asfalto. En conclusión, los hallazgos recogidos indican que la carretera que une la Laguna de Cuicocha y la Parroquia Quiroga requiere de una gran intervención de mantenimiento para restablecer su funcionamiento y asegurar que a largo plazo seguirá cumpliendo su función vial en términos de comodidad para el usuario y seguridad vial.



Según Espinoza y Jintiach, (2022) en su investigación "Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la vía de conexión entre la Panamericana Norte y la calle Julia Bernal, mediante el análisis de la Viga Benkelman aplicando el método del Retrocálculo", el objetivo es realizar una evaluación estructural del pavimento flexible en la ciudad de Cuenca, mediante la aplicación del cálculo inverso o retrocálculo. El primer paso de este procedimiento es la toma de datos de campo, durante la cual se utiliza la viga Benkelman para medir las deflexiones de la superficie del pavimento. Mediante el uso de una simulación numérica, se determinan los parámetros del módulo de elasticidad (Esg) y la relación de resistencia a la compresión (CBR) en relación con la subrasante utilizando los datos que se recogieron en el campo. Debido a la existencia de varios fallos en la carretera, los resultados de la evaluación estructural realizada con este método demostraron la necesidad de llevar a cabo obras de reparación. La viga de Benkelman resultó ser una herramienta útil para determinar el estado del firme y proporcionar una base sólida para las decisiones de mantenimiento y rehabilitación. El método de cálculo retrospectivo utilizado para la viga de Benkelman resultó ser satisfactorio y produjo resultados fiables en términos de longitud característica (L_0), deflexión (D), módulo resistente (Esg) y CBR. Esta fue la conclusión a la que se llegó. Por lo tanto, la viabilidad del enfoque quedó demostrada por los resultados, que demostraron que los datos recogidos con la viga Benkelman se corresponden con las circunstancias que se observaron en la superficie del firme. En una ruta de segundo orden que conectaba dos partes diferentes de la ciudad, la viga Benkelman se utilizó eficazmente a pesar de su complejidad. A pesar de que existe desgaste en la capa de rodadura en distintas zonas de la carretera, la investigación reveló que el pavimento no requiere una reconstrucción completa. Por otro lado, se encontraron regiones que requieren un mantenimiento correctivo. En varios puntos de la ruta, la subrasante parece estar en condiciones satisfactorias, lo que indica que no es esencial reconstruir la carretera. Por otro lado, la mayor parte del pavimento presenta una degradación estructural que requeriría corrección. Se identificaron varios fallos en el pavimento, siendo los más frecuentes los desconchones



de áridos y los socavones (baches), con un grado de estos fallos que oscila entre moderado y grave. Estos daños fueron corroborados por las deflexiones que se midieron, particularmente en las partes que se encontraban entre las abscisas 0+020, 1+100, 0+350 a 0+450, 1+100, 1+200, y 1+300. Estas secciones produjeron grandes deflexiones, con un valor de 1,30 mm. Es posible que las importantes deflexiones que se observaron se produjeran bien por el colapso del pavimento que había superado su vida útil o bien por el asentamiento y desgaste de la estructura granular que se produjo por el sobrepeso del vehículo.

2.1.2 Antecedente nacional

Según Arteaga y Luna, (2022) en su investigación "Evaluación estructural del pavimento flexible, tramo puente Lampanin – Psj Las Flores, distrito Cáceres del Perú - Jimbe 2021", el propósito fue examinar el comportamiento estructural del pavimento flexible en el tramo mencionado. La investigación no fue experimental y utilizó un diseño transversal que abarcó aspectos descriptivos y explicativos. En cuanto a los espesores del pavimento existente, se encontró que la base y la subbase tienen un espesor que oscila entre 20 y 22 centímetros, mientras que la capa asfáltica tiene un espesor que oscila entre 2 y 3 centímetros, con una composición media de asfalto de 3,54%. El valor mínimo del índice de comportamiento del suelo (CBR) con un contenido de humedad de saturación (MDS) del 95% fue del 21,8%. Así lo determinaron las pruebas realizadas para establecer la capacidad portante del suelo. Con base en estos resultados, se determinó construir un paquete de pavimento estructural, considerando una carpeta asfáltica de 5.08 centímetros de espesor y una cimentación de 25 centímetros de profundidad, de acuerdo con las normas para diseño estructural. De acuerdo con el conteo vehicular que se realizó, el cual indicó un promedio de 667 vehículos ligeros por día y 69 vehículos pesados por día, se determinó que el IMDa es de 735 vehículos por día. De acuerdo con el Manual de rutas de la DG2018, la ruta se categorizó como carretera de segunda clase después de tener en cuenta esta información. El IMDa se utilizó para calcular el Número Eslas (ESAL), que dio



como resultado un valor de 304.574. Este número corresponde a un tipo de tráfico T. Este número corresponde a un tipo de tráfico Tp2, que se utilizó para el diseño del firme. Una vez finalizada la evaluación de la estructura del pavimento, se determinó que la capa asfáltica tenía un espesor medio de entre dos y tres centímetros. El grosor variaba entre 20 y 22 centímetros tanto para la base como para la subbase. Además, el porcentaje típico de asfalto era del 3,44%. Se descubrió que los materiales agregados tenían los siguientes porcentajes: gravas (63,83%), arenas (28,67%) y finos (7,5%). Además, los materiales agregados tenían un contenido de humedad del 2,34% y un índice de plasticidad (IP) del 2,27%. Según el método SUCS, los materiales se clasificaron como GPGM, que significa «grava mal graduada con limo y arena». Por otro lado, la Sociedad Americana de Funcionarios de Transporte por Carretera (ASHTO) los clasificó como A-1-a (0). En cuanto a los valores CBR que se obtuvieron para las distintas partes de la carretera, se descubrieron los siguientes resultados C-1: 74%, C-2: 42%, C-3: 55,30%, y C-4: 21,8% cada una. De acuerdo con las normas del Manual de Carreteras, que estipulan que el CBR debe ser superior al 10% e inferior al 20%, se midió el CBR al 95% del MDS y se clasificó en la categoría de subrasante buena (S4). Esta clasificación se consiguió cumpliendo las especificaciones. Tras la realización de los estudios, se determinó que el paquete estructural existente no cumple los requisitos necesarios para acoger el volumen de tráfico que la carretera puede soportar actualmente. Por este motivo, se propuso un rediseño del pavimento siguiendo las normas pertinentes y los principios establecidos. Teniendo en cuenta una base de 25 centímetros y una capa de rodadura de 5,08 centímetros, el diseño revisado tiene en cuenta el IMDa de la región, así como el CBR que se calculó para la subrasante.

Según Chimaico, (2021), en su investigación "Evaluación estructural para determinar las patologías en el pavimento flexible del tramo Ronchas – Chupaca – Provincia de Chupaca - 2020", tiene como objetivo principal determinar, a través de la evaluación estructural, las patologías que afectan el pavimento flexible de dicho tramo.



Este estudio se enfoca en una serie de fallas asfálticas que están afectando negativamente la economía, el bienestar y el desarrollo del distrito de Chupaca. El enfoque metodológico de esta investigación corresponde a un diseño no experimental de tipo descriptivo. Este tramo tiene una longitud de 1 kilómetro, y en él se realizaron 4 calicatas de 1 m de ancho, 1 m de largo y 1.5 m de profundidad, distribuidas de la siguiente manera: una al margen derecho y tres al margen izquierdo del carril, en función de las deformaciones observadas en los sectores seleccionados. Se observó una superficie irregular, especialmente en el carril izquierdo, donde se evidenciaron deformaciones permanentes como ahuellamientos, huecos y pulimiento de agregados. El contenido promedio de asfalto en la capa asfáltica fue de 6.17%. Base (Estrato 1): La humedad fue de 5.8%, con una densidad Proctor promedio de 2.26 g/cm³ y un valor de CBR superior al 100% para la penetración de 0.1". El índice de plasticidad fue nulo, y el espesor de la capa varió entre 0.20 m y 0.25 m. Subbase (Estrato 2): La humedad fue de 6.1%, con una densidad Proctor promedio de 2.28 g/cm³. El CBR para la penetración de 0.1" fue superior al 80%, y el índice de plasticidad también fue nulo. El espesor de la subbase varió entre 0.20 m y 0.25 m. Subrasante (Estrato 3): La humedad fue de 7.2%, con una densidad Proctor promedio de 2.19 g/cm³. El CBR para la penetración de 0.1" fue superior al 55%, y el índice de plasticidad fue de 9.4%. El espesor de la subrasante varió entre 0.20 m y 0.30 m. Terreno Natural (Estrato 4): La humedad fue de 9.1%, con una densidad Proctor promedio de 2.10 g/cm³. El CBR para la penetración de 0.1" fue superior al 40.8%, y el índice de plasticidad fue de 8.8%. Aproximadamente 0,80 metros era el espesor del suelo nativo. En cuanto a la evaluación realizada a través de la utilización de la técnica de PCI, se realizaron nueve unidades de muestreo para cada carril de acuerdo con la fórmula que se utiliza para calcular el PCI. En el lado izquierdo, se encontraron dos unidades que fueron categorizadas como «pobres» en los kilómetros progresivos 268+150 - km. 268+200 (con un ICP de 29) y km. 268+750 - km. 268+800 (con un ICP de 36). Ambas unidades se incluyeron en los kilómetros progresivos. Se observó una patología con un ICP de 31 en



la progresión gradual desde el km. 268+400 al km. 268+350, que se encontraba en el lado derecho de la línea.

Según Mauricio, (2023) en su estudio titulado "Diagnóstico del diseño estructural del pavimento flexible correspondiente a la calle Progreso, situada en La Quebrada, distrito de San Luis, realizado en el 2023", tiene como objetivo realizar un análisis y evaluación de los parámetros de diseño de la estructura del pavimento flexible, utilizando la metodología AASHTO 93. En este análisis se consideraron diversos factores, entre los cuales se destacan el factor W18, las características del tráfico vehicular, los factores de carga (FEC) y la tasa de crecimiento vehicular anual. Estos elementos permitieron obtener los ejes equivalentes W18 en función del periodo de diseño, obteniéndose los siguientes valores: para un periodo de 10 años, un factor W18 de 453,000; para 15 años, un factor W18 de 736,000; y para 20 años, un factor W18 de 1,060,000. Además, se evaluó la capacidad del suelo para soportar el peso de la estructura, utilizando el índice CBR (California Bearing Ratio). Para el diseño, se seleccionó un valor de CBR de 15.60%, con un valor mínimo de 6% para la subrasante. Este parámetro influye directamente en el cálculo del número de ciclos de carga (SN), el cual es crucial para determinar los espesores de la estructura del pavimento. Con un CBR de 6%, se obtuvieron los siguientes valores de SN para los distintos periodos de diseño: 2.66 para 10 años, 2.96 para 15 años y 3.35 para 20 años. Por otro lado, con un CBR de 15.60%, los valores de SN fueron 2.11 para 10 años, 2.35 para 15 años y 2.62 para 20 años. El SN es un indicador clave en el diseño de pavimentos, ya que determina los espesores necesarios para cada capa de la estructura. Para la estructuración final del pavimento, se calculó el SN requerido utilizando los coeficientes estructurales. Con un CBR de 15.60%, los valores de SN requeridos fueron los siguientes: 2.14 para un periodo de 10 años, 2.38 para 15 años y 2.87 para 20 años. Estos valores muestran una diferencia significativa respecto a los valores de SN calculados, lo que refleja la influencia de las condiciones del suelo en el diseño. En conclusión, se observa que a medida que el periodo de diseño aumenta, también lo hacen los espesores de la estructura



del pavimento. Además, cuando la capacidad de soporte del suelo (CBR) es baja, los espesores son mayores. Para un periodo de diseño de 20 años, la estructura final del pavimento consistiría en una carpeta asfáltica en caliente de 8 cm, una base granular de 20 cm y una subbase granular de 10 cm.

Según Milla, (2021) en su estudio titulado "Evaluación del pavimento flexible de la Avenida Los Pescadores hasta la Avenida Camino Real, Chimbote, Ancash – 2021. Propuesta de mejora", el objetivo principal de la «propuesta de mejora» fue evaluar el estado actual y las condiciones del pavimento flexible en la parte antes descrita. Para ello, se realizaron varios análisis. Uno de estos análisis consistió en la determinación de los perfiles estratigráficos del pavimento mediante los pozos de ensayo C-1 y C-2. Los resultados de este análisis revelaron que se encontró el tipo de clasificación de suelo GP, que significa «grava pobremente graduada». Por otro lado, en los sondeos C-3, C-4, C-5 y C-6 se observó un tipo de clasificación de suelo designado como SP (arena pobremente graduada). Ambos suelos fueron clasificados como AASHTO (A-1-a) según la norma MTC E-101. Arena, granulometría gruesa y un bajo porcentaje de partículas son las características distintivas de estos suelos a los que se definen. En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del pavimento flexible, se encontró que tanto la base como la subrasante del pavimento presentaban una clasificación de suelo GP (grava pobremente graduada) y SP (arena pobremente graduada), respectivamente. Esto se descubrió analizando las características del suelo de la base y de la subrasante. Tras realizar las pruebas CBR, se determinó que la base granular tenía un valor de 51,80%. Esta cifra no cumple con los valores mínimos que establece la norma CE.010 Pavimentos Urbanos, que estipula que la base debe tener un CBR igual o superior al 80%. Además, la prueba de lavado asfáltico que se realizó en los pozos de ensayo arrojó un cuatro por ciento y un cuatro y medio por ciento, respectivamente. Teniendo en cuenta que las leyes exigen una composición de asfalto que oscile entre el 5% y el 7%, estos resultados sugieren que el porcentaje de contenido de asfalto es inadecuado. Esto da crédito a la



conclusión de que el diseño del pavimento existente es insuficiente, y que es necesario reconstruir el pavimento de una manera que se adapte a las características de la porción que fue analizada. De acuerdo con la metodología del Índice de Estado del Pavimento (IEP), se concluyó que el pavimento flexible desde la Avenida Los Pescadores hasta la Avenida Camino Real se encuentra en muy mal estado. A esta conclusión se llegó en referencia al estado general del pavimento. Del mismo modo, la técnica VIZIR lo sitúa en un estado regular debido a los defectos en la estructura del pavimento. Esta clasificación es aplicable a la situación. Debido a que el valor CBR en la base fue de 51,80% y en la subrasante alcanzó sólo 6,6%, el estudio también indicó que la base y la subrasante no cumplen con los criterios legales. Esto se debe a que el valor CBR en la base es insuficiente para garantizar la estabilidad y durabilidad del pavimento a largo plazo.

2.1.3 Antecedente local

Según Flores, (2023) en su investigación "Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca - Caracoto, Puno 2021", tuvo como objetivo determinar la variación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles en función del tipo de suelo de subrasante en la mencionada carretera. La metodología empleada fue el método científico, con un enfoque de investigación aplicada, nivel explicativo y diseño experimental. Los resultados obtenidos indican que, en el caso del suelo tipo A-2, se registraron deflexiones de 0.58×10^{-2} mm y 0.54×10^{-2} mm, con una deformación máxima de deflexión de 74×10^{-2} mm y una deflexión crítica de 81×10^{-2} mm. Además, la fatiga asociada al esfuerzo vertical de $\sigma_Z = 3.46$ TN/m² se presentó conforme al incremento del índice vehicular, que varió de 3.33×10^6 a 5.03×10^6 , alcanzando deflexiones máximas de 74×10^{-2} mm. Por otro lado, en el caso del suelo tipo A-4, se registró una deflexión de 0.81×10^{-2} mm, con una fatiga crítica de $\sigma_Z = 3.46$ TN/m², una deflexión admisible de 74×10^{-2} mm, una deflexión crítica de 81×10^{-2} mm, y una deflexión característica de 129.15×10^{-2} mm. En cuanto a los resultados de los



estudios de curvatura, se observó que el 98.33% de los 60 puntos evaluados cumplían con el radio de curvatura, mientras que el 1.66% no cumplían con este criterio. Además, mediante el ensayo de la viga Benkelman, se obtuvieron los siguientes resultados en relación al comportamiento estructural del pavimento: el 38% mostró un comportamiento "malo", el 16% fue "regular" y el 76% presentó un comportamiento "bueno". Esto sugiere que la subrasante de la mayor parte de la vía está adecuadamente tratada. Finalmente, se concluye que es crucial realizar estudios de suelos previos a la ejecución de un pavimento, ya sea flexible o rígido, para contar con datos precisos que permitan un diseño adecuado del pavimento, considerando el índice vehicular diario. Estos dos factores son fundamentales, ya que determinan las características estructurales del pavimento.

Según Aliaga, (2021) en su investigación "Evaluación estructural del pavimento del óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria, Juliaca, Puno, 2021", El objetivo principal fue evaluar la estructura del pavimento en esta área, analizando tanto el pavimento flexible como el pavimento rígido que conforman el tramo de estudio. Para ello, se realizaron diversos ensayos, tales como deflectometría, análisis granulométrico, Proctor modificado, límites de consistencia y CBR. Los resultados obtenidos en la deflectometría indican que el pavimento presenta una deflexión de Tipo II. Este tipo de deflexión sugiere un comportamiento estructural deficiente de la subrasante, mientras que el pavimento mismo exhibe un buen comportamiento estructural. En cuanto a las propiedades de la subbase, los resultados del análisis granulométrico muestran que la distribución de partículas se encuentra ligeramente fuera de los estándares establecidos por la norma ASTM D422. La máxima densidad seca alcanzada fue de 2.05 g/cm^3 , con un índice plástico promedio de 3.31% y un CBR al 100% de 65.3%. Por su parte, en el análisis de la base, los valores también se encuentran mínimamente fuera de los límites establecidos por la misma norma. La máxima densidad seca fue de 2.089 g/cm^3 , el índice plástico promedio fue de 1.92% y el CBR al 100% alcanzó un promedio de 91.9%. A partir de los análisis, se concluye lo siguiente: el pavimento flexible presenta un bajo nivel de



deterioro, mientras que el pavimento rígido muestra un mayor grado de deterioro. Este deterioro se debe principalmente a que la base del pavimento rígido no cumple con los requisitos normativos, aunque la subbase cumple, en su mayoría, con los estándares exigidos.

Según Apaza, (2021), en su investigación "Evaluación superficial del pavimento flexible por el método PCI para el mejoramiento de la avenida Circunvalación Noroeste, Juliaca-2021" tiene la finalidad de determinar el porcentaje del área afectada, los tipos de daños y la severidad de los mismos, el objetivo principal de esta investigación es evaluar la función superficial del pavimento flexible de la Av. Circunvalación Noroeste de la ciudad de Juliaca utilizando el método PCI. Esta evaluación se realizará con la finalidad de proponer alternativas de solución. Este estudio es un ejemplo de investigación de tipo evaluativo que se realiza a nivel de aplicación. Adopta un enfoque mixto, ya que incorporará datos cualitativos y cuantitativos durante el proceso de recopilación, evaluación y combinación de la información. Para empezar, se llevaron a cabo investigaciones destructivas (calicatas) con el fin de recopilar los datos. Una vez finalizados estos estudios, se extrajeron muestras que se enviaron al laboratorio para su análisis conforme a las normas y procedimientos establecidos. En la etapa siguiente, se utilizó el método PCI para examinar la superficie. Según los resultados obtenidos en las pruebas de laboratorio, puede deducirse que los problemas geotécnicos que provocaron los fallos del pavimento se sitúan en los cimientos de la construcción del pavimento. Tras realizar las pruebas, se descubrió que el CBR en las tres fosas de prueba era inferior al 100%, siendo la fosa de prueba 3 la que presentaba la cifra más baja, que era del 70%. Además, se descubrieron índices de plasticidad superiores al 2%, similares al descubierto en la fosa de prueba 1, que tenía un 4,64%. Además de esto, se descubrió que la granulometría de las muestras no estaba dentro de los parámetros que se habían establecido en los tres pozos de prueba. Por último, pero no por ello menos importante, el índice de estado del pavimento (PCI) que



se obtuvo fue de 31, lo que indica que el pavimento se encuentra en mal estado y exige que se sustituya la capa asfáltica.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimento

El pavimento es un componente fundamental en la construcción de vías, que consiste en una serie de capas organizadas de manera horizontal. Estas capas son diseñadas de forma técnica y construidas utilizando materiales apropiados, los cuales se compactan adecuadamente para garantizar su resistencia. Esta estructura estratificada reposa sobre la subrasante, que es el terreno preparado durante las labores de excavación y nivelación previas a la construcción. El propósito principal de estas capas es soportar de manera eficiente las cargas que provienen del paso de los vehículos, asegurando su desempeño durante el período para el que fue planeada la estructura del pavimento (De La Cruz, 2021).

Según la Norma Americana AASHTO (1993), existen dos enfoques principales para definir lo que constituye un pavimento: la perspectiva de la ingeniería y la del usuario. Desde el punto de vista de la ingeniería, el pavimento se considera un componente estructural que se apoya sobre el terreno de fundación, conocido como subrasante. Esta subrasante debe estar adecuadamente preparada para soportar un conjunto de capas de diversos espesores, conocido como "paquete estructural", que ha sido diseñado para resistir las cargas externas durante un período de tiempo determinado.

Por otro lado, desde la perspectiva del usuario, el pavimento se ve como una superficie que debe proporcionar comodidad y seguridad a los conductores, garantizando un tránsito fluido y eficiente. Es decir, el pavimento debe ofrecer un servicio de calidad que permita el desplazamiento vehicular con las mejores condiciones posibles (Cavero, 2022).

De manera general, el pavimento se puede definir como una estructura compuesta por varias capas horizontales superpuestas, diseñadas para resistir de manera efectiva los



esfuerzos generados por las cargas repetidas del tráfico a lo largo del tiempo para el cual ha sido diseñado. Estas capas son construidas utilizando materiales apropiados, que se compactan de forma adecuada para garantizar su resistencia. Estas estructuras estratificadas descansan sobre la subrasante, que se obtiene mediante los movimientos de tierra durante el proceso de construcción (Iturríos & Andrey, 2023).

El pavimento cumple una función crucial desde el punto de vista estructural, ya que está diseñado específicamente para soportar de manera efectiva tanto las cargas generadas por el tráfico vehicular como los diversos efectos provocados por condiciones ambientales adversas. Esta estructura se conforma mediante varias capas de materiales cuidadosamente seleccionados, los cuales son colocados estratégicamente sobre la subrasante utilizando procedimientos técnicos especializados y detalladamente controlados. La configuración del pavimento tiene el propósito de distribuir adecuadamente las cargas y las deformaciones generadas por el tráfico hacia el suelo subyacente, garantizando que dichas cargas no afecten negativamente la estabilidad ni la integridad estructural del terreno. Asimismo, proporciona una superficie continua y uniforme destinada al tránsito vehicular, lo cual contribuye notablemente a mejorar las condiciones de movilidad, al facilitar un desplazamiento vehicular más ágil, cómodo, seguro y eficiente en términos económicos (Gonzales, 2022).

▪ **Función de un pavimento**

El pavimento de una infraestructura vial, situado sobre una base adecuada, tiene como principal objetivo proporcionar una superficie de rodamiento que facilite una circulación segura y cómoda para los vehículos. Esta superficie permite que los vehículos se desplacen a la velocidad de operación deseada, garantizando una conducción eficiente y segura, independientemente de las condiciones climáticas (Huanca, 2023).

Existen distintos tipos de pavimentos que se diseñan en función de varios factores, como el tipo de vehículo que utilizará la vía, el volumen de tráfico esperado y las condiciones ambientales específicas de la región. Por ejemplo, un pavimento para una

autopista de alta velocidad debe ser capaz de soportar no solo vehículos de gran tamaño y peso, sino también una carga de tráfico elevada, mientras que una vía rural puede requerir un diseño diferente, adaptado a menores volúmenes de tránsito (Rojas, 2023).

En el caso de caminos sin pavimentar, como los de tierra, las malas condiciones operativas pueden generar importantes limitaciones, tales como una reducción en la velocidad máxima de los vehículos y restricciones en la carga que estos pueden transportar. Además, estas vías sin pavimentar tienden a aumentar los costos operativos, debido a que requieren mayores mantenimientos y un mayor consumo de combustible, dado que los vehículos deben adaptarse a terrenos irregulares.

Una carretera de tierra también depende en gran medida de las condiciones climáticas, ya que la lluvia, el calor extremo o las heladas pueden deteriorar la superficie vial, afectando su funcionalidad. Por lo tanto, un buen sistema de drenaje es fundamental para mantener la integridad del pavimento y asegurar que el tráfico no se vea afectado por charcos, baches o deslizamientos de tierra (Fares et al., 2024).

▪ **Factores que afectan el comportamiento de los pavimentos**

El diseño de un pavimento debe optimizarse desde una perspectiva integral, considerando aspectos estructurales, de resistencia y funcionalidad, al mismo tiempo que se minimizan los costos asociados. Estos costos incluyen no solo la construcción, sino también el mantenimiento y la operación del pavimento a lo largo de su vida útil, que puede variar entre 15 y 40 años. Para lograr una solución eficiente, se deben tener en cuenta diversos factores que afectan el comportamiento del pavimento, los cuales guiarán las decisiones en cuanto a las dimensiones y composición de las distintas capas que lo conforman (Melchor, 2023).

A continuación, se describen los factores principales que deben considerarse en el diseño de un pavimento:

- Efectos del Medio Ambiente: Aunque aún no se ha incorporado completamente en los métodos de diseño, los efectos del medio ambiente son un factor clave en la



durabilidad y comportamiento de los pavimentos. El agua es uno de los agentes más influyentes, ya que puede afectar los materiales de diferentes maneras. La presencia de agua puede alterar propiedades esenciales como la cohesión, la resistencia al corte, la corrosión y la erosión de los materiales, así como el grado de compactación y los ciclos de expansión y contracción. Además, puede acelerar el envejecimiento del asfalto y reducir la adherencia entre el asfalto y los agregados. La influencia de estos factores climáticos debe ser considerada, especialmente en zonas con condiciones extremas de humedad o sequedad, lo cual puede alterar significativamente la funcionalidad del pavimento a lo largo del tiempo (Cajo, 2021).

- **Características de los Materiales:** Los materiales que componen el pavimento juegan un papel fundamental en su desempeño. La resistencia de estos materiales se evalúa principalmente a través del valor relativo de soporte, un parámetro que mide su capacidad para soportar cargas. Sin embargo, en métodos de diseño más modernos, también se emplea el módulo de resiliencia (MR), que mide la capacidad del material para recuperarse después de una deformación. Ambos parámetros están estrechamente relacionados, y su consideración ayuda a determinar la adecuación de los materiales elegidos para las condiciones del tráfico y del medio ambiente de la vía (Cajo, 2021).
- **Efectos del Tránsito:** El impacto del tránsito sobre el pavimento es uno de los factores más determinantes en el diseño. En este sentido, se debe prestar especial atención a la mayor carga por eje, que es un factor crítico en la determinación de la estructura del pavimento. Las cargas que los vehículos ejercen sobre la superficie afectan la capacidad de soporte y la vida útil del pavimento, por lo que es esencial tener en cuenta tanto el peso de los vehículos como la frecuencia de su paso. El diseño debe contemplar estas cargas durante todo el ciclo de vida del pavimento, asegurando que la estructura pueda soportarlas sin degradarse prematuramente (Cajo, 2021).

- Factores Económicos: Aunque el costo siempre es un factor determinante en el diseño de pavimentos, debe tenerse en cuenta que la inversión inicial más baja no siempre es la opción más rentable a largo plazo. Si bien es comprensible que las entidades responsables de la construcción busquen optimizar el presupuesto, la minimización de costos en la fase de construcción puede resultar en mayores gastos durante el mantenimiento y operación del pavimento a lo largo de su vida útil. Los factores económicos no solo incluyen la inversión inicial, sino también los costos de mantenimiento y reparación, así como los impactos de una posible degradación prematura del pavimento. En ocasiones, un diseño con una inversión inicial ligeramente mayor puede traducirse en menores costos a largo plazo, evitando gastos adicionales por reparaciones frecuentes o por una mayor inversión en la gestión del tráfico (Cajo, 2021).

2.2.1.1 Clasificación de los pavimentos

La clasificación de los pavimentos depende fundamentalmente de cómo se transfieren las cargas desde la superficie superior, denominada capa de rodadura, hacia la subrasante, que es el suelo natural sobre el cual se apoya toda la estructura. Adicionalmente, esta clasificación contempla la posible necesidad de reemplazar una o más capas del pavimento debido a múltiples factores condicionantes, entre los cuales destacan las propiedades y resistencia del suelo subyacente, la calidad y características del material empleado en las distintas capas, el volumen e intensidad del tránsito que recibe la vía, así como otros elementos significativos que puedan influir en la vida útil y desempeño del pavimento (Liu et al., 2024).

▮ **Pavimentos Flexibles**

Se denominan pavimentos flexibles aquellos que están conformados por una capa de material bituminoso, la cual se apoya sobre una o más capas de materiales con gran flexibilidad. Estas capas flexibles permiten que las tensiones generadas por el tráfico se

disipen gradualmente hacia el terreno de soporte o la fundación, con la intensidad de dichas tensiones disminuyendo a medida que se profundiza. Este tipo de pavimento tiene una vida útil estimada entre 10 y 15 años, aunque requiere un mantenimiento constante para asegurar que se alcance su período de vida previsto. Este mantenimiento es crucial para mantener sus propiedades estructurales y funcionales a lo largo del tiempo (Torres, 2021)

▪ **Pavimentos Semirrígidos**

Los pavimentos semirrígidos presentan una configuración estructural muy parecida a la de los pavimentos flexibles; no obstante, se diferencian claramente debido a que una o varias de sus capas incluyen aditivos específicos que les otorgan una mayor resistencia y rigidez, tales como cemento, asfalto modificado, cal u otros materiales con propiedades cementantes. En los últimos años, ha surgido y ganado aceptación una variante particular de estos pavimentos, comúnmente identificada como "pavimento mixto" o "pavimento semirrígido". Esta innovadora configuración estructural tiene la particularidad de permitir que las cargas vehiculares y las tensiones derivadas de ellas sean transmitidas hacia la subrasante a través de dos mecanismos principales. Por un lado, mediante la disipación parcial de los esfuerzos generados, característica propia de los pavimentos flexibles, y, por otro lado, mediante una distribución más uniforme y rígida de dichas cargas, típica de los pavimentos rígidos. Esta combinación origina un comportamiento estructural híbrido, que aprovecha las ventajas particulares de ambos tipos de pavimentos y permite obtener una respuesta equilibrada y eficaz frente a las solicitaciones del tránsito y las condiciones ambientales. De esta manera, el pavimento semirrígido o mixto constituye una alternativa atractiva en la ingeniería vial moderna, ofreciendo simultáneamente flexibilidad y resistencia, lo cual prolonga su durabilidad y mejora su desempeño estructural en el tiempo (Salgado & Sotomayor, 2024).

▪ **Pavimentos Rígidos**

Los pavimentos rígidos están conformados principalmente por una losa de concreto hidráulico colocada directamente sobre la subrasante o sobre una capa intermedia de material granular cuidadosamente seleccionado, conocida generalmente como subbase. La notable rigidez del concreto hidráulico, sumada a su alto coeficiente de elasticidad, permite que las tensiones generadas por las cargas vehiculares se distribuyan de manera eficiente y extensa sobre una superficie significativamente mayor que en otros tipos de estructuras de pavimentación.

Aunque generalmente el costo inicial asociado a la construcción de pavimentos rígidos suele ser más elevado en comparación con los pavimentos flexibles, esta inversión inicial se justifica ampliamente debido a su larga vida útil, la cual oscila habitualmente entre los 20 y 40 años dependiendo del diseño y las condiciones específicas de operación. Por esta razón, representa una solución estructural altamente atractiva para proyectos donde se buscan resultados sostenibles a largo plazo (Salgado & Sotomayor, 2024).

En términos de mantenimiento, el pavimento rígido requiere menos intervenciones preventivas y correctivas en comparación con otras opciones de pavimentos, enfocándose principalmente en labores específicas relacionadas con las juntas entre las losas de concreto. Estas juntas son elementos clave que necesitan atención periódica, ya que su mantenimiento asegura la conservación de la integridad estructural y el desempeño adecuado del pavimento durante todo su ciclo de vida operativo (Salgado & Sotomayor, 2024).

▪ **Pavimentos Articulados**

Los pavimentos articulados se caracterizan por estar formados por una capa de rodadura compuesta por bloques prefabricados de hormigón, conocidos como adoquines, que tienen un grosor uniforme y son idénticos entre sí. Estos adoquines pueden colocarse sobre una fina capa de arena, cuya calidad dependerá de diversos factores, como el tamaño y la frecuencia de las cargas de tránsito. A su vez, esta capa de arena puede



descansar sobre una base granular o directamente sobre la subrasante, dependiendo de las condiciones específicas del terreno y del diseño del pavimento. Los pavimentos articulados son una opción práctica y resistente para ciertas aplicaciones, especialmente cuando se busca flexibilidad y facilidad en el mantenimiento y reemplazo de los bloques.

2.2.2 Pavimento asfáltico

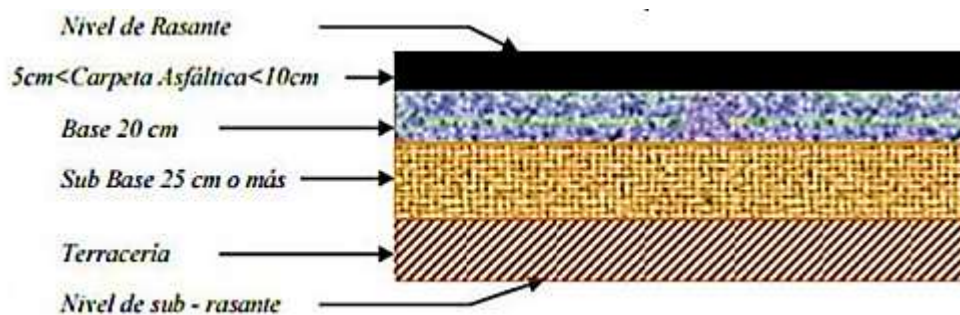
Los pavimentos asfálticos, comúnmente identificados como pavimentos flexibles, están integrados por una capa superior elaborada a partir de una mezcla bituminosa especial, resultado de la combinación cuidadosa entre asfalto y agregados granulares seleccionados. Esta capa superior o superficie de rodadura es la encargada de entrar en contacto directo con los vehículos en tránsito, permitiéndole experimentar pequeñas deformaciones elásticas frente a las cargas que recibe constantemente. La composición estructural de los pavimentos flexibles está formada por varias capas dispuestas estratégicamente, donde la superficie asfáltica reposa sobre una base granular firmemente compactada, seguida por una subbase que igualmente se somete a procesos rigurosos de compactación mecánica para garantizar una mayor estabilidad y resistencia estructural (De La Cruz Sayas, 2021)

Una ventaja significativa del pavimento flexible radica en su menor costo inicial durante la etapa constructiva, especialmente si se compara con la alternativa del pavimento rígido. En términos de durabilidad, estos pavimentos pueden alcanzar una vida útil que oscila entre 15 y 25 años, particularmente en vías con bajos niveles de tránsito vehicular, según reportes proporcionados por AASHTO (1993). Sin embargo, cabe destacar que una de sus principales limitaciones reside en su necesidad constante de mantenimiento y conservación. Esta característica implica que, en ausencia de intervenciones frecuentes y adecuadas, los pavimentos flexibles tienden a deteriorarse con rapidez, principalmente debido al desgaste progresivo producido por el tráfico frecuente y a los efectos negativos del medio ambiente.

Una característica distintiva del pavimento flexible es su capacidad para distribuir las tensiones generadas por el tránsito. Estas tensiones se distribuyen a través de pequeñas deformaciones en la capa superior, que se transmiten hacia las capas inferiores (base, subbase y subrasante). A medida que estas tensiones descienden en las capas, su intensidad disminuye, lo que contribuye a una mayor resistencia estructural en las capas más profundas del pavimento (Moyano & Salazar, 2021).

Figura 1

Pavimento asfáltico



Nota. Tomada de (Moyano & Salazar, 2021).

2.2.2.1 Componentes del pavimento flexible

▪ Carpeta Asfáltica

La carpeta asfáltica es una capa delgada que se coloca en la superficie del pavimento, compuesta principalmente por una mezcla de material bituminoso (asfalto) y agregados, diseñada para proporcionar una superficie de rodadura adecuada y durable. Su función principal es proteger las capas subyacentes, evitando que los esfuerzos destructivos generados por el tránsito, como el desgaste y las cargas, afecten la base o la subbase. Además, actúa como una barrera contra la infiltración de agua, que de lo contrario podría debilitar las capas inferiores del pavimento (Pallasco, 2018).

Para asegurar su eficacia, es crucial determinar el contenido óptimo de asfalto en la mezcla, ya que tanto un contenido insuficiente como un exceso de asfalto pueden

comprometer la estabilidad y durabilidad de la capa. Un contenido insuficiente puede resultar en una capa poco resistente, mientras que un exceso puede provocar que la superficie se vuelva resbalosa y pierda adherencia, además de reducir la estabilidad estructural de la carpeta. La calidad del asfalto y la correcta dosificación de los materiales son elementos clave para garantizar el rendimiento de esta capa (Gaita, 2022).

La capa de rodadura, también conocida como "carpeta", se compone principalmente de un material pétreo de calidad seleccionada, unido por un aglomerante, que en este caso es el asfalto. Para asegurar que esta capa sea capaz de resistir las cargas que recibirá a lo largo del tiempo, es crucial determinar la cantidad adecuada de asfalto que debe incorporarse en la mezcla. Si se utiliza un exceso de asfalto, esto puede comprometer la estabilidad de la estructura, provocando que la superficie pierda resistencia y, en algunos casos, se vuelva resbaladiza, lo que afectaría negativamente su funcionalidad y seguridad (Vargas, 2019).

▪ **Base**

La base es una capa estructural esencial situada justo por debajo de la superficie asfáltica o carpeta de rodadura y colocada directamente sobre la subbase del pavimento. Su función principal consiste en recibir y resistir las cargas generadas por el tráfico vehicular constante, redistribuyendo de manera eficiente dichas cargas hacia las capas inferiores. De esta manera, la base actúa como un elemento clave que proporciona soporte mecánico y estabilidad al conjunto del pavimento, garantizando que la estructura total pueda resistir y adaptarse adecuadamente a los esfuerzos mecánicos que experimenta día a día (Huang et al., 2024).

Para cumplir eficazmente con esta función crítica, la capa de base debe construirse utilizando materiales que posean alta resistencia mecánica, estabilidad dimensional y durabilidad frente al desgaste progresivo. Normalmente, estos materiales incluyen gravas seleccionadas, piedras trituradas con características específicas, o mezclas cuidadosamente formuladas a partir de agregados naturales. La correcta elección y



preparación de estos materiales es fundamental para asegurar una distribución uniforme y eficiente de las cargas aplicadas, prolongando así la vida útil del pavimento y contribuyendo directamente a mejorar su desempeño estructural a largo plazo (Huang et al., 2024).

Además de su función estructural, la base también desempeña un papel fundamental en la protección de las capas inferiores, evitando la deformación de la subbase y subrasante. En algunos casos, las bases pueden ser estabilizadas con aditivos como cemento Portland o mezclas bituminosas, con el objetivo de aumentar su resistencia y garantizar una mayor durabilidad frente a los esfuerzos repetitivos del tráfico. La correcta calidad y composición de los materiales de la base son fundamentales para prevenir fallos prematuros en el pavimento (Ren et al., 2024).

La base es la capa encargada de soportar la mayor parte de los esfuerzos generados por el paso del tráfico vehicular. Su función primordial es proporcionar la resistencia necesaria para transmitir estas cargas hacia la subbase y la subrasante, asegurando que dicha transmisión se haga de manera adecuada y con la intensidad necesaria. Además de esta función estructural, la base cumple una segunda función importante relacionada con el drenaje, ya que previene la ascensión capilar del agua, un factor que podría comprometer la integridad de la capa.

Los materiales empleados para la base deben pasar por rigurosos procesos de selección y tratamiento, como el triturado, que permite obtener partículas con formas óptimas para mejorar la resistencia y la capacidad de deformación de la estructura final. Aparte del proceso de trituración, también es necesario cumplir con otras especificaciones técnicas, como el tamizado del material, para asegurar su calidad. El espesor de la base puede variar considerablemente según las características y los requerimientos específicos del proyecto, aunque, como regla general, se establece que el espesor mínimo debe ser de 12 a 15 cm para garantizar una adecuada capacidad de carga y estabilidad (Demir et al., 2023).

▪ **Subbase**

La subbase constituye una capa estructural situada estratégicamente entre la subrasante natural del terreno y la capa base del pavimento. Aunque desde un punto de vista técnico su función puede parecer menos crítica comparada con la base, desempeña una tarea vital y complementaria dentro del sistema integral del pavimento. Su rol esencial radica en contribuir a una adecuada distribución de las cargas generadas por el tránsito vehicular, transfiriendo y disipando estos esfuerzos hacia la subrasante de forma gradual y controlada, evitando así concentraciones excesivas de carga que puedan afectar la estabilidad del terreno subyacente. Además, esta capa subbase cumple un papel importante en la protección del conjunto estructural del pavimento, ya que mejora significativamente el comportamiento general frente a condiciones ambientales adversas. Concretamente, actúa facilitando el drenaje de las aguas provenientes de lluvias, escurrimientos superficiales o infiltraciones internas, evitando así la acumulación de humedad excesiva que podría debilitar o degradar las capas inferiores y reducir considerablemente la vida útil del pavimento (Beskou & Muho, 2023).

Además, la subbase actúa como una barrera para la ascensión capilar de la humedad proveniente de la subrasante, lo que podría afectar la integridad del pavimento. Dependiendo de las condiciones del terreno, la subbase puede ser estabilizada con materiales como cal o cemento para mejorar su capacidad de carga y su comportamiento frente a la humedad. La selección adecuada de los materiales de la subbase es clave para asegurar la estabilidad y la vida útil del pavimento (Nuñez, 2022).

▪ **Subrasante**

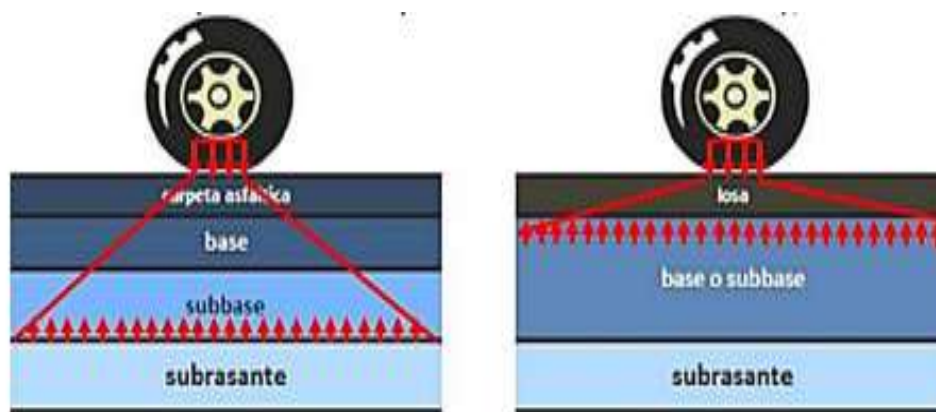
La subrasante es la capa de suelo natural que se encuentra debajo de la subbase. Su función es proporcionar el soporte estructural final para todo el pavimento. Para que esta capa cumpla adecuadamente su función, debe ser compactada a su humedad óptima, previamente determinada mediante ensayos geotécnicos. La resistencia de la subrasante es fundamental, ya que influye directamente en el espesor del pavimento. En su estado

natural, el suelo de la subrasante puede no ser lo suficientemente resistente o estable, por lo que en muchos casos se recurre a técnicas de estabilización, como el uso de aditivos (cemento, cal u otros) o la sustitución de suelos de baja calidad por otros más adecuados.

La capacidad de carga de la subrasante tiene un impacto directo sobre la durabilidad del pavimento. Si el suelo tiene características inadecuadas, el espesor del pavimento debe incrementarse o se deben aplicar métodos de mejora para garantizar que pueda soportar las cargas de tráfico sin deformaciones significativas. El comportamiento de la subrasante también influye en el drenaje general del pavimento, ya que debe permitir que el agua que se infiltra desde las capas superiores sea evacuada sin afectar la estabilidad de la estructura (Capcha, 2024).

Figura 2

Comportamiento del pavimento



Nota. Tomada de (Capcha, 2024).

2.2.2.2 Tipos de fallas en un pavimento asfáltico

Los pavimentos asfálticos, como cualquier infraestructura, están sujetos a diversos tipos de fallas que pueden comprometer su funcionalidad y durabilidad. Estas fallas se clasifican principalmente en dos grandes grupos: las fallas funcionales y las estructurales. A continuación, se describen en detalle ambos tipos de fallas, así como sus causas y efectos (Khan et al., 2023).

▪ Fallas de tipo funcional

Las fallas funcionales, también conocidas como fallas superficiales, son aquellas que afectan exclusivamente la capa de rodadura del pavimento asfáltico, sin alterar la estructura subyacente de la calzada. Este tipo de fallas no se originan en problemas con la subrasante o las capas inferiores del pavimento, sino en defectos que afectan únicamente la superficie de rodadura. Entre los defectos más comunes que caen en esta categoría se incluyen:

- **Agrietamientos superficiales:** Debido al envejecimiento del material asfáltico o a la acción de factores climáticos como la radiación ultravioleta, las variaciones térmicas, o las lluvias constantes.
- **Desgaste de la superficie:** El continuo paso de vehículos, especialmente aquellos con cargas pesadas, provoca el desgaste progresivo de la superficie, lo que genera una pérdida de la textura original del pavimento.
- **Deformaciones superficiales por tráfico:** Aunque no se trata de fallas estructurales, el paso constante de vehículos puede generar huellas o deformaciones transitorias en la capa superficial, lo cual afecta la seguridad y comodidad del tránsito.

La corrección de estas fallas generalmente se lleva a cabo mediante la aplicación de capas delgadas de material asfáltico, conocidas como "tratamientos superficiales" o "rehabilitación superficial". Estos tratamientos consisten en la colocación de una nueva capa de asfalto sobre la superficie afectada, con el objetivo de mejorar la rugosidad y la impermeabilidad del pavimento, asegurando que se mantengan las condiciones adecuadas para el tránsito. Sin embargo, es importante destacar que estos refuerzos no solucionan problemas de fondo en la estructura del pavimento (Pirdavani et al., 2023).

▪ Fallas de tipo estructural

Las fallas estructurales son mucho más graves y se originan cuando existen defectos en las capas inferiores del pavimento que afectan la integridad global de la

calzada. En este tipo de fallas, el problema no se limita a la capa superficial, sino que involucra a una o varias de las capas que constituyen la estructura del pavimento, tales como la base, la subbase y la subrasante. Las causas de las fallas estructurales pueden ser muy diversas, pero algunas de las más comunes incluyen:

- Sobrecarga del pavimento: Si el volumen de tráfico o el peso de los vehículos supera la capacidad de carga que el diseño original del pavimento puede soportar, se generan deformaciones permanentes. Esto puede llevar a un hundimiento o fisuración de las capas inferiores del pavimento.
- Inadecuada preparación de la subrasante: Una subrasante mal compactada o que no cumple con las especificaciones puede llevar a asentamientos diferenciales en el pavimento, lo que genera fisuras y hundimientos en la capa de rodadura.
- Condiciones climáticas extremas: Factores como las heladas, las lluvias intensas o los cambios bruscos de temperatura pueden afectar la estabilidad estructural del pavimento, especialmente cuando las capas subyacentes no tienen la capacidad de adaptarse a estas condiciones.

Para corregir este tipo de fallas, no basta con realizar una rehabilitación superficial, sino que es necesario un reforzamiento de toda la estructura del pavimento. Esto puede implicar la incorporación de capas adicionales de material o la mejora de la subrasante, mediante técnicas de estabilización, drenaje o incluso el reemplazo de materiales deteriorados. En algunos casos, puede ser necesario rediseñar completamente la estructura del pavimento para asegurar que pueda soportar las cargas actuales y futuras de tráfico (Paz, 2024).

▬ **Causas de las fallas en el pavimento**

Las fallas tanto funcionales como estructurales pueden ser causadas por una combinación de factores relacionados con las características del material, las cargas del tráfico y las condiciones ambientales. A continuación, se detallan las principales causas que pueden originar fallas en el pavimento:



- Exceso de carga y deformaciones permanentes: Uno de los principales factores que conducen a fallas en los pavimentos asfálticos es la sobrecarga. Si el pavimento está sometido a cargas más allá de lo que fue diseñado para soportar, se desarrollan deformaciones permanentes. Estas deformaciones, acumuladas a lo largo del tiempo, pueden modificar los perfiles de la calzada hasta que se vuelvan inaceptables para la seguridad y el confort del tránsito. Las cargas pesadas y continuas, especialmente de vehículos de transporte de carga, pueden generar estas deformaciones, que en casos graves pueden llevar al colapso de la estructura del pavimento.
- Fatiga del material debido a cargas repetidas: Incluso cuando la capacidad de carga del pavimento no se ve excedida, las cargas repetidas pueden generar un fenómeno conocido como fatiga. Las capas asfálticas, que están diseñadas para resistir las cargas de manera temporal, sufren una degradación progresiva a medida que se repiten las cargas sobre ellas. Esta fatiga es más evidente cuando el pavimento está sometido a un alto volumen de tránsito pesado. El proceso de fatiga provoca que el asfalto pierda sus propiedades mecánicas, lo que reduce su capacidad para resistir deformaciones y aumenta la probabilidad de fisuración.
- Fatiga por deformación horizontal: Durante el tránsito, las capas asfálticas se flexionan debido al paso de los vehículos, lo que puede generar tensiones horizontales en la parte inferior de la capa asfáltica. Si estas tensiones superan el límite de resistencia del material, se puede iniciar un proceso de fisuración. Las fisuras progresan con el tiempo y pueden comprometer la integridad del pavimento, permitiendo la infiltración de agua, lo que acelera el deterioro.
- Condiciones climáticas y ambientales: Los cambios bruscos de temperatura, la acción de la humedad y la exposición a los rayos ultravioletas pueden acelerar la degradación del asfalto. Las temperaturas extremadamente altas pueden ablandar el asfalto, mientras que las bajas temperaturas pueden hacerlo más quebradizo. Las lluvias constantes pueden infiltrarse en las capas subyacentes y afectar la

estabilidad de la subrasante. Todo esto contribuye a la aparición de fisuras y al desgaste prematuro del pavimento.

2.2.3 Ciclo de vida de un pavimento

El ciclo de vida de un pavimento se refiere al período completo desde la planificación, diseño, construcción, mantenimiento, hasta la rehabilitación o reemplazo de la infraestructura vial. Incluye todas las fases en las que se evalúa su rendimiento, costos asociados, y las decisiones sobre su conservación. El ciclo de vida abarca la durabilidad del pavimento bajo las condiciones de tráfico y clima, así como las intervenciones necesarias para asegurar su funcionalidad a lo largo del tiempo, optimizando recursos y costos (Kaloop et al., 2023).

El ciclo de vida de un pavimento está determinado por diversas fases que se suceden a medida que el pavimento envejece y se deteriora debido al uso y las condiciones ambientales. Un diagrama de flujo puede ilustrar claramente el proceso de vida útil de un camino, comparando el impacto de un camino que recibe mantenimiento regular con otro que no lo recibe (Kumar et al., 2023). En este último caso, la falta de mantenimiento adecuado lleva inevitablemente al deterioro total de la vía, mientras que, en el caso de un mantenimiento adecuado y oportuno, el pavimento puede mantenerse funcional durante muchos años con intervenciones mínimas. A continuación, se detallan las fases del ciclo de vida de un pavimento:

▪ **Fase A: Construcción**

La fase de construcción es el comienzo de la vida útil de un pavimento. Un camino recién construido, ya sea de pavimento rígido o flexible, entra en servicio tan pronto como se completa la obra y se inaugura. En este punto, el pavimento se encuentra en sus mejores condiciones, sin signos de desgaste y completamente apto para satisfacer las necesidades de los usuarios. La superficie de rodadura es lisa, la estructura del pavimento está intacta, y las características funcionales están optimizadas para ofrecer un tránsito



seguro y eficiente. Esta fase marca el punto A en el diagrama de flujo, representando el estado inicial del pavimento, cuando las condiciones son ideales.

▫ **Fase B: Deterioro Lento**

A medida que transcurre el tiempo y el pavimento comienza a ser utilizado de forma constante, se inicia un proceso de deterioro gradual. Esta fase puede durar varios años, dependiendo de factores como el tipo de tráfico (vehículos livianos vs. pesados), las condiciones climáticas, y la calidad de la construcción inicial. Durante esta fase, el desgaste es más evidente en la superficie de rodadura, que empieza a mostrar signos de agrietamiento, desgaste de la capa asfáltica, o pérdida de la textura superficial. Sin embargo, en esta etapa, la estructura interna del pavimento generalmente sigue intacta y el pavimento aún puede soportar cargas vehiculares de manera efectiva. El daño es superficial y no suele generar problemas significativos para los usuarios, aunque es el momento adecuado para implementar un mantenimiento preventivo. La velocidad de desgaste en esta fase está influenciada no solo por el tránsito, sino también por factores ambientales, como la lluvia, el frío, y la expansión y contracción térmica (Kumar et al., 2023).

▫ **Fase C: Deterioro Rápido**

Con el paso del tiempo, el pavimento experimenta un deterioro acelerado, especialmente en la superficie de rodadura. Los daños se vuelven más visibles y graves, lo que marca el inicio de la fase de deterioro rápido. En esta etapa, los baches, grietas, y deformaciones en la superficie comienzan a multiplicarse, y aunque la estructura básica del pavimento (las capas inferiores) aún puede estar en su lugar, su capacidad para soportar el tránsito comienza a disminuir. A menudo, en esta fase, la superficie de rodadura presenta fallas severas que son fácilmente visibles a simple vista, lo que indica que la estructura interna también está siendo afectada, aunque estos daños no siempre son evidentes inmediatamente. A medida que el pavimento se deteriora, el tránsito vehicular

se ve más afectado, y los usuarios pueden experimentar una conducción incómoda y peligrosa. En muchos casos, es en esta fase cuando se requieren reparaciones más intensivas, como el fresado y la reposición de capas de pavimento, para evitar un daño mayor (Kumar et al., 2023).

▀ **Fase D: Descomposición Total**

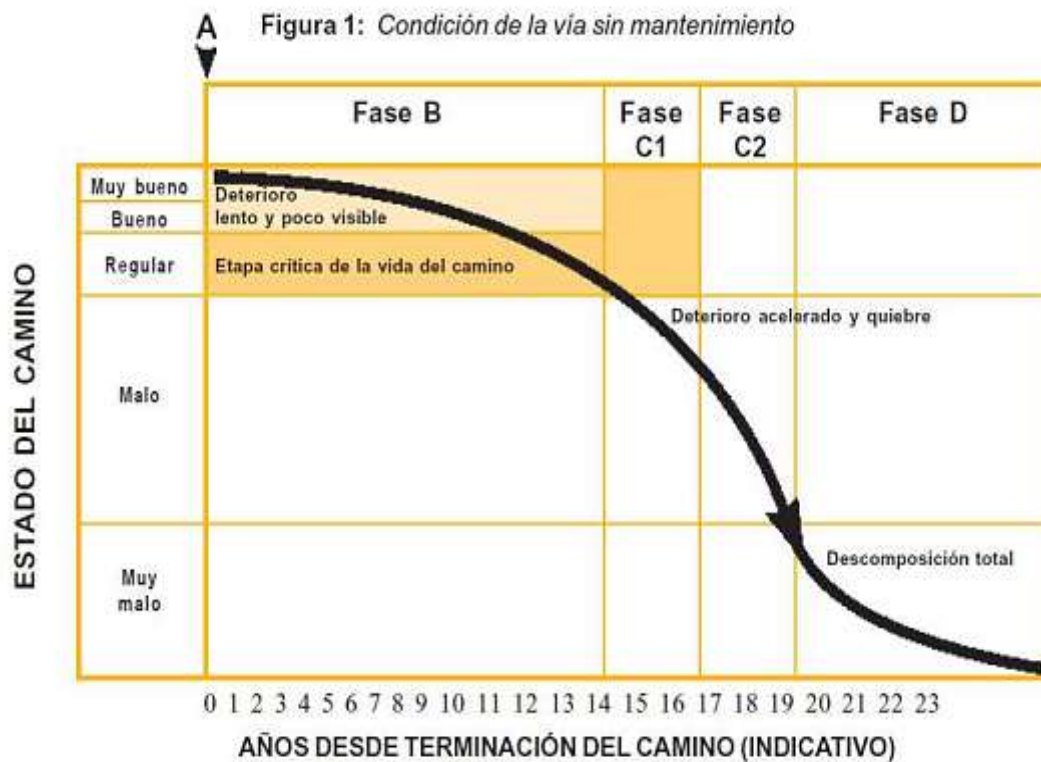
La fase final del ciclo de vida del pavimento es la descomposición total, en la que el pavimento ha alcanzado el final de su vida útil. En esta etapa, la estructura del pavimento está completamente dañada y la capacidad de soporte es mínima. El pavimento ya no puede resistir el tránsito vehicular, y la circulación de vehículos se ve gravemente obstaculizada. Los daños en la superficie son extensos y afectan no solo al pavimento, sino también a la estructura subyacente, lo que compromete la estabilidad y seguridad de la vía. La velocidad de tránsito disminuye considerablemente, ya que los vehículos deben reducir su velocidad debido a los baches, grietas y deformaciones en la superficie. Los daños a los vehículos, como neumáticos desgastados, daños en los ejes y amortiguadores, se vuelven comunes, lo que aumenta significativamente los costos operativos. Además, el aumento de los accidentes debido a las malas condiciones de la carretera es un riesgo creciente. La capacidad de la vía se ve gravemente reducida en comparación con su capacidad original, y la única circulación viable se limita a vehículos especiales o de carga pesada, capaces de soportar las condiciones extremas del pavimento deteriorado. En muchos casos, esta fase culmina en la necesidad de una rehabilitación o reconstrucción total del pavimento, lo que implica una inversión significativa (Kumar et al., 2023).

El ciclo de vida de un pavimento está marcado por un proceso natural de desgaste y deterioro, que varía dependiendo de factores como el tipo de construcción, el volumen de tráfico, las condiciones climáticas y el mantenimiento recibido. Si bien los pavimentos nuevos ofrecen condiciones óptimas de uso, el paso del tiempo y el tráfico constante generan un deterioro progresivo que puede acelerarse si no se toman medidas de mantenimiento adecuadas. La intervención periódica puede extender la vida útil del

pavimento, evitando su descomposición total y asegurando una circulación segura y eficiente durante más años. Sin embargo, cuando el pavimento llega a la fase de descomposición total, los costos de operación y los riesgos para la seguridad aumentan considerablemente, haciendo necesario un reemplazo o rehabilitación costosa.

Figura 3

Condición de la vía sin mantenimiento



Nota. Tomada de (Kumar et al., 2023).

2.2.4 Métodos destructivos

Los métodos destructivos en pavimentos se refieren a las técnicas utilizadas para evaluar la resistencia y el comportamiento de un pavimento, a través de la alteración o destrucción parcial de la estructura del mismo. Estos métodos son aplicados cuando se requiere un análisis profundo sobre la calidad, la durabilidad o el deterioro del pavimento. En lugar de realizar pruebas no invasivas, como las técnicas de ensayo no destructivas,



los métodos destructivos implican la extracción de muestras o la intervención directa en la superficie del pavimento (Paz, 2024).

Los métodos destructivos en pavimentos flexibles son técnicas de evaluación utilizadas para analizar las propiedades estructurales y funcionales de un pavimento flexible, mediante la alteración o destrucción de parte del pavimento. A diferencia de los métodos no destructivos, que buscan obtener información sin dañar el pavimento, los métodos destructivos requieren la extracción de muestras o la intervención directa en la superficie del pavimento, lo que permite obtener datos detallados sobre su comportamiento, composición y condiciones internas (Asqui & Ticona, 2025).

En los pavimentos flexibles, que están formados principalmente por capas de asfalto y materiales granulares, los métodos destructivos son esenciales cuando se busca una evaluación profunda del rendimiento del pavimento a largo plazo, su capacidad de carga y los efectos de la fatiga, la deformación o el agrietamiento.

Entre los principales métodos destructivos se incluyen:

- Corte de muestras: En este proceso, se corta una porción del pavimento para evaluar su composición, calidad de los materiales utilizados, espesor y condiciones internas. Esto permite una evaluación detallada de las capas del pavimento, pero requiere la restauración de la superficie una vez terminada la prueba.
- Prueba de compresión de cilindros de concreto: Se extraen cilindros de concreto del pavimento para evaluar su resistencia a compresión, determinando así su capacidad para soportar cargas. Esta prueba es esencial para la evaluación de la calidad del concreto en pavimentos.
- Análisis de fisuras y delaminación: En algunos casos, se realiza un corte o una excavación en áreas donde se han detectado fallas visibles para analizar el nivel de deterioro estructural, la presencia de fisuras, delaminación o segregación de materiales.

- Ensayo de penetración: Se utilizan equipos para perforar y evaluar la penetración de fuerzas o fluidos en el pavimento, lo que permite medir la durabilidad y la resistencia a la abrasión o erosión del material (Dilmer, 2024).

Aunque estos métodos proporcionan datos precisos y detallados sobre las propiedades del pavimento flexible, tienen como desventaja que generan daños en la superficie del pavimento, lo que requiere reparaciones posteriores. Sin embargo, son fundamentales para una evaluación exacta en casos en los que se necesita obtener información sobre la estructura interna del pavimento que no puede ser obtenida con métodos no destructivos (Dilmer, 2024).

Los métodos destructivos en pavimentos flexibles son herramientas valiosas para conocer en profundidad el comportamiento, la resistencia y la durabilidad de los pavimentos, pero deben ser aplicados de manera controlada, ya que afectan la integridad del pavimento evaluado (Paz, 2024).

2.2.5 Tipos de intervención vial

Según el **Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial**, las intervenciones viales se clasifican en función del estado de las vías y de los trabajos necesarios para mantener su funcionalidad y seguridad. Estas intervenciones pueden agruparse en las siguientes categorías:

- **Mantenimiento**

El mantenimiento vial comprende un conjunto de actividades diseñadas para garantizar la seguridad del tránsito, la comodidad de los usuarios y la conservación de la estructura del pavimento. Dependiendo de la naturaleza de las tareas y de su frecuencia, el mantenimiento se clasifica en dos tipos principales:

- **Mantenimiento Rutinario:** Son tareas de carácter preventivo y correctivo que se realizan de manera frecuente para preservar las condiciones operativas de la vía.

Este tipo de mantenimiento incluye actividades como:



- Limpieza: Remoción de desechos y obstrucciones de la vía y sus alrededores.
- Perfilado: Corrección de la forma y nivel de la superficie para asegurar un drenaje adecuado y evitar acumulaciones de agua.
- Bacheo: Reparación de daños puntuales en la superficie del pavimento, como huecos o grietas, que puedan representar un peligro para la circulación.
- Aplicación **de pintura**: Señalización vial, como la demarcación de carriles y pasos peatonales, que ayuda a mantener el orden y la seguridad en la vía.

Estas actividades se realizan constantemente, generalmente de forma mensual o incluso semanal, según el volumen de tráfico y las condiciones climáticas, con el objetivo de mantener un grado adecuado de serviciabilidad de la vía (Triviño & Moll, 2022).

▪ Mantenimiento Periódico

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo mantener los niveles iniciales de servicio del pavimento, prolongando la vida útil de la infraestructura. Se programa en intervalos regulares, que pueden ser anuales, bianuales o trianuales, dependiendo del desgaste y la condición del pavimento. Algunas actividades de mantenimiento periódico incluyen:

- Reposición de la capa de rodadura: Reemplazo de la capa superficial de asfalto o concreto, para restaurar la textura, la capacidad de carga y la resistencia a los factores climáticos.
- Instalación de sellos y capas nivelantes: Aplicación de tratamientos superficiales para prevenir filtraciones de agua y mejorar la uniformidad de la superficie.

▮ Mejoramiento

El mejoramiento vial abarca una serie de trabajos enfocados en la **recuperación** y **optimización** de la infraestructura, modificando tanto la **estructura** como la **geometría** del pavimento. Estas intervenciones suelen ser necesarias cuando las condiciones del pavimento o las demandas de tráfico superan los niveles previstos en el diseño original. El mejoramiento puede incluir:

- Rehabilitación parcial de capas de pavimento: Reemplazo de secciones deterioradas sin necesidad de una reconstrucción completa.
- Modificación de geometría: Ajuste de la alineación, el perfil longitudinal o la capacidad de las vías para soportar un mayor volumen de tráfico o diferentes tipos de vehículos.
- Construcción de obras complementarias: Instalación de drenajes, puentes o sistemas de señalización avanzados para mejorar la seguridad y el flujo vehicular.

Este tipo de intervención busca optimizar la infraestructura sin llegar a requerir una rehabilitación total, mejorando el nivel de servicio y adaptando la vía a las necesidades actuales del tráfico.

▮ Rehabilitación

La rehabilitación vial es un proceso que implica la **restauración** de la vía a su nivel de servicio original, mediante una serie de reparaciones y trabajos de control. Este tipo de intervención es necesario cuando la vía ha sufrido un desgaste significativo y sus características no cumplen con los estándares de seguridad y funcionalidad requeridos.

Las acciones comunes en la rehabilitación incluyen:

- Pavimentación: Reparación o recubrimiento de la capa de rodadura para devolverle su resistencia y suavidad.
- Reparación de puentes: Refuerzo o restauración de estructuras de paso que han sufrido daños por el tiempo o el tráfico pesado.



- Movimiento de tierras y drenaje: Corregir problemas de drenaje y nivelación de la vía, que son fundamentales para prevenir la acumulación de agua y la erosión del pavimento.

La rehabilitación es más costosa que el mantenimiento rutinario, pero menos intensiva que una reconstrucción total. Se realiza cuando los daños son extensos, pero la estructura subyacente aún es viable (Resines et al., 2023).

▪ **Construcción**

La construcción de una nueva carretera es el proceso más completo y costoso de todos, ya que implica la creación de una infraestructura vial desde cero. En esta fase, se deben cumplir rigurosamente las normas de diseño y construcción, que incluyen la elección de materiales adecuados, la correcta ejecución de las obras de drenaje y la optimización de la geometría de la vía para adaptarse a las condiciones de tráfico previstas. La construcción de nuevas carreteras incluye:

- Preparación del terreno: Excavación, nivelación y compactación de la subrasante.
- Diseño geométrico: Definición de alineaciones, pendientes y radio de curvaturas para garantizar una circulación segura.
- Ejecución de pavimentos: Colocación de las capas de pavimento (asfalto, concreto o mezcla de ambos) que soportarán el tránsito vehicular.
- Obras complementarias: Construcción de puentes, alcantarillas, drenajes y señalización, que son necesarios para el funcionamiento adecuado de la carretera.

La construcción de nuevas vías es crucial en áreas en crecimiento o cuando las infraestructuras existentes no son suficientes para cubrir la demanda del tráfico. Este tipo de intervención representa una inversión importante en el desarrollo de infraestructura vial a largo plazo.



2.3 Marco conceptual

a) Asfalto

Es una mezcla de materiales bituminosos (principalmente asfalto y agregados como arena, grava o piedra triturada) utilizada para la construcción de pavimentos. Es altamente resistente y tiene propiedades impermeables que ayudan a proteger las infraestructuras viales. El asfalto se utiliza principalmente en pavimentos flexibles debido a su capacidad de adaptación a los movimientos del terreno.

b) Base

Es la capa de material que se coloca directamente sobre el terreno o sobre la subbase para proporcionar soporte estructural a la capa superior del pavimento. Normalmente se compone de materiales resistentes y compactados como grava, piedra triturada o materiales estabilizados.

c) Subbase

Es la capa que se encuentra debajo de la base y que sirve para mejorar la estabilidad de la estructura del pavimento. Suele estar formada por materiales menos resistentes que la base, como grava o arena, y su función principal es distribuir las cargas del tráfico hacia el terreno subyacente y mejorar el drenaje.

d) Pavimento flexible

Es un tipo de pavimento cuya estructura es capaz de deformarse bajo la carga del tráfico sin sufrir daños permanentes. Se caracteriza por tener una capa superior de asfalto, que es flexible y se adapta a los movimientos del terreno, transmitiendo las cargas de manera distribuida a las capas inferiores. Este tipo de pavimento se utiliza comúnmente en carreteras y calles con alto volumen de tráfico.



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Enfoque de investigación

El enfoque cuantitativo es una técnica de estudio sistemática y objetiva que se utiliza para describir, explicar y prever sucesos mediante la recopilación y el análisis de datos numéricos. La base de este método es la utilización de técnicas estadísticas y matemáticas para procesar y analizar la información. Este enfoque permite llegar a conclusiones reproducibles y generalizables. En la investigación, el enfoque cuantitativo pretende reducir la subjetividad. En la recogida de datos se utilizan procedimientos normalizados. Siempre que la muestra sea representativa de la población, el enfoque cuantitativo permite extender las conclusiones adquiridas a una población más amplia. Esto es posible gracias a su capacidad para manejar enormes cantidades de datos y a la utilización de procedimientos estadísticos mediante el uso de métodos estadísticos (Alfonso et al., 2020).

3.2 Método de investigación

Procedimiento a la vez metódico y minucioso, el método científico es un proceso que los investigadores emplean para investigar fenómenos, adquirir nuevos conocimientos o rectificar y sintetizar la información recopilada previamente. Este método se distingue por ser empírico, reproducible y objetivo, y se construye mediante una secuencia de



procesos claramente definidos. El primer paso del proceso es la observación real de un determinado fenómeno o recopilación de datos. Una observación de este tipo puede ser directa o indirecta, y plantea una pregunta para seguir indagando. En última instancia, la observación conduce a la formulación de un tema de investigación claro y específico. La pregunta que se formula debe ser explícita, cuantitativa y susceptible de respuesta dentro de los parámetros de la investigación. La importancia del método científico radica en que ofrece un marco disciplinado para el descubrimiento y la confirmación de la información adquirida. La comunidad científica es capaz de construir una base de conocimientos fiable y acumulativa como resultado de su metodología rigurosa y metódica, que reduce la posibilidad de sesgo al tiempo que aumenta el grado de imparcialidad (Arias, 2012).

3.3 Tipo de investigación

La investigación aplicada es un tipo de investigación que pretende resolver problemas prácticos concretos y mejorar la calidad de vida de las personas o el funcionamiento de sistemas y procesos. El objetivo principal de este tipo de estudio es mejorar la calidad de vida. La investigación aplicada, por su parte, se inclina hacia la práctica y la puesta en práctica de soluciones reales, a diferencia de la investigación fundamental, que se centra en la ampliación de conocimientos teóricos sin un objetivo inmediato de aplicación. La investigación aplicada se centra en cuestiones concretas y bien definidas que requieren soluciones aplicables en el mundo real. Encontrar soluciones que puedan aplicarse eficazmente para mejorar una condición actual o establecer nuevas tecnologías, procedimientos o normativas es el objetivo primordial: identificar respuestas que puedan aplicarse eficazmente (Baena, 2017).

3.4 Nivel de Investigación

La investigación descriptiva es un tipo de investigación que se enfoca en detallar las características de un fenómeno, población, proceso o situación específica, sin buscar influir o manipular dichas variables. Su propósito principal es describir de manera precisa



y detallada las características o aspectos fundamentales de los elementos estudiados, proporcionando una representación clara de lo que está ocurriendo en el objeto de estudio. En una investigación descriptiva, el investigador observa, registra, analiza y correlaciona aspectos específicos de una población, fenómeno o situación. A diferencia de otros tipos de investigaciones, como la experimental o explicativa, no busca establecer relaciones causales ni probar hipótesis, sino simplemente identificar y describir la naturaleza de los aspectos observados (Baena, 2017).

3.5 Diseño de investigación

El diseño no experimental es un tipo de investigación utilizado en estudios en los que el investigador no tiene control sobre las variables independientes, es decir, no manipula ni controla el ambiente o las condiciones bajo estudio. Este tipo de diseño es común en situaciones donde la experimentación directa no es posible, ya sea por razones éticas, prácticas o por la naturaleza del objeto de estudio. En lugar de intervenir directamente, el investigador observa, mide y analiza fenómenos tal como ocurren en su entorno natural (Alfonso et al., 2020).

3.6 Población y muestra

3.6.1 Población

La población de la investigación es el conjunto de personas, objetos, acontecimientos o cosas que son de interés para un estudio concreto y comparten características comunes. Esta población también puede denominarse muestra de la investigación. Dicho de otro modo, la población se refiere al grupo completo que es objeto de un estudio de investigación y del que se quiere obtener información y extraer conclusiones. Es preciso establecer una definición y unos límites precisos de la población. Entre estas actividades se encuentra la especificación de los criterios de inclusión y



exclusión que se utilizan para definir quién o qué constituye la población (Alfonso et al., 2020).

La población de la investigación está conformada por todas las vías con pavimento flexible de la ciudad de Juliaca que presentan un alto grado de deterioro. Estas vías incluyen las principales avenidas, calles y tramos urbanos críticos que han sido afectados por el tráfico pesado, la falta de mantenimiento y las condiciones climáticas adversas de la zona.

3.6.2 Muestra

Se elige un subconjunto de toda la población para participar en un estudio de investigación, y esta fracción se denomina muestra de investigación. Este subconjunto tiene que ser representativo de la población para que los resultados obtenidos puedan generalizarse y aplicarse a un grupo más amplio. Uno de los factores más importantes para determinar la validez y fiabilidad de los resultados del estudio es la selección de una muestra adecuada. Los rasgos y características de la variabilidad de toda la población deben reflejarse en la muestra. Esto indica que debe tener una cantidad significativa de diversidad para incorporar las muchas subpoblaciones que contiene el grupo general.

La muestra está constituida por dos vías representativas seleccionadas a través de un muestreo no probabilístico intencionado, debido a su alto deterioro estructural y su importancia funcional dentro de la ciudad. Las vías evaluadas son:

1. Avenida Circunvalación Noroeste.
2. Avenida Andrés Avelino Cáceres.

Así mismos se realizaron 3 calicatas de estudio para cada vía.

3.7 Técnicas e instrumentos de recolección

3.7.1 Técnicas

- Observación.



- Análisis de datos.
- Muestreo de materiales.
- Recopilación de información.

3.7.2 Instrumentos

- Fichas técnicas.
- Equipos de laboratorio.
- Herramientas de laboratorio.

3.8 Validación y de instrumentos y confiabilidad

3.8.1 Validación de instrumentos

El proceso de validación de instrumentos es un paso esencial en el proceso de investigación. Su finalidad es garantizar que los instrumentos utilizados para la recogida de datos (incluidos, entre otros, cuestionarios, exámenes, entrevistas y encuestas) miden de forma fiable y coherente las variables para las que han sido diseñados. Para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos mediante el uso de tales dispositivos, este procedimiento es muy necesario.

3.8.2 Confiabilidad de instrumentos

Cuando hablamos de la fiabilidad de un instrumento, nos referimos a la medida en que es capaz de ofrecer resultados coherentes y estables a lo largo del tiempo y en distintos entornos. Se trata de un componente crucial para garantizar que los resultados obtenidos sean fiables y reproducibles, y es una evaluación de la precisión y coherencia de un dispositivo de medición.

3.9 Trabajos realizados

- ❖ **Reconocimiento del área de trabajo**

En primer lugar, se realizó un reconocimiento exhaustivo de las vías seleccionadas como zonas de estudio en la ciudad de Juliaca. Posteriormente, se efectuó un análisis detallado de los pavimentos flexibles presentes en dichas vías. Además, se determinaron los puntos estratégicos para la toma de muestras mediante calicatas. Se llevaron a cabo tres calicatas por cada vía, las cuales fueron excavadas en ubicaciones específicas para garantizar que los datos obtenidos fueran representativos y adecuados para el análisis. Las calicatas realizadas alcanzaron una profundidad de 1.20 metros.

Figura 4

Primera vía de estudio



La Avenida Circunvalación Noroeste tiene una longitud total de 1.11 km, y para realizar el estudio de las características del pavimento, se llevaron a cabo perforaciones (calicatas) a intervalos regulares de 350 metros a lo largo de la avenida. Estas calicatas permitieron obtener muestras representativas del pavimento en diferentes puntos, con el fin de evaluar su estructura y condiciones en toda su extensión.

Figura 5

Segunda vía de estudio



La Avenida Andrés Avelino tiene una longitud total de 1.5 km. Para llevar a cabo el estudio de las características, se realizaron calicatas a intervalos de 450 metros.

Tabla 2

Clasificación de los materiales en la primera vía de estudio

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
MUESTRA	CLASIF.	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO	
C1	Base	GP - GC	GRAVA MAL GRADUADA Y CON PRESENCIA ARCILLOSA	
	Subbase	GC	GRAVA ARCILLOSA	
	Subrasante	CL	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDA	
C2	Base	GP - GC	GRAVA MAL GRADUADA Y CON PRESENCIA ARCILLOSA	
	Subbase	GC	GRAVA ARCILLOSA	
	Subrasante	CL	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDA	
C3	Base	GC	GRAVA ARCILLOSA	
	Subbase	GP - GM	GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS	
	Subrasante	CL	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDA	

Tabla 3

Clasificación de los materiales en la segunda vía de estudio

PERFIL ESTRATIGRAFICO				
MUESTRA		CLASIF.	DESCRIPCIÓN	GRÁFICO
C1	Base	GW - GM	GRAVA BIEN GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS	
	Subbase	GP	GRAVA MAL GRADUADA	
	Subrasante	CL	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDA	
C2	Base	GM - GC	GRAVA LIMOSA CON PRESENCIA DE ARCILLAS	
	Subbase	GP - GM	GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS	
	Subrasante	CL	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDA	
C3	Base	GP - GM	GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS	
	Subbase	GP - GM	GRAVA MAL GRADUADA CON PRESENCIA DE LIMOS	
	Subrasante	CL	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDA	

Tabla 4

Dimensionamiento de las capas encontradas en las vías

Vía	Dimensionamientos de las capas			
	Subrasante	Subbase	Base	Pavimento asfáltico
Avenida circunvalación Noroeste	25cm	20cm	15cm	7cm
Avenida Andrés Avelino	22cm	20cm	20cm	7cm

❖ **Lavado asfáltico**

Normativas: MTC E 502, MTC E 503, ASTM D 3515, MTC E 212, MTC E 503.

El objetivo principal de este ensayo es determinar la cantidad de asfalto presente en una muestra de pavimento, así como realizar el análisis granulométrico de los agregados que componen dicha muestra. Este procedimiento es esencial para evaluar



la calidad y las características del material utilizado en la construcción de pavimentos asfálticos.

Equipos y Materiales:

- Centrífuga eléctrica
- Gasolina (como solvente)
- Filtro
- Grava
- Muestra asfáltica
- Bandejas
- Brocha
- Tina
- Cucharón
- Espátula

Procedimiento:

- Pesaje de la muestra: Inicie el proceso pesando la muestra asfáltica con precisión. Asegúrese de registrar el peso inicial de la muestra para su posterior cálculo en el análisis.
- Preparación de la muestra: Coloque la muestra asfáltica en una bandeja y lleve la bandeja al horno. Ajuste la temperatura del horno a un valor moderado para comenzar el proceso de desintegración del asfalto. Este proceso debe permitir que el asfalto se afloje y sea removido de los agregados.
- Lavado en la centrífuga: Una vez que la muestra haya sido tratada en el horno, transfiera la muestra a la centrífuga eléctrica. A continuación, añada gasolina (o un solvente adecuado) a la muestra en la centrífuga. Encienda la máquina y deje que inicie el lavado. El proceso de centrifugado ayudará a separar el asfalto de los agregados, disolviendo el asfalto y arrastrándolo hacia las paredes de la centrífuga.



- Repetición del lavado: Repita el proceso de añadir gasolina y centrifugar hasta que el líquido recolectado en la centrifuga ya no presente una coloración oscura, lo que indica que la mayor parte del asfalto ha sido removido de la muestra.
- Secado de la muestra: Una vez concluido el proceso de lavado, retire la muestra de la centrifuga y colóquela en un área bien ventilada para secarla al aire. Este proceso de secado puede tardar aproximadamente 24 horas, dependiendo de las condiciones ambientales. Es importante asegurar que la muestra esté completamente seca antes de proceder al siguiente paso.
- Granulometría de los agregados: Después del secado completo de la muestra, realice el análisis granulométrico de los agregados utilizando el procedimiento estándar. Este análisis permitirá clasificar los tamaños de las partículas y evaluar la distribución granulométrica de los agregados presentes en la mezcla asfáltica.
- Resultados y conclusiones: A partir de los datos obtenidos en el pesaje inicial y final de la muestra, así como los resultados de la granulometría, se podrá determinar con precisión la cantidad de asfalto en la mezcla y las características de los agregados. Esta información es crucial para evaluar la idoneidad del material para la construcción de pavimentos y su desempeño a largo plazo.

❖ **Contenido de humedad**

Normativas: MTC-E110-2014; ASTM D2216-92

El objetivo principal de este ensayo es determinar el contenido de agua presente en una muestra de material, lo cual es fundamental para evaluar la calidad de los agregados y otros materiales en su estado natural. Este análisis permite conocer la cantidad de humedad libre en la muestra, lo que puede influir en las propiedades del material durante su uso en la construcción.

Materiales Empleados:

- Balanza de precisión (0.01 g), calibrada previamente



- Horno de secado, con capacidad para mantener una temperatura constante de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Envases metálicos pequeños (como latas de leche o recipientes similares)
- Guantes de cuero (para protección al manejar los materiales y el horno)
- Instrumentos como espátulas, pinceles, telas para limpieza y otros utensilios necesarios para manipular la muestra

Procedimiento:

- Coloque los envases con las muestras húmedas en el horno de secado. Asegúrese de que el horno esté precalentado y mantenga una temperatura constante de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ durante el proceso.
- Deje la muestra en el horno por un período de aproximadamente 24 horas. Durante este tiempo, la humedad libre presente en la muestra se evaporará, y el material se secará completamente.
- Una vez transcurrido el tiempo de secado, retire los envases con las muestras del horno. Para evitar la pérdida de humedad por condensación, permita que los envases se enfríen a temperatura ambiente en un lugar seco.
- Cuando los envases con las muestras se hayan enfriado completamente, pese nuevamente cada envase con la muestra ya seca. Registre este peso como el peso final (peso seco) de la muestra.
- El contenido de humedad se calcula utilizando la siguiente fórmula:

$$W(\%) = \frac{(P1 - P2)}{(P2 - P3)} \times 100$$

Donde:

W (%) = Contenido de humedad.

P1 = Peso en tara más el suelo húmedo.

P2 = Peso de la tara más suelo seco del horno

P3 = Peso de la tara.

❖ LL

Normativas: ASTM D423; AASHTO T89



El objetivo del ensayo de límite líquido es determinar el contenido de humedad en un suelo cuando se encuentra en el límite entre los estados semisólido y plástico. Este ensayo permite clasificar el suelo según su consistencia y determinar su comportamiento en condiciones de humedad específicas, lo cual es crucial para la ingeniería geotécnica, especialmente en la construcción de pavimentos y estructuras.

Materiales Empleados:

- Cuchara Casagrande (instrumento para medir el límite líquido)
- Balanza digital con sensibilidad de 0.01 g (para pesajes precisos)
- Espátulas (para manipular la muestra)
- Tamiz N° 40 (para tamizar la muestra y eliminar partículas gruesas)
- Bureta (para la medición precisa del agua añadida)
- Placa de vidrio esmerilado (para manipular la muestra y evitar contaminación)
- Envases de metal (para almacenamiento temporal de la muestra)

Procedimiento:

- Comience por tamizar la muestra de suelo a través de un tamiz N° 40 para eliminar las partículas más grandes y obtener una fracción fina representativa del suelo. Debe obtenerse aproximadamente 150 g de material tamizado.
- Coloque la muestra tamizada en un envase pequeño de plástico y añada agua gradualmente hasta que la mezcla adquiera una consistencia pastosa. Manipule la muestra con las manos para asegurar que el agua se distribuya uniformemente, permitiendo que el material se vuelva manejable y suave.
- Una vez que la mezcla esté homogénea, colóquela en un envase de metal (o de plástico, según sea el caso) y deje reposar la muestra durante aproximadamente 1 hora. Esto permitirá que el agua se integre completamente en la muestra, facilitando la manipulación y el moldeado.
- Transcurrido el tiempo de reposo, retire una porción de la muestra de la mezcla y colóquela en la cuchara Casagrande. Llene la cuchara hasta un tercio de su



- capacidad con la muestra, asegurándose de que esté bien distribuida y sin burbujas de aire.
- Extienda la muestra en la cuchara hasta nivelarla con el borde, utilizando una espátula para alisar la superficie.
 - Con una espátula, haga un surco en el centro de la muestra, dividiendo la masa de suelo en dos mitades iguales. El surco debe ser realizado con un movimiento firme y recto, siguiendo el patrón estándar para asegurar la precisión del ensayo.
 - Una vez hecho el surco, gire la manivela de la cuchara Casagrande a una velocidad constante de aproximadamente dos vueltas por segundo. El suelo en el surco se irá separando gradualmente.
 - Registre el número de golpes necesarios para que las dos mitades del surco se unan completamente. Este número de golpes es un indicador de la plasticidad del suelo.
 - Después de haber realizado la prueba inicial, retire una pequeña cantidad de la muestra en el área donde las dos mitades del surco se han unido. Pese esta muestra húmeda para determinar el contenido de humedad.
 - Realice el mismo procedimiento con las porciones restantes de la muestra, repitiendo el proceso de agregar agua y medir el número de golpes hasta que se obtenga una cantidad de agua suficientemente representativa para determinar el límite líquido de la muestra.
 - El contenido de humedad se calcula como el promedio de las mediciones obtenidas en cada ensayo.
 - El número de golpes y el contenido de humedad asociado se utilizan para identificar el límite líquido, que es el punto en el que el suelo cambia de un estado plástico a un estado líquido.



❖ LP

El objetivo de este ensayo es determinar el contenido de humedad del suelo en el límite entre los estados semisólido y plástico. El límite plástico es el contenido de humedad en el cual un suelo pasa de ser plástico (capaz de moldearse sin romperse) a un estado quebradizo, donde ya no puede mantener su forma. Este parámetro es esencial para clasificar y caracterizar suelos, especialmente en términos de su plasticidad y comportamiento frente a diferentes condiciones de humedad.

Materiales Empleados:

- Balanza electrónica o digital (con sensibilidad de 0.01 g)
- Horno electrónico con capacidad de mantener una temperatura de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- Láminas de vidrio (para realizar las pruebas de moldeado)
- Latas o envases metálicos (para almacenamiento de la muestra)
- Marcador para etiquetar los envases y las muestras

Procedimiento:

- Seleccione una pequeña cantidad de suelo representativo de aproximadamente 2 gramos. Asegúrese de que la muestra esté libre de partículas gruesas o impurezas que puedan alterar el resultado.
- Coloque la muestra en una lámina de vidrio limpia, que será utilizada como superficie para manipular el suelo.
- Utilizando la palma de la mano, comience a moldear la muestra, presionándola ligeramente sobre la lámina de vidrio. Su objetivo es formar un hilo delgado y uniforme de suelo, de aproximadamente 3.2 mm de diámetro.
- Durante este proceso, observe si el hilo se agrieta. Si el hilo se forma sin presentar grietas o desmoronamientos, significa que el contenido de humedad de la muestra es superior al límite plástico, por lo que deberá continuar el proceso de moldeo.
- Continúe moldeando la muestra y formando hilos delgados hasta que, al intentar formar el hilo, este comience a agrietarse o desmoronarse. Este es el punto donde



el suelo ya no mantiene su plasticidad, indicando que ha alcanzado el límite plástico.

- Si la muestra se agrieta o se desmorona antes de formar un hilo de 3.2 mm, se considera que el suelo ha llegado a su límite plástico.
- Una vez alcanzado el límite plástico, retire la muestra moldeada y colóquela en una bandeja o envase metálico limpio. Asegúrese de que la muestra esté completamente libre de agua superficial.
- Pese el envase metálico junto con la muestra para obtener el peso total. Luego, registre este peso y etiquételo adecuadamente para poder identificarlo más tarde.
- Para determinar el contenido de humedad en el momento en que la muestra alcanza el límite plástico, deberá secarse la muestra en el horno a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ durante un período determinado (generalmente entre 24 a 48 horas).
- Después del secado, pese nuevamente el envase metálico con la muestra seca.

❖ IP

El índice de plasticidad (IP) es una medida de la plasticidad de un suelo, es decir, de su capacidad para ser moldeado sin romperse. Este índice es fundamental en la clasificación de suelos y se obtiene a partir de la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP). El índice de plasticidad se utiliza para caracterizar la consistencia y el comportamiento del suelo cuando cambia de estado plástico a líquido y es esencial para evaluar su comportamiento en condiciones de humedad variada.

$$(IP) = (LL) - (LP)$$

- Un índice de plasticidad alto indica que el suelo tiene una mayor capacidad de deformarse sin romperse, lo que significa que es más cohesivo y plástico. Los suelos con un alto índice de plasticidad son generalmente más susceptibles a la compresión y expansión, especialmente con cambios en el contenido de agua.



- Un índice de plasticidad bajo sugiere que el suelo es menos plástico y más rígido. Los suelos con bajo índice de plasticidad son más susceptibles a la agrietación y tienen un comportamiento más estable bajo condiciones secas.

❖ **Análisis granulométrico**

El objetivo del análisis granulométrico es determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo mediante tamizado. Este ensayo permite conocer el peso de retención del espécimen en diferentes tamaños de granos, que se define de acuerdo con el número de mallas de los tamices utilizados. El análisis granulométrico es crucial para clasificar el suelo según su tamaño de partículas y comprender su comportamiento en términos de compactación, permeabilidad y estabilidad.

Materiales Empleados:

- Tamices: Según la norma aplicable, generalmente desde el tamiz N° 200 hasta tamices más gruesos, según las especificaciones del ensayo.
- Balanza electrónica: Con sensibilidad de 0.1 g para medir con precisión las masas retenidas en cada tamiz.
- Horno eléctrico: Capaz de mantener una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, para secar las muestras.
- Mazo de goma: Para agitar y ayudar a deshacer las partículas aglomeradas durante el tamizado.
- Cepillo de cerdas de goma: Para limpiar los tamices y garantizar que las partículas retenidas sean contabilizadas correctamente.
- Vasos de plástico: Para la mezcla y el lavado de las muestras.
- Válvulas y agua: Para lavar las muestras de suelo y eliminar impurezas como arcilla o partículas finas que no puedan ser separadas por tamizado.
- Envases metálicos o plásticos: Para contener y registrar el peso de la muestra antes y después del proceso.



Procedimiento:

- Se selecciona una cantidad representativa de la muestra de suelo, que será sometida al análisis granulométrico.
- Pese el recipiente vacío y luego agregue la muestra de suelo. Registre el peso total de la muestra inicial.
- Coloque la muestra en un vaso de plástico con agua para facilitar el lavado de partículas finas como arcilla, que puedan interferir con el proceso de tamizado.
- Agite la muestra en el vaso con agua de manera que se liberen las partículas finas (arcilla, limos) de las partículas más grandes.
- Vierta el contenido en un tamiz N° 200, que es generalmente el tamiz de referencia para la separación de partículas finas.
- Continúe agregando agua y agitando hasta que el agua del vaso quede lo más transparente posible, lo que indica que se han eliminado las partículas finas. Esta operación ayudará a asegurarse de que el material que pasa a través del tamiz sea adecuado para el análisis granulométrico.
- Una vez que la muestra ha sido lavada y el agua es clara, retire el tamiz y la muestra. Transfiera la muestra al horno eléctrico, donde se secará a una temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. El secado es necesario para evitar que la humedad residual afecte el peso final de la muestra.
- Deje la muestra en el horno durante el tiempo necesario (generalmente entre 24 y 48 horas) hasta que esté completamente seca.
- Una vez que la muestra esté completamente seca, retire la muestra del horno y deje que se enfríe a temperatura ambiente.
- Pese la muestra seca y registre su peso final.
- Coloque los tamices en una pila según el tamaño de malla (comenzando con el tamiz de mayor tamaño en la parte superior y terminando con el tamiz más fino en la parte inferior).



- Transfiera la muestra seca a la parte superior del conjunto de tamices y comience a agitar los tamices de manera vigorosa, generalmente de forma circular o en un movimiento de vaivén, durante un tiempo determinado (aproximadamente 10-15 minutos) para asegurar una correcta separación de las partículas según su tamaño.
- Si es necesario, utilice un mazo de goma para golpear suavemente el costado de los tamices y ayudar a deshacer los aglomerados.
- Después de agitar los tamices, retire cada uno de ellos y pese la fracción retenida en cada uno de ellos.
- Para asegurarse de que los tamices queden limpios, utilice un cepillo de cerdas de goma para limpiar las partículas adheridas a las mallas, asegurándose de que todas las partículas sean recogidas y pesadas.
- Registre el peso de las partículas retenidas en cada tamiz, así como el peso total de la muestra.
- Calcule el porcentaje de masa retenida en cada tamiz dividiendo el peso de las partículas retenidas en cada tamiz entre el peso total de la muestra inicial.
- El porcentaje de cada fracción se expresa como un porcentaje del peso total de la muestra. Esto proporcionará la distribución granulométrica de las partículas del suelo.

❖ Proctor modificado

El objetivo del ensayo de Proctor Modificado es determinar el peso volumétrico máximo en seco y la óptima humedad del suelo para su posterior compactación. Este ensayo es fundamental en la ingeniería civil y geotécnica, ya que permite conocer las condiciones ideales de humedad y compactación para maximizar la densidad del suelo, lo que es esencial para la construcción de cimientos, pavimentos y otras estructuras.



Materiales Empleados:

- Molde Proctor Modificado o Estándar: Recipiente cilíndrico utilizado para compactar el suelo.
- Guía y martillo de 45 cm con un peso de 4.54 kg: Utilizados para compactar el suelo dentro del molde.
- Malla N° 2", N° ¾", N° 3/8" y N° 4: Para tamizar la muestra de suelo y asegurar que está libre de impurezas o partículas demasiado grandes.
- Mazo de goma: Para compactar el suelo de manera uniforme.
- Estufa ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$): Para secar la muestra de suelo después de cada ciclo de compactación.
- Balanza electrónica (sensibilidad 0.01 g): Para pesar con precisión la muestra de suelo y el molde.
- Balanza de 20 kg: Para pesar la muestra y otros componentes pesados.
- Regla metálica: Para nivelar y rasar la muestra en el molde.
- Probeta de 500 cm³: Para medir el volumen de agua o humedad de la muestra.
- Recipiente metálico: Para almacenar y mezclar el suelo con agua.
- Potes metálicos: Para pesar la muestra durante el proceso de humedad y secado.

Procedimiento:

- Cuartea la muestra de suelo previamente secada al sol. Este paso es crucial para obtener una muestra representativa y homogénea.
- Agrega agua a la muestra de suelo para lograr un contenido de humedad del 10% aproximadamente. Mezcla bien el suelo para asegurar que la humedad se distribuya de manera uniforme a lo largo de toda la muestra.
- Pese el molde Proctor vacío y registre su peso. Este peso inicial es necesario para determinar el peso del suelo compactado después de cada capa.
- Llena el molde con el suelo húmedo en cinco capas. En cada capa, utiliza el martillo para compactar el suelo de manera uniforme. Cada capa debe ser compactada



utilizando una caída libre de 45.7 cm (18 pulgadas) del martillo sobre el suelo. La cantidad de golpes que debe recibir cada capa varía según el método: en el Proctor Modificado se utilizan 56 golpes por capa.

- Después de compactar cada capa, raspa el exceso de material con una regla metálica para nivelar el suelo al ras del molde.
- Una vez que se ha compactado la muestra en las cinco capas, pesa el molde con el suelo compactado y registre el peso total.
- A continuación, extrae el espécimen del molde con cuidado. Pese solo el suelo compactado, asegurándote de que el peso no incluya el molde.
- Coloca el espécimen extraído del molde en una estufa a una temperatura constante de 100° a 110°C durante un período de 24 horas. El objetivo de este paso es eliminar toda la humedad del suelo para obtener el peso seco de la muestra.
- Una vez transcurrido el tiempo, retira la muestra del horno, déjala enfriar a temperatura ambiente y pese nuevamente para obtener su peso seco.
- Una vez que el peso seco ha sido registrado, esparce la muestra de suelo sobre una superficie limpia y agrega agua gradualmente, con el objetivo de obtener una humedad que esté entre 4% y 8%.
- Repite el proceso de compactación, pesaje, secado y medición de humedad varias veces, variando el contenido de agua de la muestra. Después de cada ciclo, mide el peso volumétrico seco de la muestra y el contenido de humedad.
- Registra todos los valores obtenidos durante el proceso, tales como el peso volumétrico seco y el contenido de humedad para cada prueba realizada.
- Grafica los resultados, con el peso volumétrico seco en el eje Y, el contenido de humedad en el eje X.
- La curva resultante permitirá identificar el contenido de humedad óptimo, que es aquel en el cual el suelo alcanza su máxima densidad seca. El peso volumétrico máximo en seco se encuentra en el punto de mayor densidad de la curva.



❖ CBR

El ensayo de CBR (California Bearing Ratio) es una prueba estándar utilizada para determinar la resistencia de un material de suelo o subbase en pavimentos, con el fin de evaluar su capacidad de carga. El ensayo mide la resistencia de un material a la penetración de un pistón bajo condiciones controladas. A continuación, te proporciono un procedimiento detallado para realizar el ensayo de CBR:

Materiales y Equipos Necesarios:

- Muestra del suelo o material
- Molde de CBR con un diámetro de 150 mm y una altura de 127.3 mm
- Pistón de penetración de 50 mm de diámetro.
- Equipo de carga de penetración con un dispositivo de lectura de carga.
- Placa base para fijar el molde.
- Horno para secar las muestras (en algunos casos).
- Balanza de precisión para pesar las muestras.
- Cilindros o trozos de material compactado de suelo para pruebas.
- Calibrador de penetración y equipo para medir la penetración.

Procedimiento:

- Si la muestra está seca, humedécela hasta alcanzar el contenido de humedad óptimo. El contenido de humedad es muy importante para obtener resultados precisos.
- Compacta la muestra en el molde de CBR a la densidad máxima especificada (normalmente con un compactador estándar o manual), aplicando un número de golpes predeterminado (generalmente 56 golpes de 2.5 kg sobre un área de 30.5 cm²) o usando el compactador de Proctor según lo estipulado por la normativa correspondiente.
- Coloca la muestra compactada dentro del molde de CBR. Asegúrate de que el material se distribuya de manera uniforme y no haya huecos.



- Si es necesario, satura la muestra con agua para lograr la condición de saturación total. En algunos casos, esto se realiza sumergiendo la muestra en agua durante varias horas.
- Si la muestra no está saturada, colócala en una cámara húmeda durante un período determinado o sumérgela en agua para alcanzar su condición de humedad máxima.
- Asegúrate de que la muestra esté en las condiciones estándar de temperatura y humedad durante todo el ensayo.
- Coloca el pistón de penetración sobre la superficie de la muestra compactada.
- Inicia el ensayo de penetración, aplicando una carga gradual (a menudo a una velocidad de penetración de 1.25 mm/min). La penetración máxima estándar es de 12.5 mm, pero en algunos casos se puede continuar hasta alcanzar 25 mm.
- Durante la penetración, mide la carga aplicada y la profundidad de penetración a intervalos regulares.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados obtenidos

En este capítulo, se presentan de manera detallada los resultados obtenidos en función de cada uno de los objetivos planteados en el estudio. Se incluyen los datos recopilados a partir de los ensayos destructivos realizados en las vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, abarcando la evaluación de las capas estructurales del pavimento flexible: subrasante, subbase, base granular y carpeta de rodadura.

Se exponen los valores obtenidos del CBR, contenido de humedad y el Índice de Plasticidad (IP) para las capas inferiores, lo que permitió identificar las deficiencias en la capacidad portante y su relación con el deterioro del pavimento. Asimismo, se presenta un análisis detallado del contenido de asfalto y el estado superficial de la carpeta de rodadura, evidenciando la presencia de fisuras, baches y deformaciones permanentes.

Finalmente, con base en los resultados obtenidos, se proponen alternativas de intervención orientadas a mejorar el desempeño estructural y funcional de las vías evaluadas. La propuesta tiene como objetivo brindar soluciones técnicas y sostenibles que permitan recuperar la infraestructura vial y garantizar su durabilidad frente a las demandas del tráfico actual en la ciudad de Juliaca.

4.1.1 Estado de los materiales de la subrasante en pavimentos flexibles

❖ Avenida circunvalación Noroeste

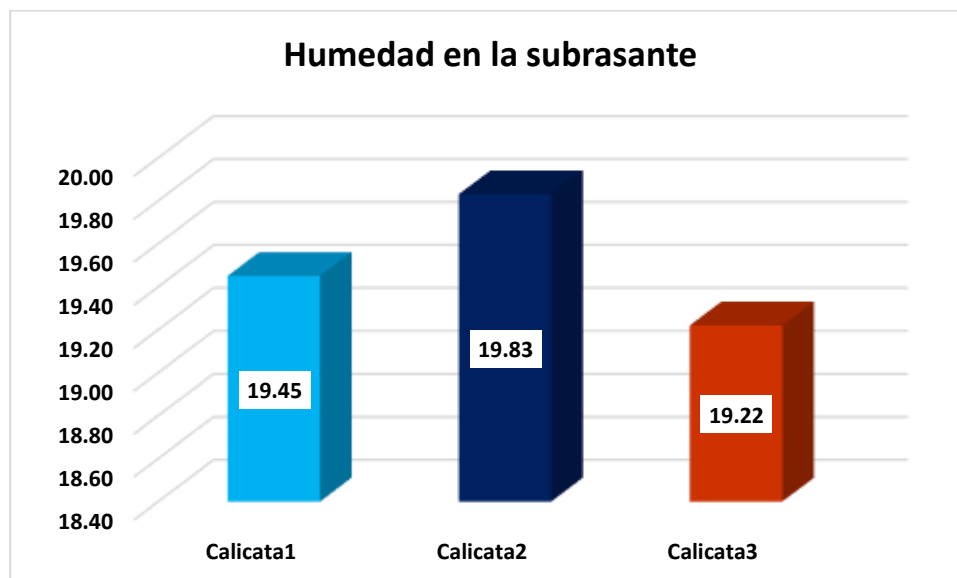
Tabla 5

Humedad en la subrasante

Humedad en la Subrasante (%)	
Calicata1	19.45
Calicata2	19.83
Calicata3	19.22

Figura 6

Humedad en la subrasante



Se muestra los valores de humedad en la subrasante de tres calicatas realizadas en la avenida Circunvalación Noroeste. La Calicata 2 presenta el mayor porcentaje de humedad (19.83%), seguida de la Calicata 1 (19.45%) y finalmente la Calicata 3 con el menor valor (19.22%). Estas diferencias reflejan variaciones en las propiedades del suelo, relevantes para el diseño y construcción de la infraestructura vial.

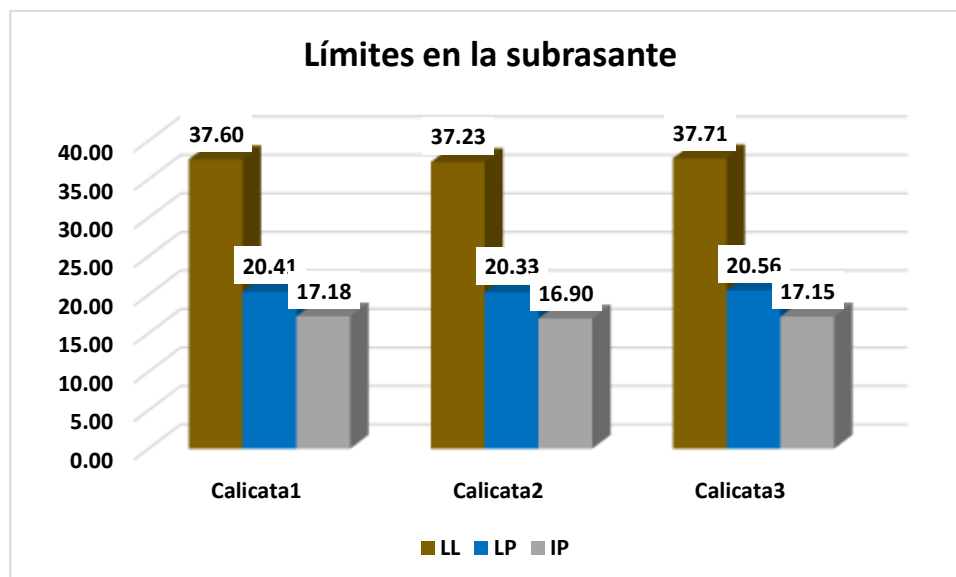
Tabla 6

Límites en la subrasante

Límites en la Subrasante			
Detalle	LL	LP	IP
Calicata1	37.60	20.41	17.18
Calicata2	37.23	20.33	16.90
Calicata3	37.71	20.56	17.15

Figura 7

Límites en la subrasante



Se presenta los límites líquidos (LL), plásticos (LP) e índices de plasticidad (IP) de la subrasante en tres calicatas de la avenida Circunvalación Noroeste. Los límites líquidos son similares, con valores de 37.60%, 37.23% y 37.71% para las calicatas 1, 2 y 3, respectivamente. Los límites plásticos oscilan entre 20.33% y 20.56%, mientras que los índices de plasticidad varían entre 16.90% y 17.18%. Estos resultados indican una consistencia en las características plásticas del suelo a lo largo de la avenida, relevante para evaluar su comportamiento bajo cargas.

Tabla 7

Gradación en la calicata1(subrasante)

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	18.64	6.21	6.21	93.79
No10	19.54	6.51	12.73	87.27
No20	16.29	5.43	18.16	81.84
No40	26.47	8.82	26.98	73.02
No 50	17.87	5.96	32.94	67.06
No100	28.77	9.59	42.53	57.47
No200	29.75	9.92	52.44	47.56
BASE	142.67	47.56	100.00	0.00
TOTAL	300.00	100.00		
% PERDIDA	47.56			

Figura 8

Gradación en la calicata1(subrasante)

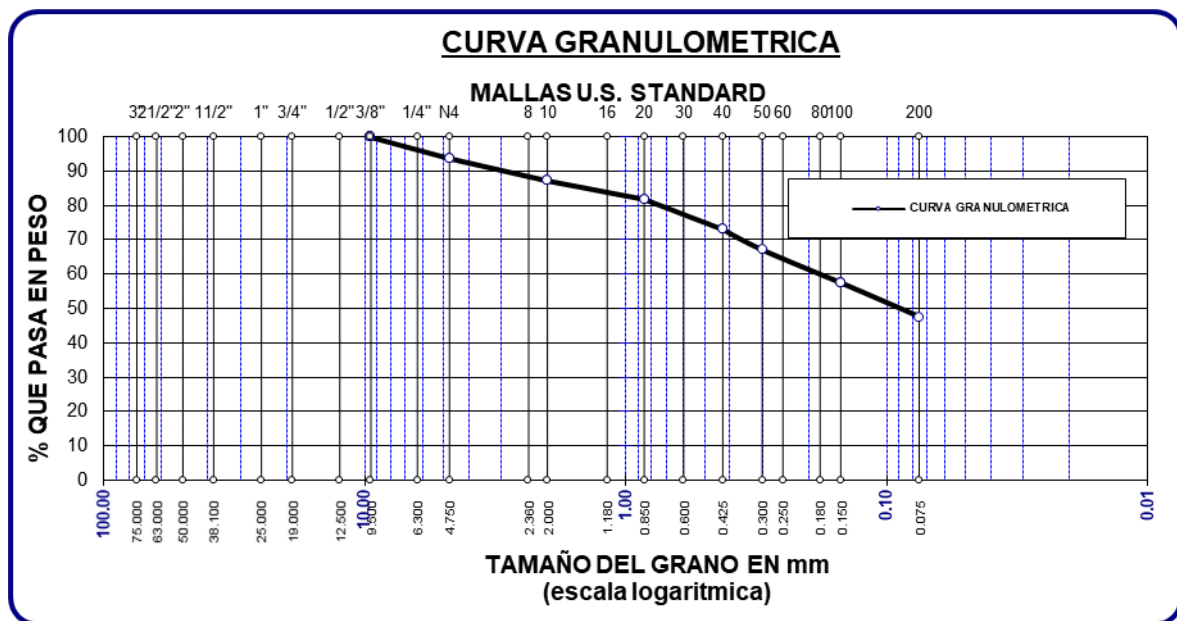


Tabla 8

Gradación en la calicata2 (subrasante)

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	16.87	5.62	5.62	94.38
No10	19.92	6.64	12.26	87.74
No20	29.23	9.74	22.01	77.99
No40	24.63	8.21	30.22	69.78
No 50	25.48	8.49	38.71	61.29
No100	21.48	7.16	45.87	54.13
No200	28.96	9.65	55.52	44.48
BASE	133.43	44.48	100.00	0.00
TOTAL	300.00	100.00		
% PERDIDA	44.48			

Figura 9

Gradación en la calicata2 (subrasante)

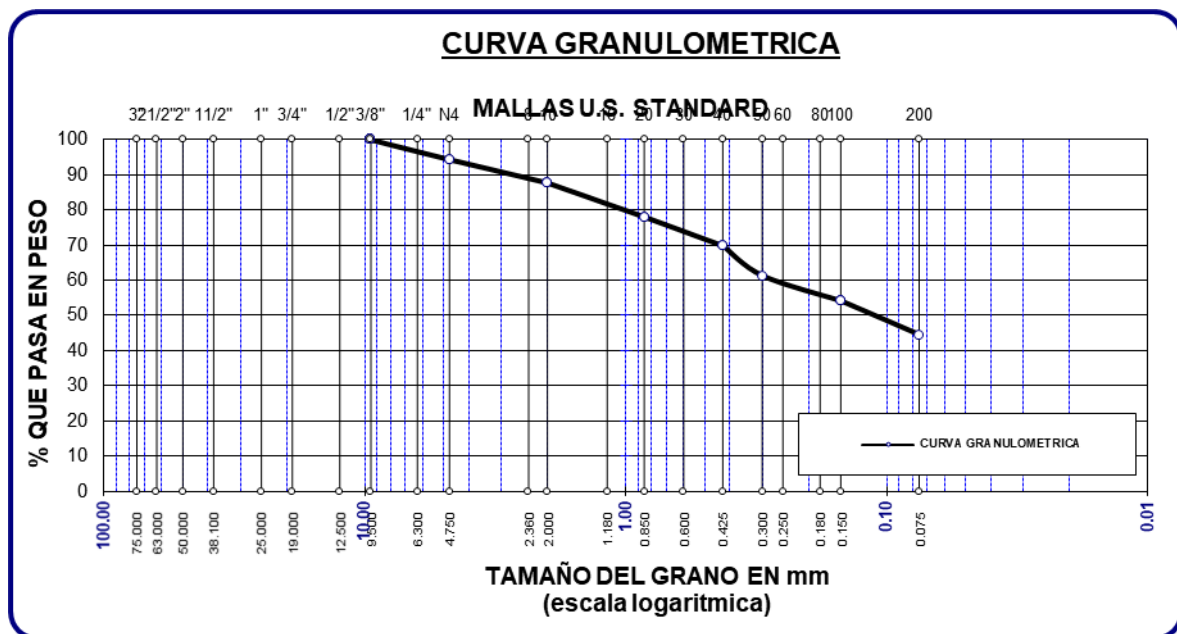


Tabla 9

Gradación en la calicata3 (subrasante)

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	17.89	8.95	8.95	91.06
No10	18.57	9.29	18.23	81.77
No20	13.26	6.63	24.86	75.14
No40	26.54	13.27	38.13	61.87
No 50	11.37	5.69	43.82	56.19
No100	14.62	7.31	51.13	48.88
No200	17.54	8.77	59.90	40.11
BASE	80.21	40.11	100.00	0.00
TOTAL	200.00	100.00		
% PERDIDA	40.11			

Figura 10

Gradación en la calicata3 (subrasante)

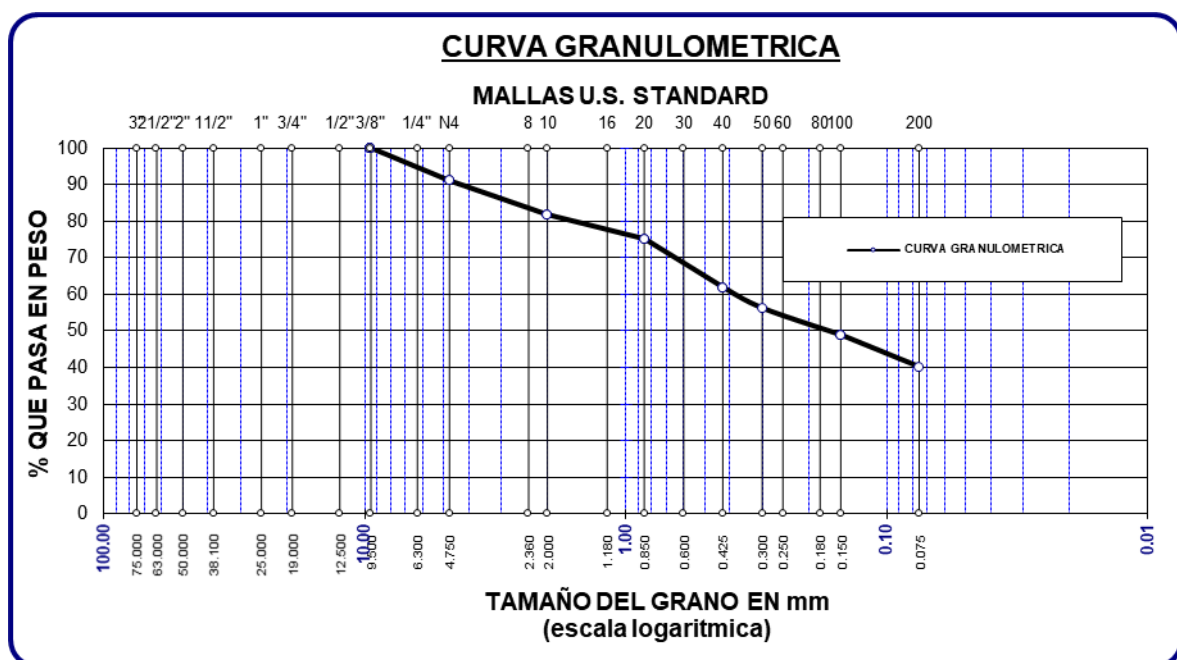


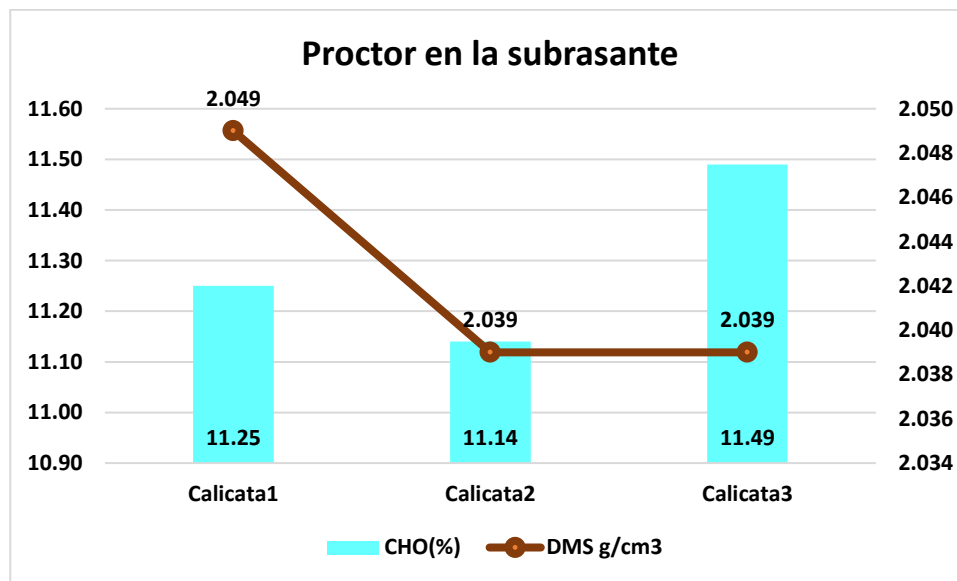
Tabla 10

Proctor en la subrasante

Proctor en la Subrasante		
Detalle	OCH (%)	MDS g/cm ³
Calicata1	11.25	2.049
Calicata2	11.14	2.039
Calicata3	11.49	2.039

Figura 11

Proctor en la subrasante



Se muestran los valores de humedad óptima (CHO%) y densidad máxima seca (MDS) en la subrasante de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste. La CHO% varía ligeramente entre 11.14% y 11.49%, siendo mayor en la **Calicata 3**. La MDS se mantiene constante en 2.039 g/cm³ para las calicatas 2 y 3, mientras que la **Calicata 1** presenta el mayor valor con 2.049 g/cm³. Estos resultados reflejan la compactación y capacidad de soporte del suelo en la zona analizada.

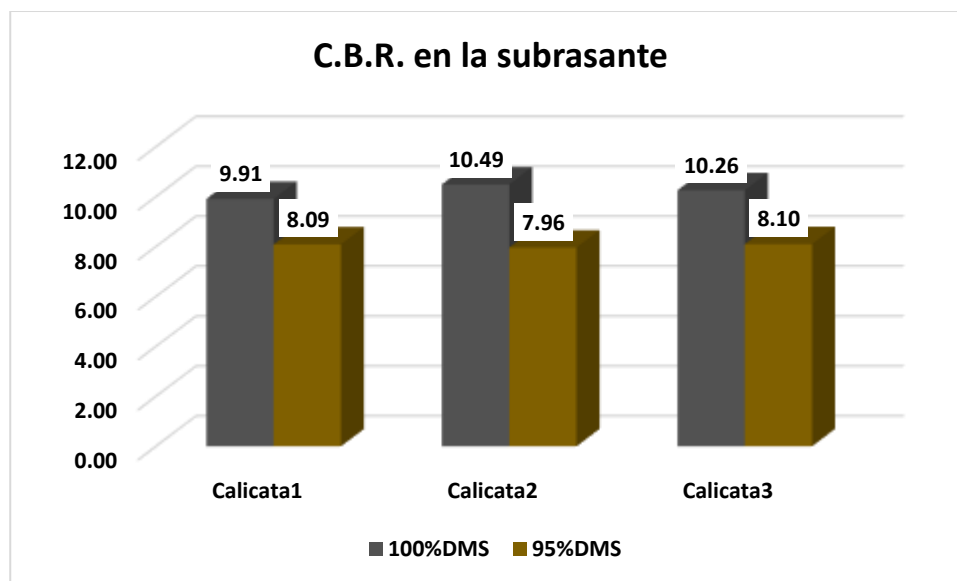
Tabla 11

CBR en la subrasante

CBR en la Subrasante		
Detalle	100%MDS	95%MDS
Calicata1	9.91	8.09
Calicata2	10.49	7.96
Calicata3	10.26	8.10

Figura 12

CBR en la subrasante



Se presentan los valores del CBR en la subrasante para tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste, considerando dos condiciones de compactación (100% y 95% de MDS). En condición 100% MDS, la Calicata 2 muestra el mayor CBR con 10.49%, seguida por la Calicata 3 con 10.26%, y la Calicata 1 con 9.91%. Para 95% MDS, los valores son similares, destacando la Calicata 3 con 8.10%. Estos resultados evidencian la resistencia del suelo al esfuerzo en diferentes niveles de compactación.

❖ Avenida Andrés Avelino

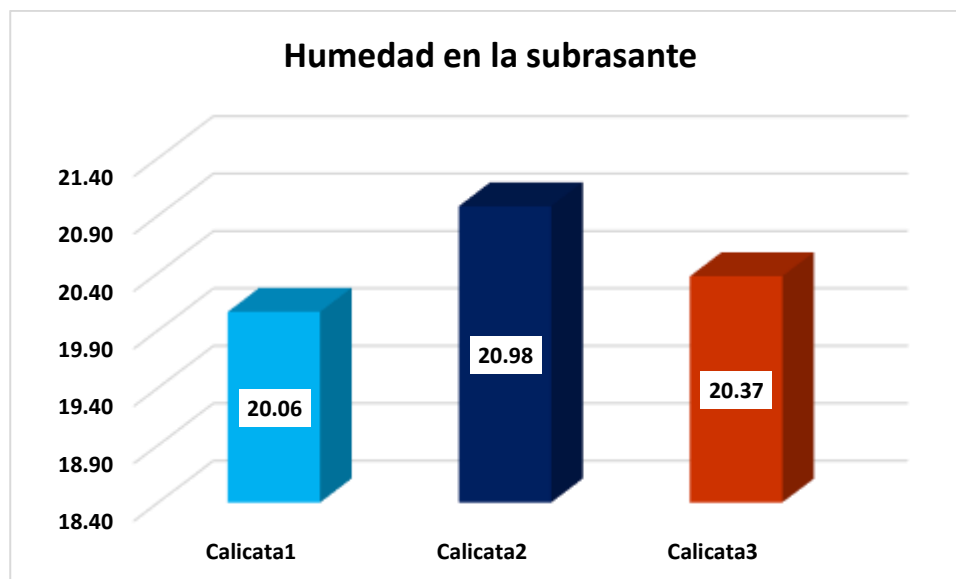
Tabla 12

Humedad en la subrasante

Humedad en la Subrasante (%)	
Calicata1	20.06
Calicata2	20.98
Calicata3	20.37

Figura 13

Humedad en la subrasante



Los resultados de humedad en la subrasante de la Avenida Andrés Avelino se muestran en la Figura. Se realizaron mediciones en tres calicatas, obteniéndose valores de 20.06% en la Calicata 1, 20.98% en la Calicata 2 y 20.37% en la Calicata 3. La Calicata 2 presenta el mayor porcentaje de humedad, mientras que la Calicata 1 tiene el valor más bajo. Estos datos permiten evaluar la condición de la subrasante para futuros trabajos de ingeniería vial.

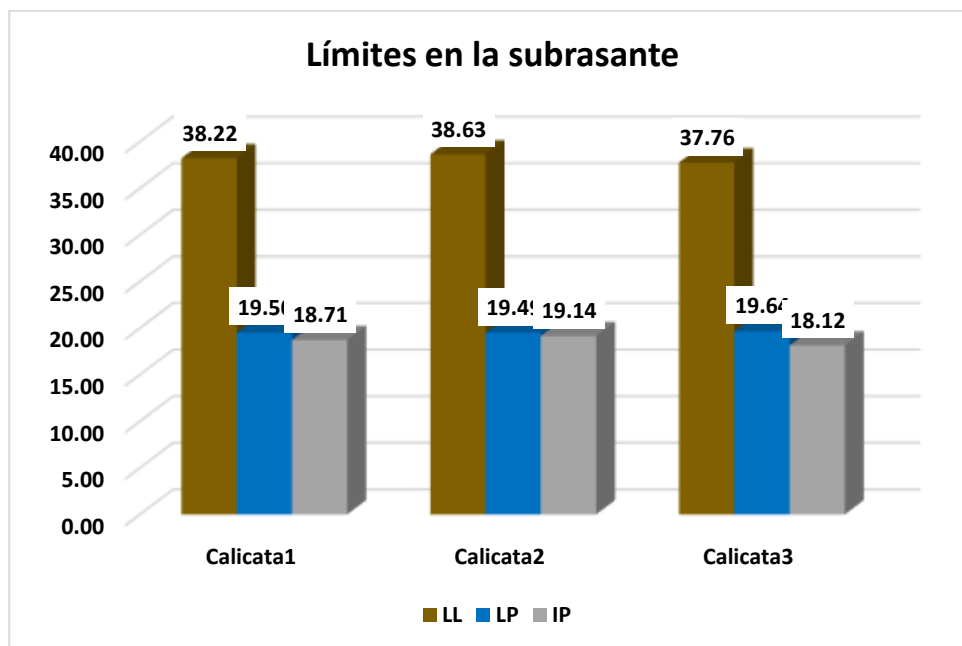
Tabla 13

Límites en la subrasante

Límites en la Subrasante			
Detalle	LL	LP	IP
Calicata1	38.22	19.50	18.71
Calicata2	38.63	19.49	19.14
Calicata3	37.76	19.64	18.12

Figura 14

Límites en la subrasante



Los resultados obtenidos en la Avenida Andrés Avelino muestran los límites de la subrasante en tres calicatas. El (LL) varía entre 37.76% y 38.63%, el (LP) entre 19.49% y 19.64%, y el (IP) entre 18.12% y 19.14%. La Calicata 2 presenta los valores más altos de LL e IP, mientras que la Calicata 3 muestra los más bajos, indicando variaciones en la plasticidad y consistencia del suelo.

Tabla 14

Gradación en la calicata1

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	6.74	3.37	3.37	96.63
No10	8.94	4.47	7.84	92.16
No20	12.74	6.37	14.21	85.79
No40	15.84	7.92	22.13	77.87
No 50	19.76	9.88	32.01	67.99
No100	22.63	11.32	43.33	56.68
No200	25.74	12.87	56.20	43.81
BASE	87.61	43.81	100.00	0.00
TOTAL	200.00	100.00		
% PERDIDA	43.81			

Figura 15

Gradación en la calicata1

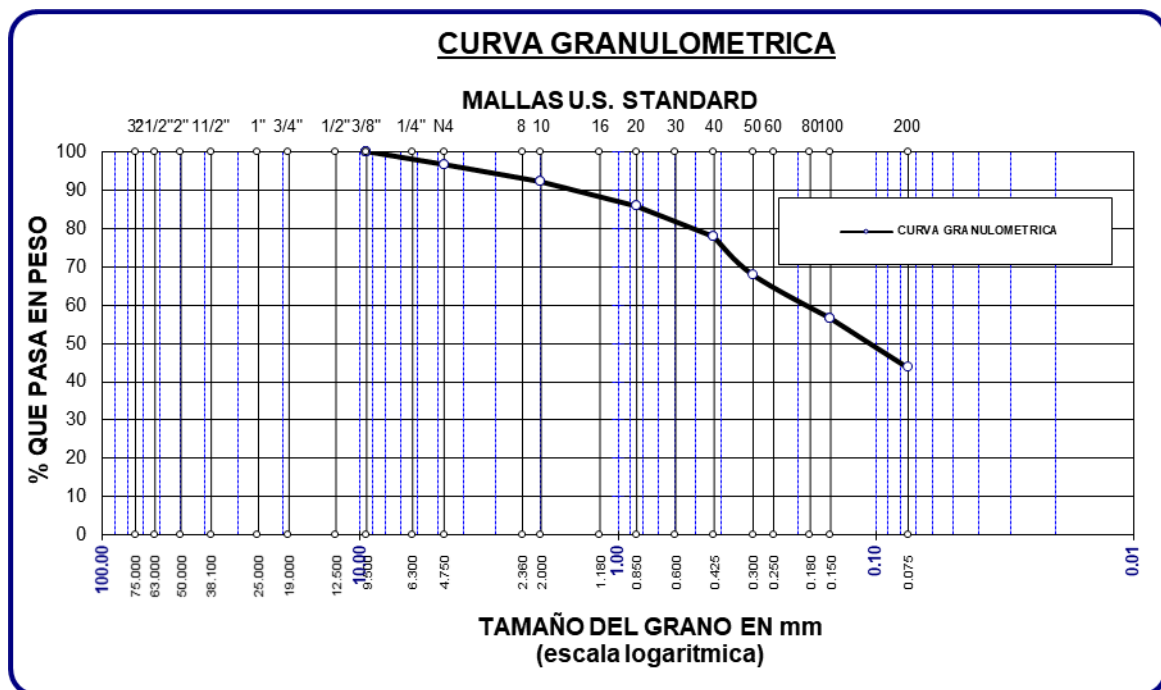


Tabla 15

Gradación en la calicata2

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.89	2.45	2.45	97.56
No10	9.12	4.56	7.01	93.00
No20	13.14	6.57	13.58	86.43
No40	18.64	9.32	22.90	77.11
No 50	22.32	11.16	34.06	65.95
No100	25.27	12.64	46.69	53.31
No200	21.49	10.75	57.44	42.57
BASE	85.13	42.57	100.00	0.00
TOTAL	200.00	100.00		
% PERDIDA	42.57			

Figura 16

Gradación en la calicata2

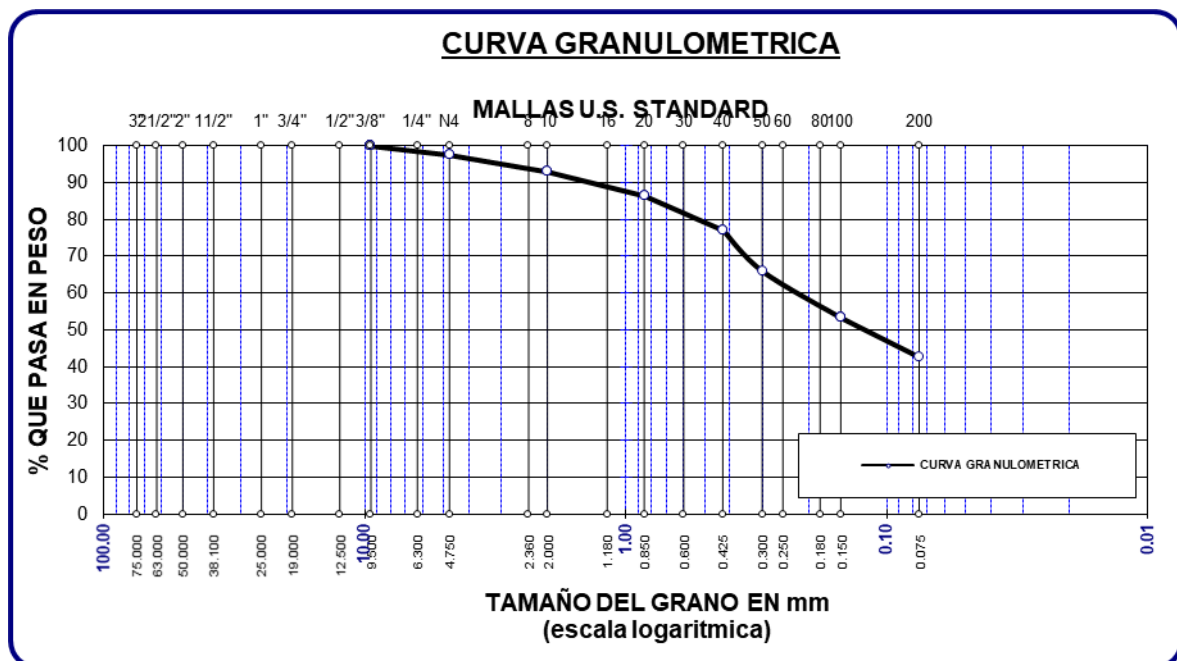


Tabla 16

Gradación en la calicata3

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
3/8"	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	7.54	3.77	3.77	96.23
No10	10.62	5.31	9.08	90.92
No20	11.37	5.69	14.77	85.24
No40	16.73	8.37	23.13	76.87
No 50	18.62	9.31	32.44	67.56
No100	20.79	10.40	42.84	57.17
No200	24.63	12.32	55.15	44.85
BASE	89.70	44.85	100.00	0.00
TOTAL	200.00	100.00		
% PERDIDA	44.85			

Figura 17

Gradación en la calicata3

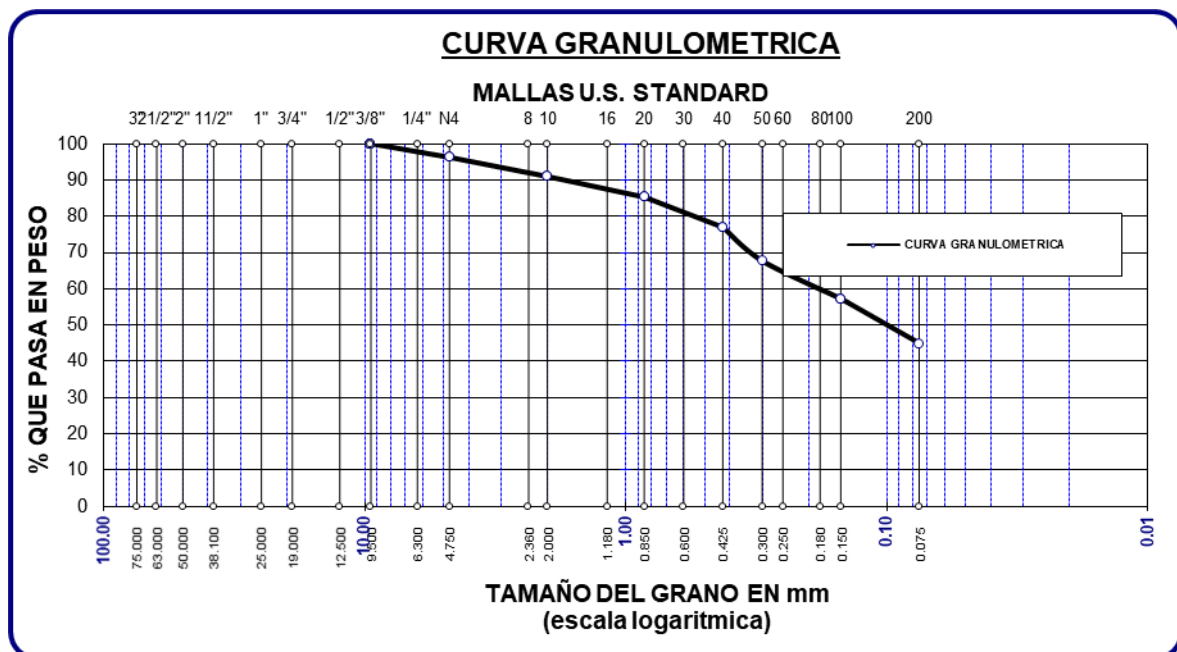


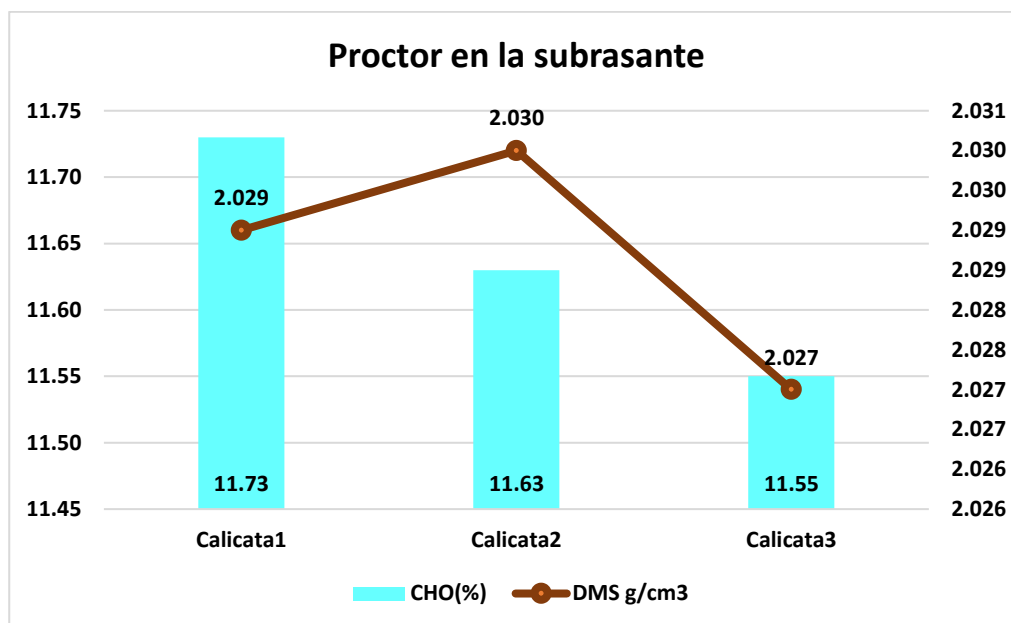
Tabla 17

Proctor en la subrasante

Proctor en la Subrasante		
Detalle	OCH (%)	MDS g/cm ³
Calicata1	11.73	2.029
Calicata2	11.63	2.030
Calicata3	11.55	2.027

Figura 18

Proctor en la subrasante



Los resultados del ensayo Proctor en la Avenida Andrés Avelino muestran variaciones en el contenido óptimo de humedad (CHO%) y la densidad máxima seca (MDS). La Calicata 1 presenta un CHO de 11.73% y una MDS de 2.029 g/cm³, mientras que la Calicata 2 registra el mayor valor de MDS con 2.030 g/cm³ y un CHO de 11.63%. Por otro lado, la Calicata 3 muestra los valores más bajos: CHO de 11.55% y MDS de 2.027 g/cm³. Estos resultados permiten evaluar la compactación óptima de la subrasante.

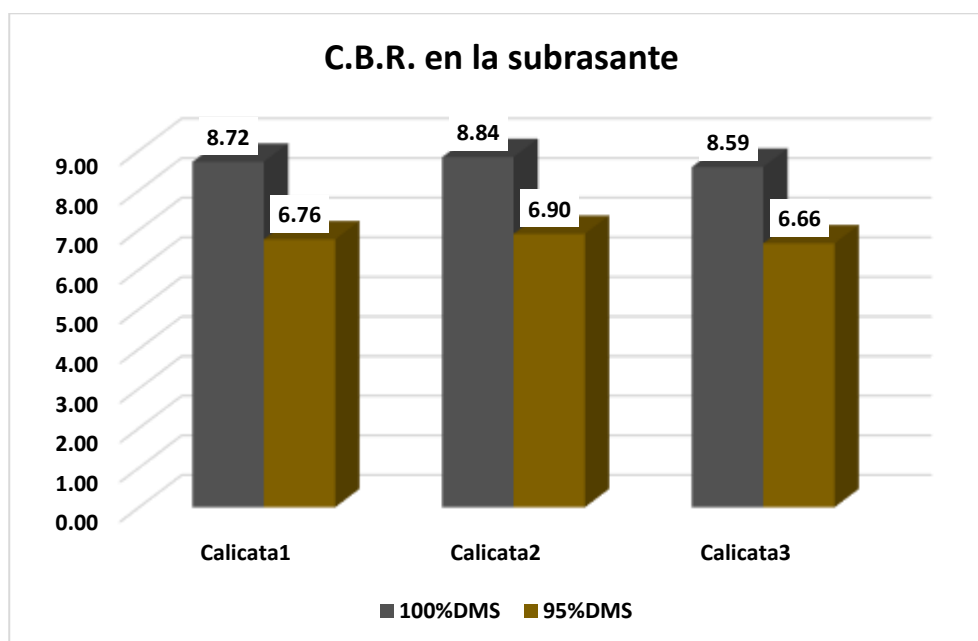
Tabla 18

CBR en la subrasante

CBR en la Subrasante		
Detalle	100%MDS	95%MDS
Calicata1	8.72	6.76
Calicata2	8.84	6.90
Calicata3	8.59	6.66

Figura 19

CBR en la subrasante



Los resultados del CBR en la subrasante de la Avenida Andrés Avelino muestran diferencias en las calicatas evaluadas. La Calicata 2 presenta el valor más alto con 8.84% (100% MDS) y 6.90% (95% MDS), mientras que la Calicata 3 tiene los valores más bajos con 8.59% y 6.66%, respectivamente. La Calicata 1 alcanza 8.72% y 6.76%. Estos valores indican la capacidad de soporte del suelo, siendo la Calicata 2 la más favorable para condiciones de carga.

❖ Promedio de resultados en la subrasante

Tabla 19

Comparativa en la subrasante

Detalles	Resultados promedios en la subrasante				
	Humedad %	IP %	Proctor		CBR 95%
			OCH (%)	MDS g/cm ³	
Circunvalación Noroeste	19.5	17.08	11.29	2.04	8.05
Avenida Andrés Avelino	20.47	18.66	11.64	2.03	6.77

Se presenta una comparativa de resultados en la subrasante entre Circunvalación Noroeste y Avenida Andrés Avelino. Los resultados muestran que la Avenida Andrés Avelino tiene un mayor porcentaje de humedad (20.47%) y IP (18.66%) en comparación con la Circunvalación Noroeste (19.5% y 17.08%, respectivamente). En cuanto al ensayo Proctor, la MDS en Circunvalación Noroeste es 2.04 g/cm³, ligeramente superior a la de la Avenida Andrés Avelino (2.03 g/cm³), mientras que el CBR al 95% es más alto en Circunvalación Noroeste (8.05%) que en Avenida Andrés Avelino (6.77%). Estos valores indican que la subrasante en Circunvalación Noroeste tiene una mejor capacidad de soporte estructural.

4.1.2 Estado de los materiales de la base y subbase en pavimentos flexibles

4.1.2.1 Estado de los materiales en la subbase en los pavimentos flexibles

❖ Avenida circunvalación Noroeste

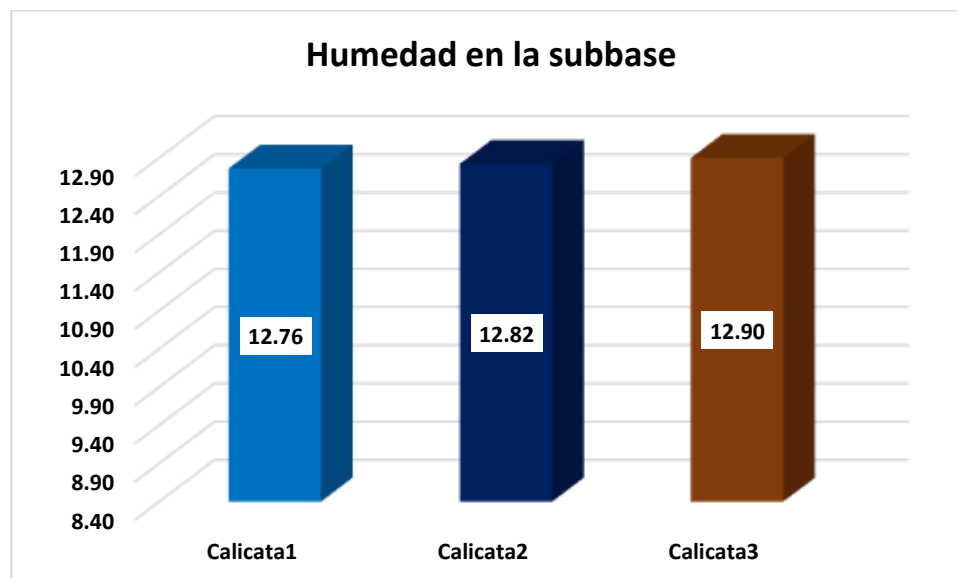
Tabla 20

Humedad en la subbase

Humedad en la Subbase (%)	
Calicata1	12.76
Calicata2	12.82
Calicata3	12.90

Figura 20

Humedad en la subbase



Se presentan los valores de humedad en la subbase para tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste. La Calicata 3 muestra el mayor porcentaje de humedad con 12.90%, seguida por la Calicata 2 con 12.82% y la Calicata 1 con 12.76%. Estas variaciones, aunque mínimas, reflejan diferencias en la capacidad de retención de agua de los suelos en la subbase, relevantes para el diseño estructural del pavimento.

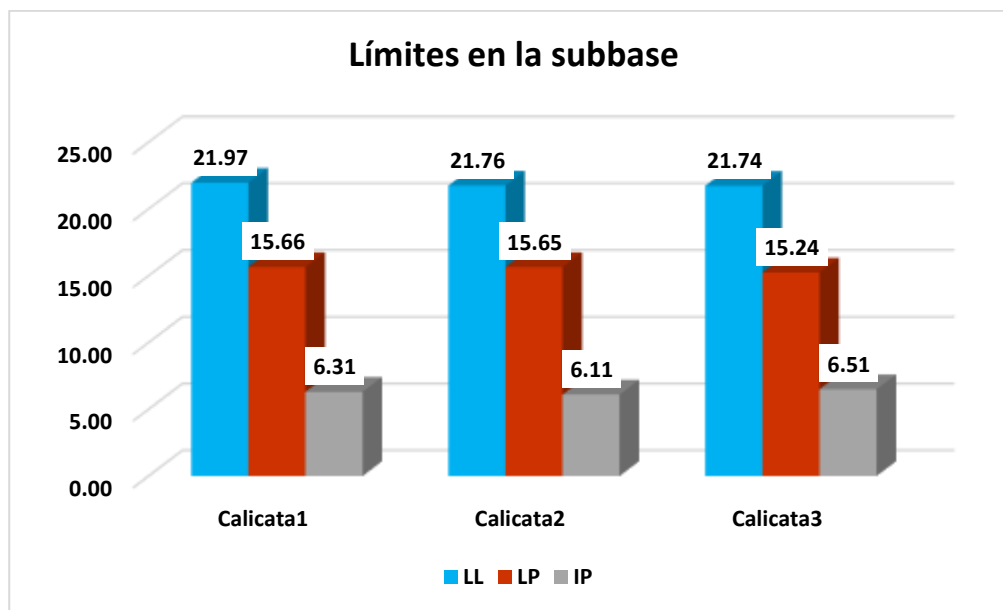
Tabla 21

Límites en la subbase

Límites en la Subbase			
Detalle	LL	LP	IP
Calicata1	21.97	15.66	6.31
Calicata2	21.76	15.65	6.11
Calicata3	21.74	15.24	6.51

Figura 21

Límites en la subbase



Se presentan los límites líquidos (LL), plásticos (LP) e índices de plasticidad (IP) en la subbase de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste. Los límites líquidos son similares, con valores entre 21.97% y 21.74%, mientras que los límites plásticos varían ligeramente entre 15.66% y 15.24%. Los índices de plasticidad oscilan entre 6.51% y 6.11%. Estas propiedades indican una consistencia en las características plásticas de los suelos, esenciales para evaluar su estabilidad y comportamiento en condiciones de carga.

Tabla 22

Gradación en la calicata1

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0	100
1"	349.87	17.49	17.4935	82.5065
3/4"	108.26	5.41	22.9065	77.0935
1/2"	184.21	9.21	32.117	67.883
3/8"	124.37	6.22	38.3355	61.6645
1/4"	191.62	9.58	47.9165	52.0835
No4	108.75	5.44	53.354	46.646
No10	196.54	9.83	63.181	36.819
No20	148.72	7.436	70.617	29.383
No40	127.26	6.363	76.98	23.02
No100	24.56	1.23	78.208	21.792
No200	45.78	2.29	80.497	19.503
BASE	390.06	19.50	100	0
TOTAL	2000.00	100.00		
% PERDIDA	19.50			

Figura 22

Gradación en la calicata1

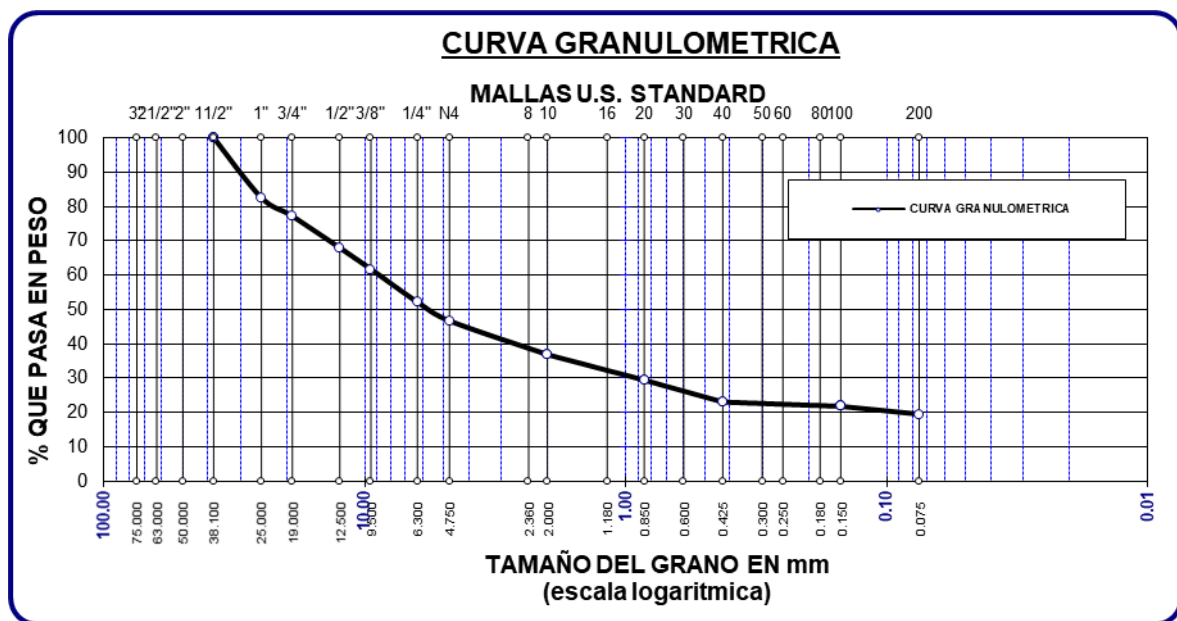


Tabla 23

Gradación en la calicata2

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1 1/2"	0.00	0.00	0	100
1"	368.75	18.44	18.4375	81.5625
3/4"	104.26	5.213	23.6505	76.3495
1/2"	180.24	9.012	32.6625	67.3375
3/8"	119.74	5.987	38.6495	61.3505
1/4"	190.68	9.534	48.1835	51.8165
No4	105.63	5.2815	53.465	46.535
No10	195.42	9.77	63.236	36.764
No20	37.56	1.88	65.114	34.886
No40	126.45	6.32	71.4365	28.5635
No 50	114.79	5.74	77.176	22.824
No100	21.67	1.08	78.2595	21.7405
No200	39.87	1.99	80.253	19.747
BASE	394.94	19.747	100	0
TOTAL	2000	100		
% PERDIDA	19.747			

Figura 23

Gradación en la calicata2

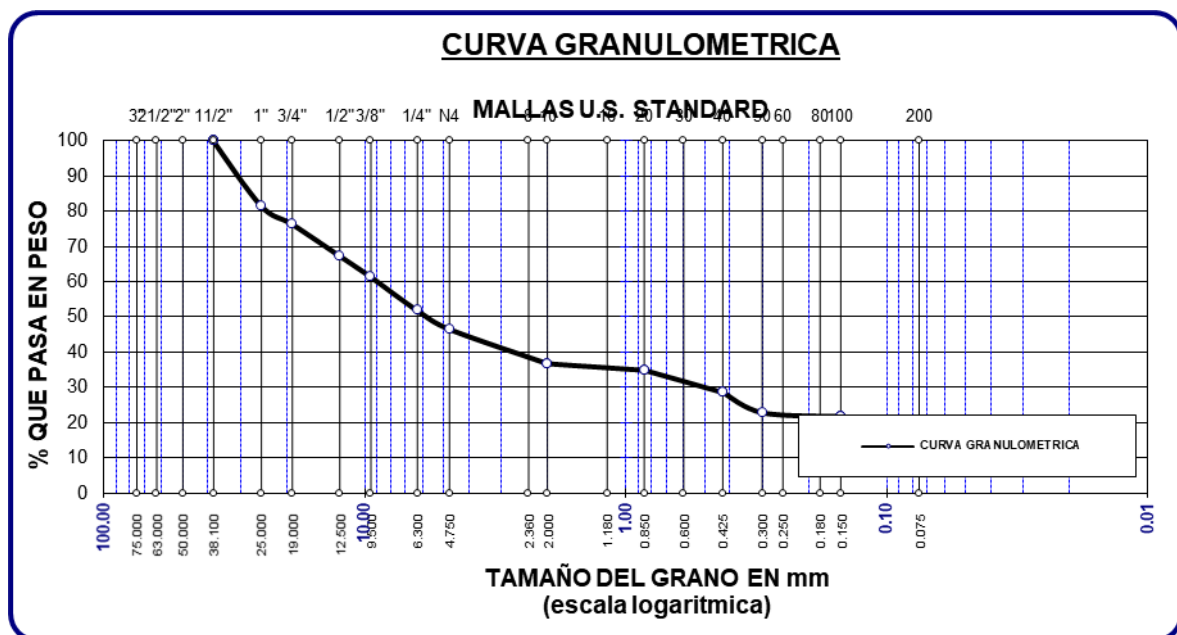


Tabla 24

Gradación en la calicata3

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1 1/2"	0	0	0	100
1"	350.21	17.5105	17.5105	82.4895
3/4"	114.78	5.739	23.2495	76.7505
1/2"	197.86	9.893	33.1425	66.8575
3/8"	102.47	5.1235	38.266	61.734
No4	214.62	10.731	48.997	51.003
No10	91.67	4.5835	53.5805	46.4195
No20	147.84	7.392	60.9725	39.0275
No40	112.47	5.6235	66.596	33.404
No 50	90.78	4.539	71.135	28.865
No100	26.78	1.339	72.474	27.526
No200	50.23	2.5115	74.9855	25.0145
BASE	500.29	25.0145	100	0
TOTAL	2000	100		
% PERDIDA	25.0145			

Figura 24

Gradación en la calicata3

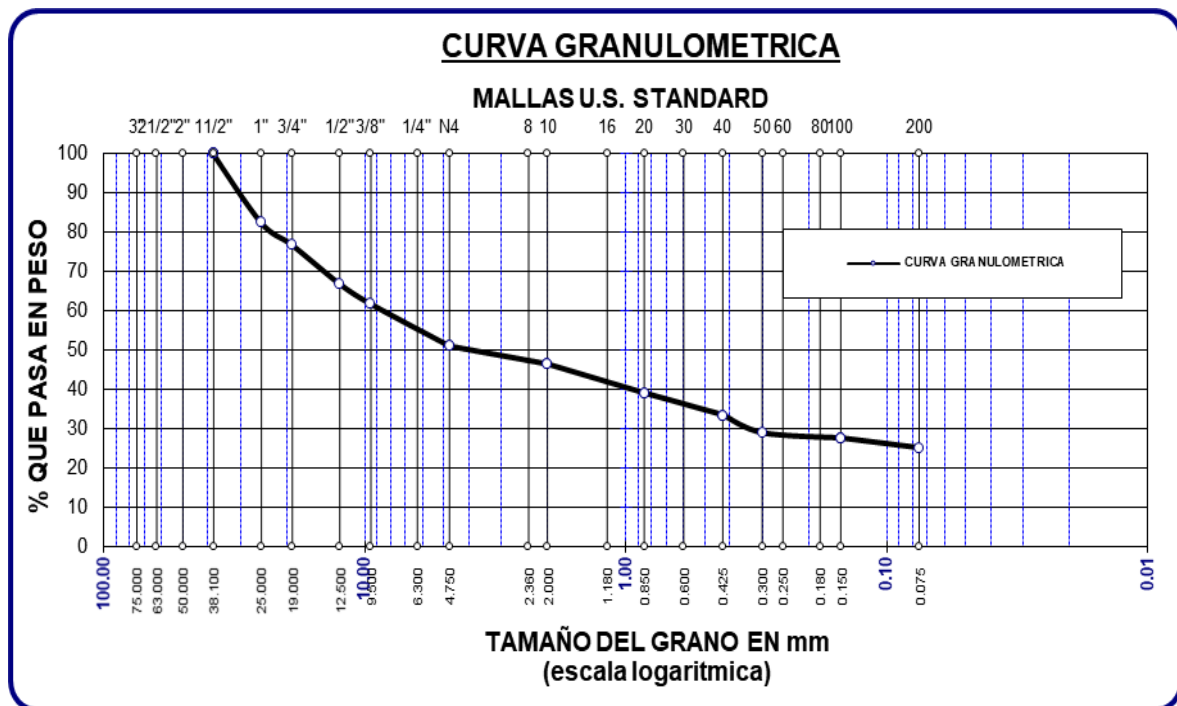


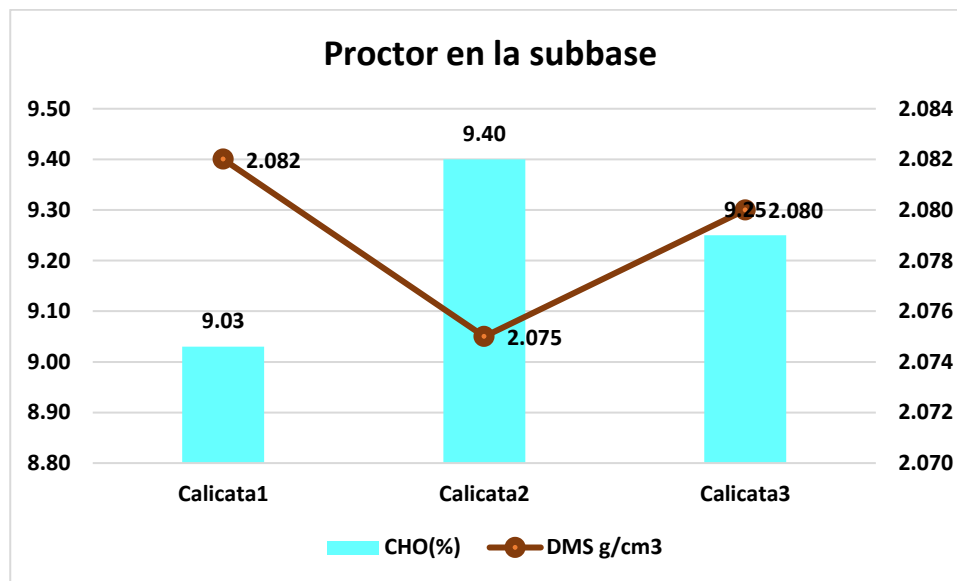
Tabla 25

Proctor en la subbase

Proctor en la Subbase		
Detalle	OCH (%)	MDS g/cm ³
Calicata1	9.03	2.082
Calicata2	9.40	2.075
Calicata3	9.25	2.080

Figura 25

Proctor en la subbase



Se muestran los valores de humedad óptima (CHO%) y densidad máxima seca (MDS) en la subbase de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste. La Calicata 2 presenta la mayor CHO% con 9.40%, mientras que la Calicata 1 tiene la menor con 9.03%. En cuanto a la MDS, la Calicata 1 registra el valor más alto con 2.082 g/cm³, seguido por la Calicata 3 con 2.080 g/cm³. Estos resultados reflejan las características de compactación y comportamiento del suelo en la subbase analizada.

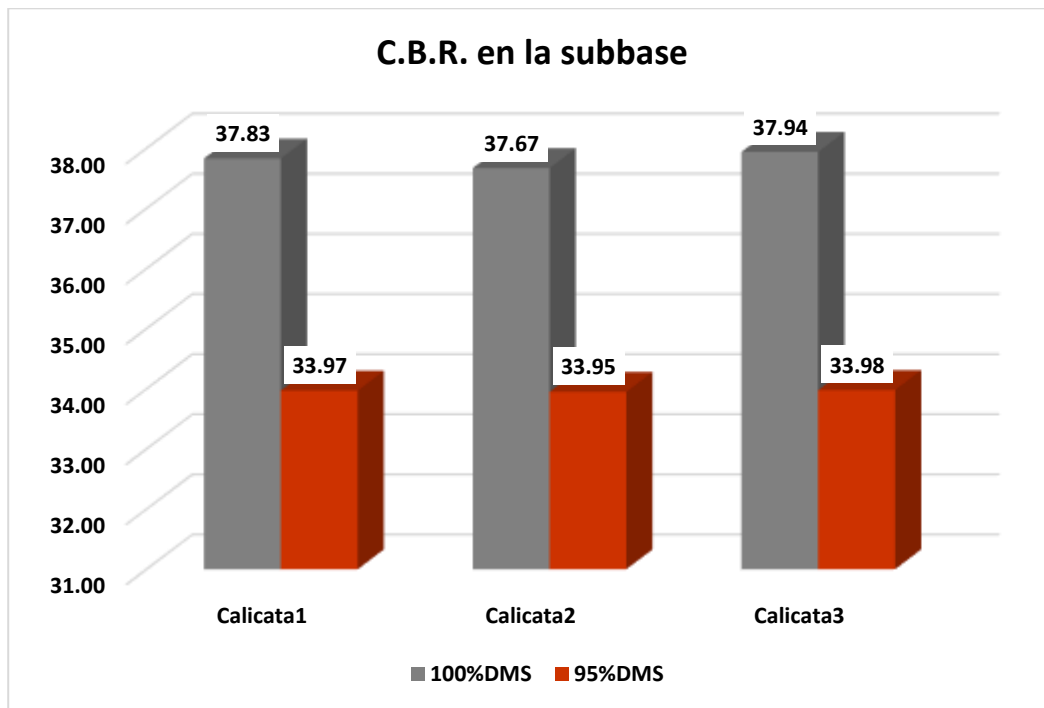
Tabla 26

CBR en la subbase

CBR en la Subbase		
Detalle	100%MDS	95%MDS
Calicata1	37.83	33.97
Calicata2	37.67	33.95
Calicata3	37.94	33.98

Figura 26

CBR en la subbase



Se presentan los valores del CBR en la subbase de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste, bajo condiciones de 100% y 95% de MDS. Los valores de CBR al 95% MDS son similares, oscilando entre 33.95 y 33.98, mientras que al 100% MDS, la Calicata 3 presenta el mayor valor con 37.94 y la Calicata 2 el menor con 37.67. Estos resultados reflejan la capacidad de soporte del suelo, esencial para la estabilidad de la estructura vial.

❖ Avenida Andrés Avelino

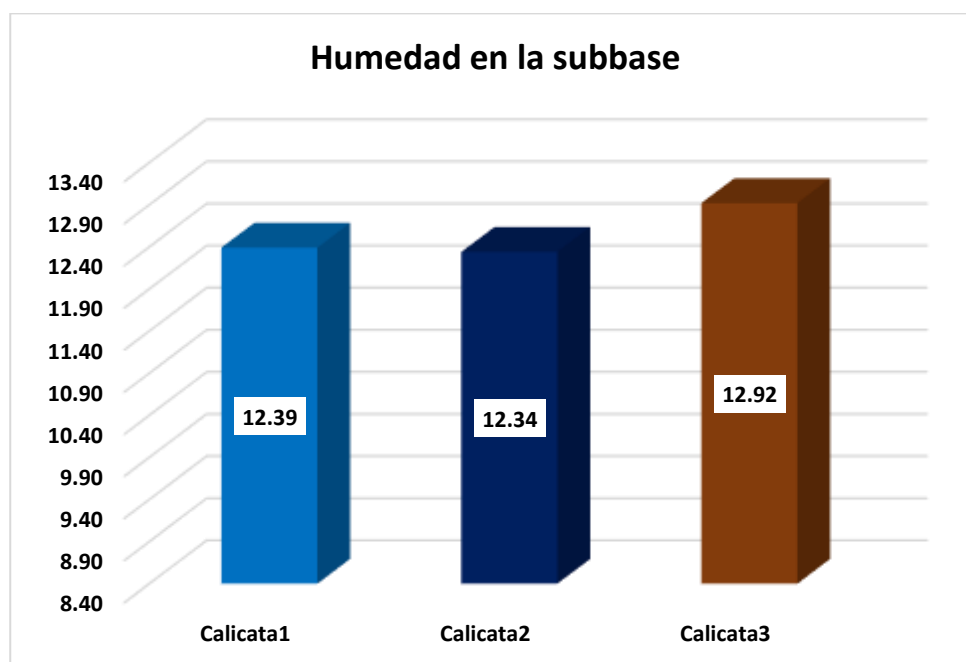
Tabla 27

Humedad en la subbase

Humedad en la Subbase (%)	
Calicata1	12.39
Calicata2	12.34
Calicata3	12.92

Figura 27

Humedad en la subbase



Los resultados de la humedad en la subbase de la Avenida Andrés Avelino muestran valores cercanos entre las calicatas evaluadas. La Calicata 3 presenta la mayor humedad con 12.92%, mientras que la Calicata 2 tiene el menor valor con 12.34%. La Calicata 1 alcanza un 12.39%. Estos resultados son clave para determinar las condiciones de humedad y su influencia en la estabilidad de la subbase durante las intervenciones viales.

Tabla 28*Limites en la subbase*

Limites en la Subbase			
Detalle	LL	LP	IP
Calicata1	NP	NP	NP
Calicata2	NP	NP	NP
Calicata3	NP	NP	NP

Los resultados de los límites en la subbase de la Avenida Andrés Avelino muestran que las tres calicatas evaluadas no presentan propiedades plásticas, registrándose valores de NP (No Plástico) para el Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP). Esto indica que el material de la subbase es predominantemente granular, sin plasticidad ni cohesión significativa, características comunes en suelos arenosos o grava.

Tabla 29*Gradación en la calicata1*

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1 1/2"	260.34	10.41	10.41	89.59
1"	280.58	11.22	21.64	78.36
3/4"	298.62	11.94	33.58	66.42
1/2"	290.74	11.63	45.21	54.79
3/8"	367.63	14.71	59.92	40.08
No4	358.22	14.33	74.25	25.75
No10	217.89	8.72	82.96	17.04
No20	98.48	3.94	86.90	13.10
No40	80.36	3.21	90.11	9.89
No50	68.74	2.75	92.86	7.14
No100	60.29	2.41	95.28	4.72
No200	47.27	1.89	97.17	2.83
BASE	70.84	2.83	100.00	0.00
TOTAL	2500.00	100.00		
% PERDIDA	2.83			

Figura 28

Gradación en la calicata1

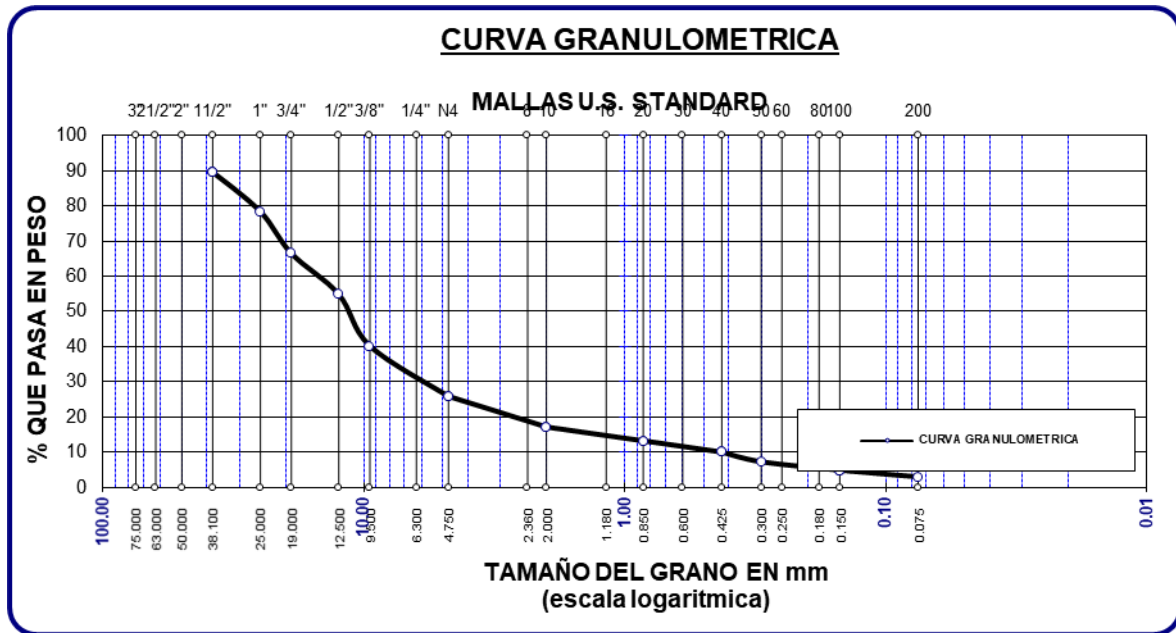


Tabla 30

Gradación en la calicata2

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1 1/2"	398.62	13.29	13.29	86.71
1"	402.56	13.42	26.71	73.29
3/4"	379.62	12.65	39.36	60.64
1/2"	392.87	13.10	52.46	47.54
3/8"	390.37	13.01	65.47	34.53
No4	407.60	13.59	79.05	20.95
No10	134.42	4.48	83.54	16.46
No20	105.67	3.52	87.06	12.94
No40	92.42	3.08	90.14	9.86
No 50	78.29	2.61	92.75	7.25
No100	66.49	2.22	94.96	5.04
No200	51.72	1.72	96.69	3.31
BASE	99.35	3.31	100.00	0.00
TOTAL	3000.00	100.00		
% PERDIDA	3.31			

Figura 29

Gradación en la calicata2

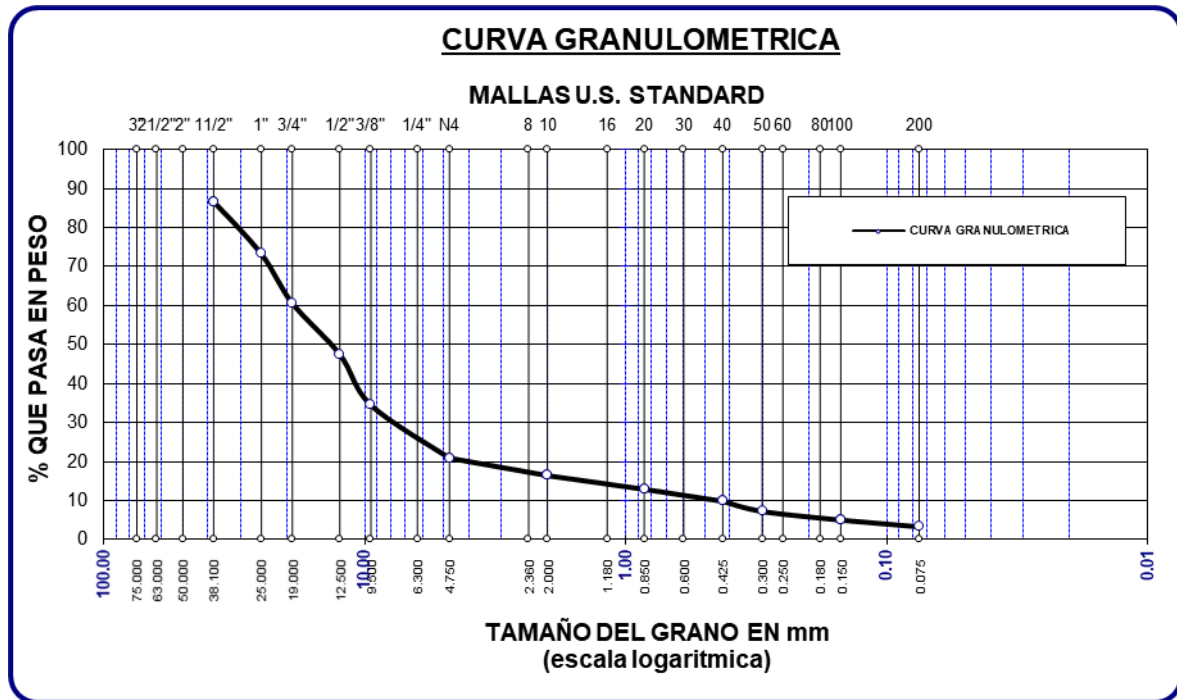


Tabla 31

Gradación en la calicata3

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1 1/2"	388.62	15.54	15.54	84.46
1"	357.26	14.29	29.84	70.16
3/4"	339.65	13.59	43.42	56.58
1/2"	317.26	12.69	56.11	43.89
3/8"	309.62	12.38	68.50	31.50
No4	300.50	12.02	80.52	19.48
No10	98.63	3.95	84.46	15.54
No20	84.32	3.37	87.83	12.17
No40	71.26	2.85	90.68	9.32
No 50	63.62	2.54	93.23	6.77
No100	55.23	2.21	95.44	4.56
No200	42.68	1.71	97.15	2.85
BASE	71.35	2.85	100.00	0.00
TOTAL	2500.00	100.00		
% PERDIDA	2.85			

Figura 30

Gradación en la calicata3

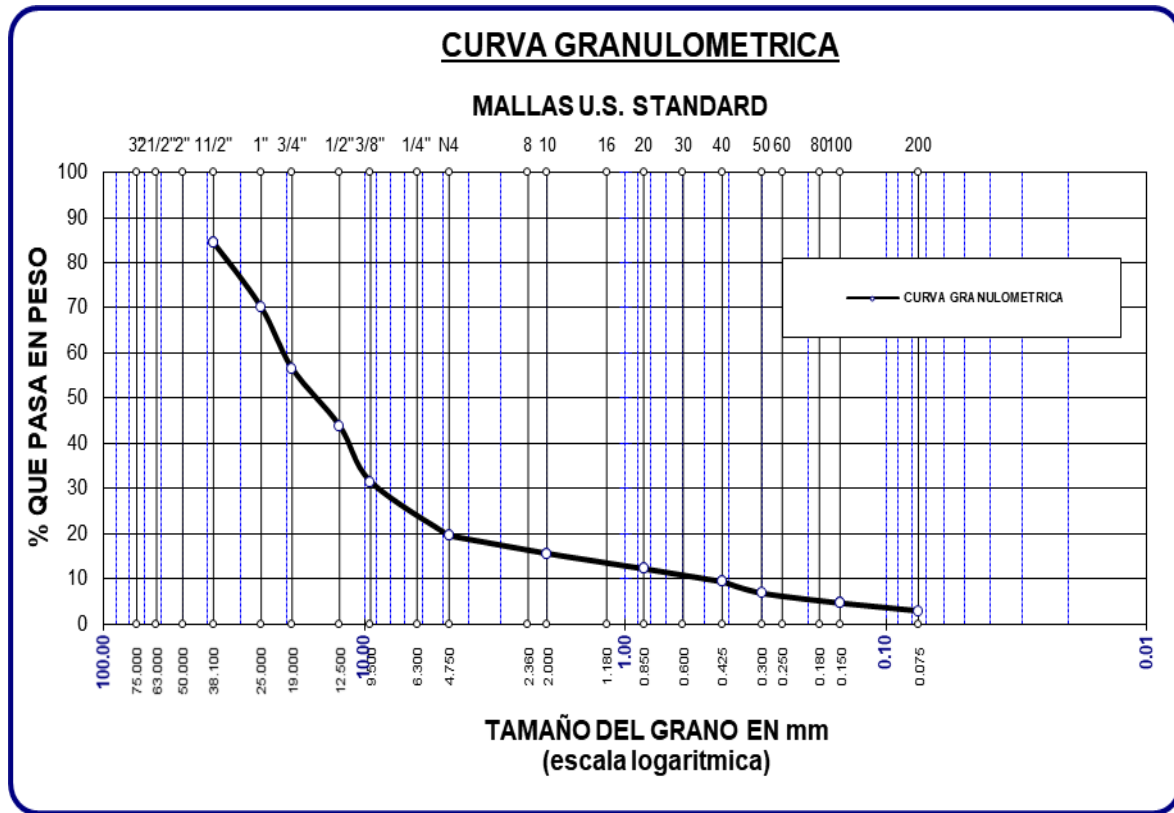


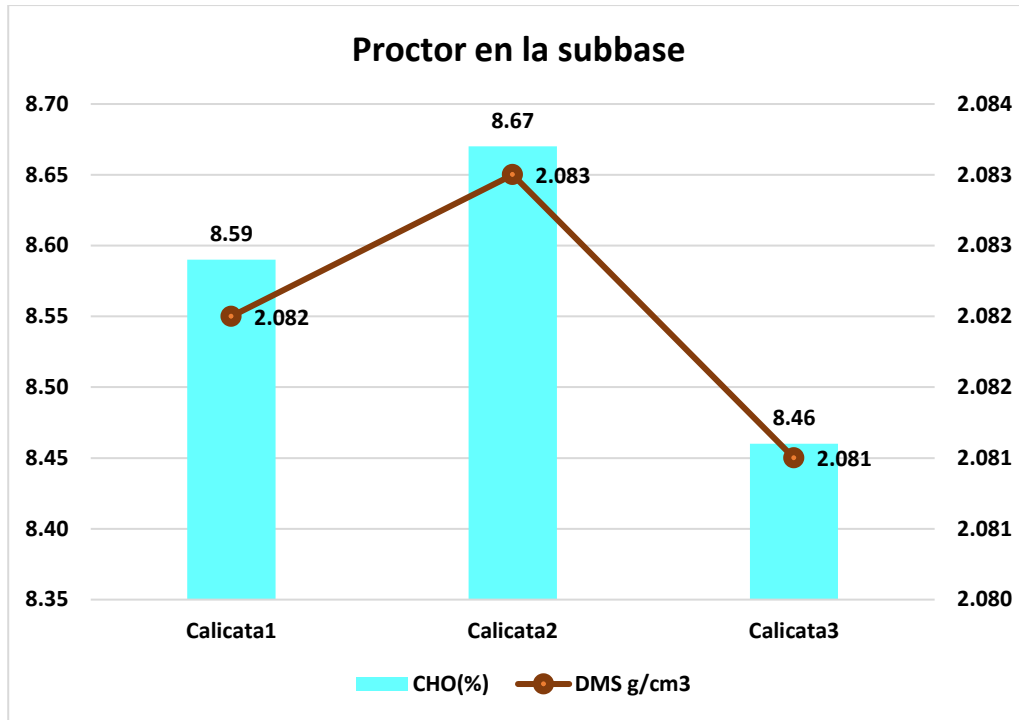
Tabla 32

Proctor en la subbase

Proctor en la Subbase		
Detalle	OCH (%)	MDS g/cm3
Calicata1	8.59	2.082
Calicata2	8.67	2.083
Calicata3	8.46	2.081

Figura 31

Proctor en la subbase



Los resultados del ensayo Proctor en la subbase de la Avenida Andrés Avelino muestran valores de contenido óptimo de humedad (CHO%) y densidad máxima seca (MDS) cercanos entre las calicatas. La Calicata 2 registra los valores más altos con 8.67% de CHO y 2.083 g/cm³ de MDS, mientras que la Calicata 3 presenta los valores más bajos con 8.46% y 2.081 g/cm³, respectivamente. La Calicata 1 alcanza 8.59% de CHO y 2.082 g/cm³ de MDS, reflejando una distribución homogénea del comportamiento del material evaluado.

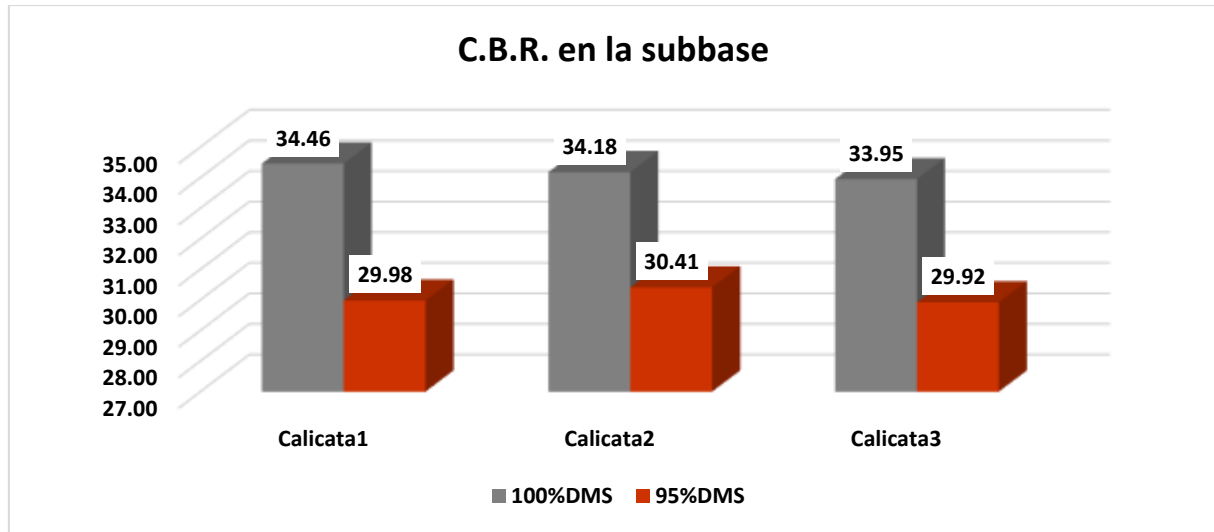
Tabla 33

CBR en la subbase

CBR en la Subbase		
Detalle	100%MDS	95%MDS
Calicata1	34.46	29.98
Calicata2	34.18	30.41
Calicata3	33.95	29.92

Figura 32

CBR en la subbase



Los resultados del CBR en la subbase de la Avenida Andrés Avelino muestran valores de resistencia cercanos entre las calicatas evaluadas. La Calicata 1 presenta el valor más alto con 34.46% (100% MDS) y 29.98% (95% MDS), seguida por la Calicata 2 con 34.18% y 30.41%. Por otro lado, la Calicata 3 registra 33.95% y 29.92%, respectivamente. Estos resultados indican una buena capacidad de soporte del material de subbase, siendo adecuados para su aplicación en infraestructura vial.

❖ Promedio de resultados en la subbase

Tabla 34

Comparativa en la subbase

Detalles	Resultados promedios en la subbase				CBR 100%
	Humedad %	IP %	Proctor		
			OCH (%)	MDS g/cm3	
Circunvalación Noroeste	12.83	6.31	9.23	2.08	37.81
Avenida Andrés Avelino	12.55	NP	8.57	2.08	34.20

Se muestra la comparativa de resultados en la subbase entre Circunvalación Noroeste y Avenida Andrés Avelino. Se observa que Circunvalación Noroeste presenta un mayor porcentaje de humedad (12.83%) y un Índice de Plasticidad (IP) de 6.31%, mientras que,

en Avenida Andrés Avelino, el IP no es plástico (NP) con una humedad de 12.55%. En el ensayo Proctor, ambos sitios tienen una MDS similar (2.08 g/cm^3), pero Circunvalación Noroeste alcanza un CBR al 100% superior (37.81%) en comparación con 34.20% de la Avenida Andrés Avelino. Estos valores indican una mayor capacidad de soporte en la subbase de Circunvalación Noroeste.

Tabla 35*Comparativa en la subbase*

Parámetros según el MTC - EG-2013 en la subbase				
Vía	Detalles de calicatas	IP	CBR	Parámetros según MTC
Avenida circunvalación Noroeste	1	6.31	37.83	IP 4% Max y CBR 40% min.
	2	6.11	37.67	
	3	6.51	37.94	
Avenida Andrés Avelino	1	NP	34.46	
	2	NP	34.18	
	3	NP	33.95	

Se muestra los parámetros establecidos por la MTC EG-2013 para la base donde se deduce que en cuanto al CBR ninguna cumple con lo mínimo requerido.

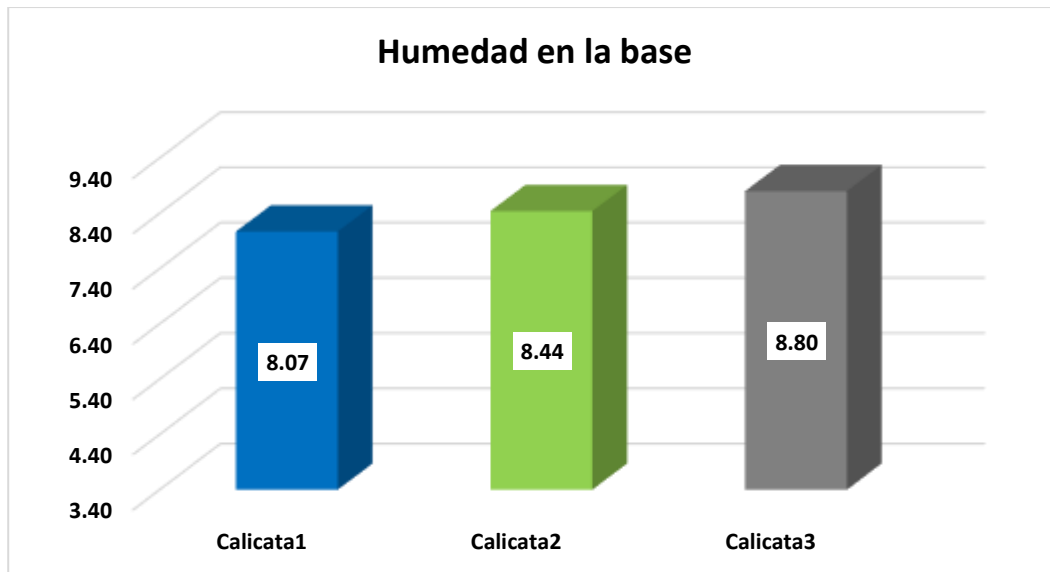
4.1.2.2 Estado de los materiales en la base en los pavimentos flexibles

❖ Avenida circunvalación Noroeste

Tabla 36*Humedad en la base*

Humedad en la Base (%)	
Calicata1	8.07
Calicata2	8.44
Calicata3	8.80

Figura 33

Humedad en la base

Se presentan los valores de humedad en la base de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste. La Calicata 3 registra el mayor valor con 8.80%, seguida de la Calicata 2 con 8.44%, mientras que la Calicata 1 presenta el menor valor con 8.07%. Estas variaciones reflejan diferencias en la capacidad de retención de agua en la base, lo cual es clave para evaluar su comportamiento frente a cargas y estabilidad.

Tabla 37

Limites en la base

Detalle	Limites en la Base		
	LL	LP	IP
Calicata1	5.92	NP	NP
Calicata2	6.31	NP	NP
Calicata3	6.73	NP	NP

Se presentan los límites líquidos (LL), plásticos (LP) e índice de plasticidad (IP) en la base de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste. Los valores de LL varían entre 5.92% y 6.73%, con el mayor valor en la Calicata 3 y el menor en la Calicata 1. No se presentan límites plásticos ni índices de plasticidad (NP), indicando la naturaleza no plástica del material, lo que refleja su idoneidad para proporcionar estabilidad en la base.

Tabla 38

Gradación en la calicata1

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1"	254.74	12.737	12.737	87.263
3/4"	192.47	9.6235	22.3605	77.6395
1/2"	198.74	9.937	32.2975	67.7025
3/8"	165.84	8.292	40.5895	59.4105
1/4"	232.47	11.6235	52.213	47.787
No4	140.27	7.0135	59.2265	40.7735
No10	126.79	6.3395	65.566	34.434
No20	145.79	7.2895	72.8555	27.1445
No40	105.87	5.2935	78.149	21.851
No 50	90.67	4.5335	82.6825	17.3175
No100	50.47	2.5235	85.206	14.794
No200	25.68	1.284	86.49	13.51
BASE	270.20	13.51	100	0
TOTAL	2000.00	100		
% PERDIDA	13.51			

Figura 34

Gradación en la calicata1

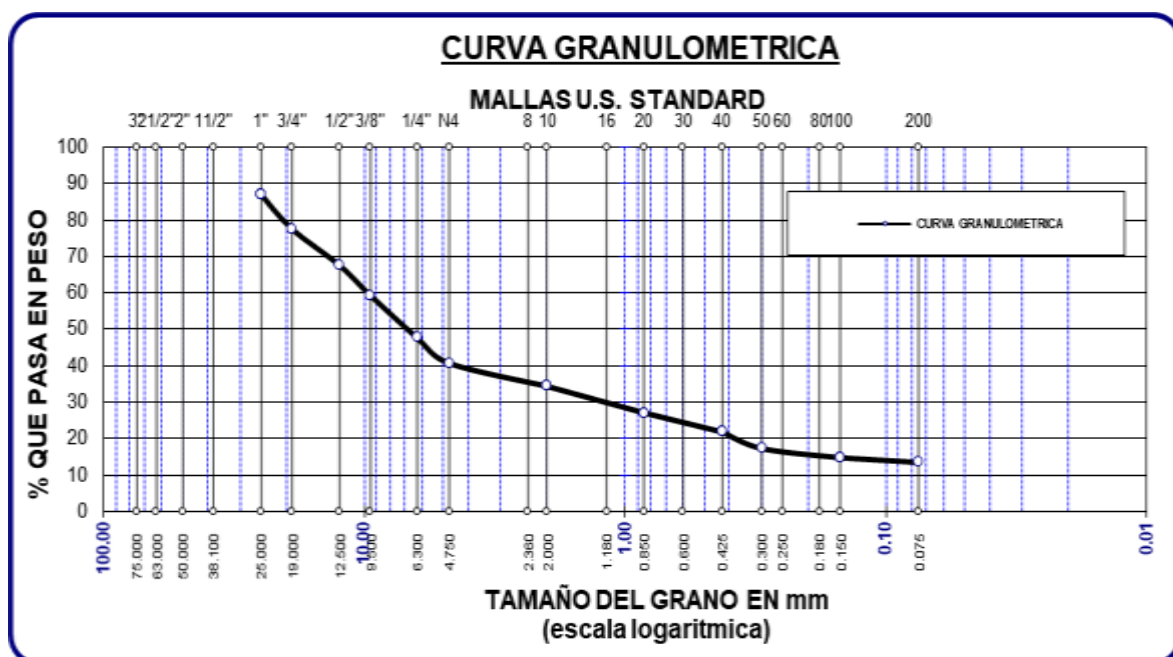


Tabla 39

Gradación en la calicata2

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1"	260.74	13.037	13.037	86.963
3/4"	170.29	8.5145	21.5515	78.4485
1/2"	200.48	10.024	31.5755	68.4245
3/8"	164.39	8.2195	39.795	60.205
1/4"	248.72	12.436	52.231	47.769
No4	132.67	6.6335	58.8645	41.1355
No10	234.89	11.7445	70.609	29.391
No20	168.92	8.446	79.055	20.945
No40	124.68	6.234	85.289	14.711
No 50	95.74	4.787	90.076	9.924
No100	54.78	2.739	92.815	7.185
No200	87.92	4.396	97.211	2.789
BASE	55.78	2.789	100	0
TOTAL	2000	100		
% PERDIDA	2.789			

Figura 35

Gradación en la calicata2

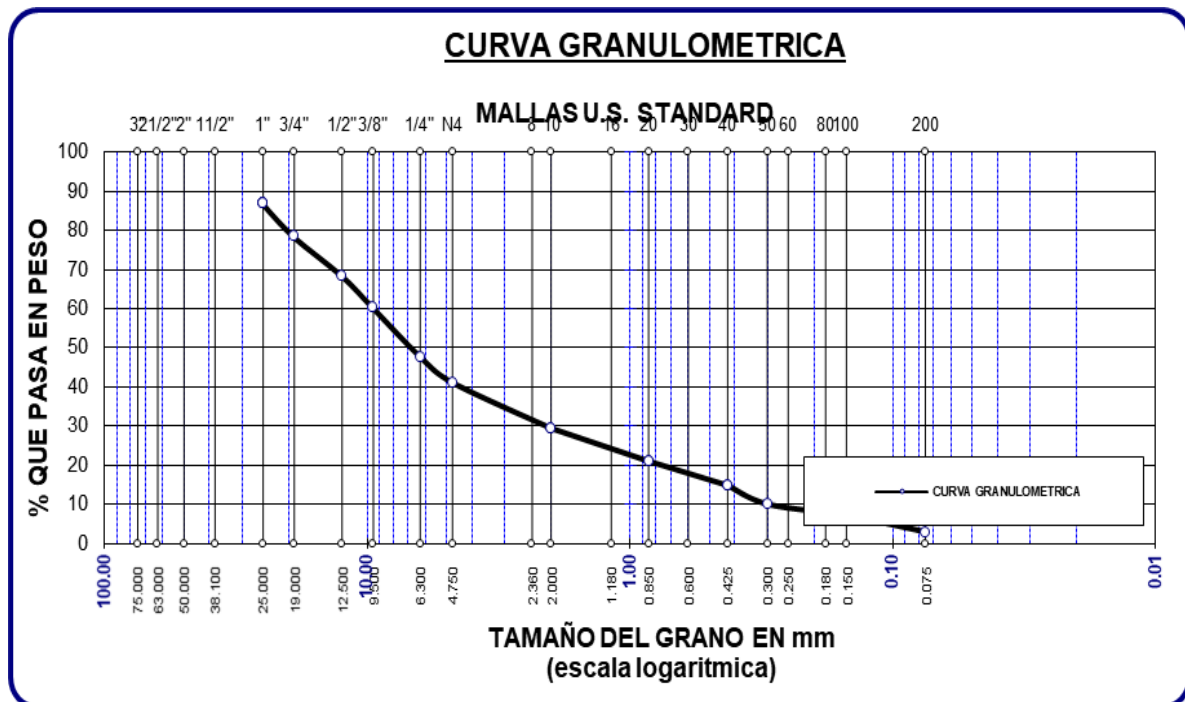


Tabla 40

Gradación en la calicata3

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
1"	269.34	13.467	13.467	86.533
3/4"	210.54	10.527	23.994	76.006
1/2"	192.78	9.639	33.633	66.367
3/8"	170.64	8.532	42.165	57.835
No4	187.62	9.381	51.546	48.454
No10	99.74	4.987	56.533	43.467
No20	179.84	8.992	65.525	34.475
No40	100.56	5.028	70.553	29.447
No 50	94.63	4.7315	75.2845	24.7155
No100	26.78	1.339	76.6235	23.3765
No200	52.36	2.618	79.2415	20.7585
BASE	415.17	20.7585	100	0
TOTAL	2000	100		
% PERDIDA	20.7585			

Figura 36

Gradación en la calicata3

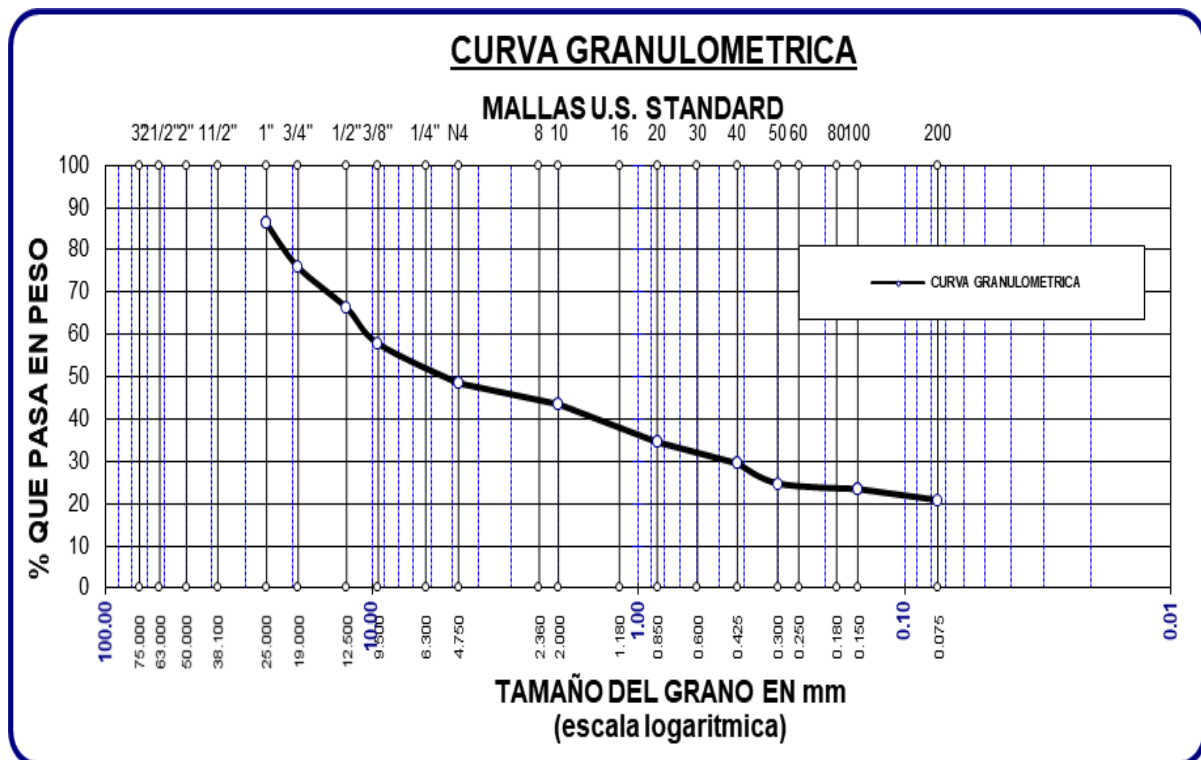


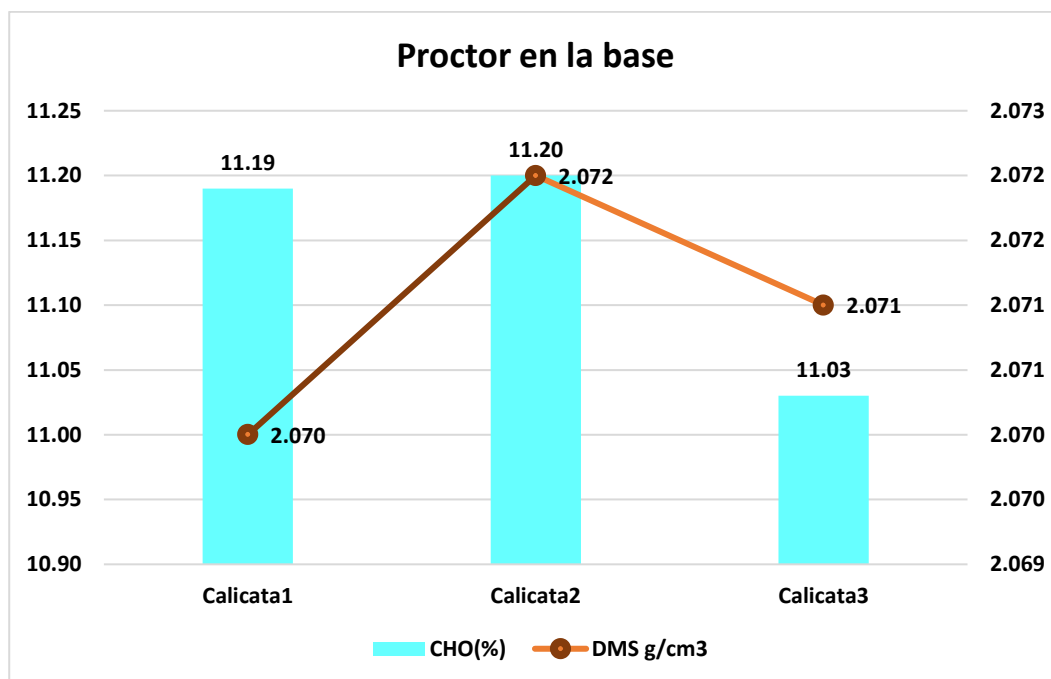
Tabla 41

Proctor en la base

Proctor en la Base		
Detalle	OCH (%)	MDS g/cm ³
Calicata1	11.19	2.070
Calicata2	11.20	2.072
Calicata3	11.03	2.071

Figura 37

Proctor en la base



Se presentan los valores de humedad óptima (CHO%) y densidad máxima seca (MDS) en la base de tres calicatas de la avenida Circunvalación Noroeste. La humedad óptima varía ligeramente entre 11.03% en la Calicata 3 y 11.20% en la Calicata 2, que también presenta la mayor MDS con 2.072 g/cm³. Estos resultados reflejan la compactación y la capacidad portante del material en la base, importantes para el diseño estructural del pavimento.

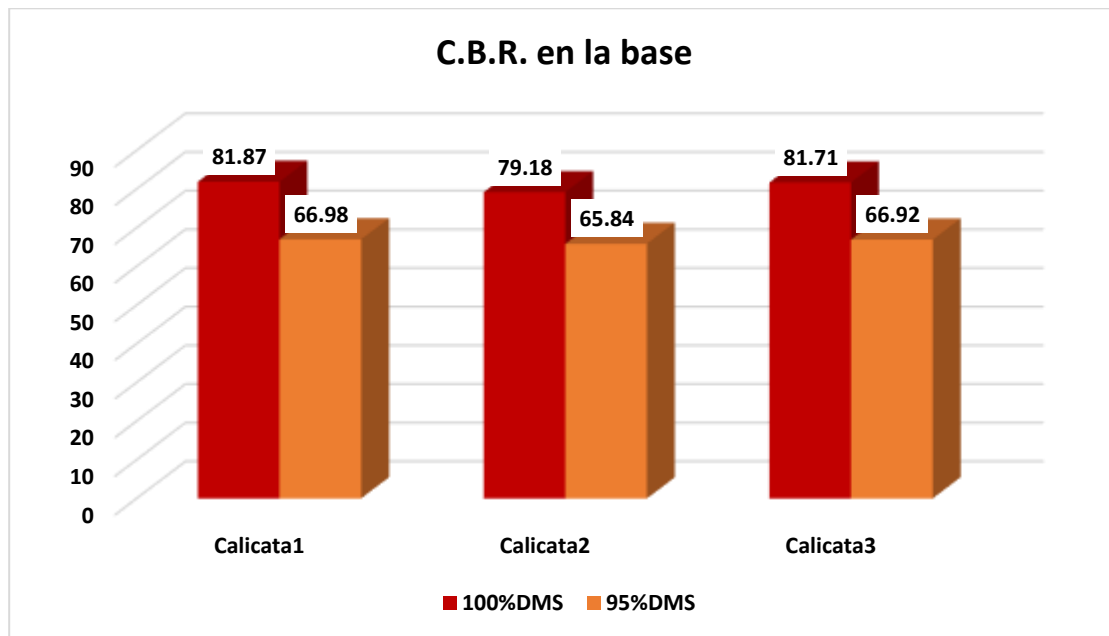
Tabla 42

CBR en la base

CBR en la Base		
Detalle	100%MDS	95%MDS
Calicata1	81.87	66.98
Calicata2	79.18	65.84
Calicata3	81.71	66.92

Figura 38

CBR en la base



Se presentan los valores del CBR en la base de tres calicatas en la avenida Circunvalación Noroeste, considerando condiciones de 100% y 95% de MDS. El valor de CBR para la calicata 1 muestra una mejora significativa al usar el 100%MDS, alcanzando un 81.87, mientras que con el 95%MDS se obtiene un valor de 66.98. En la calicata 2, el CBR con 100%MDS es de 79.18, mientras que con 95%MDS es de 65.84. Aunque la diferencia es algo menor que en la Calicata 1. Para la calicata 3, el valor de CBR con 100%MDS es de 81.71, y con 95%MDS es de 66.92.

❖ Avenida Andrés Avelino

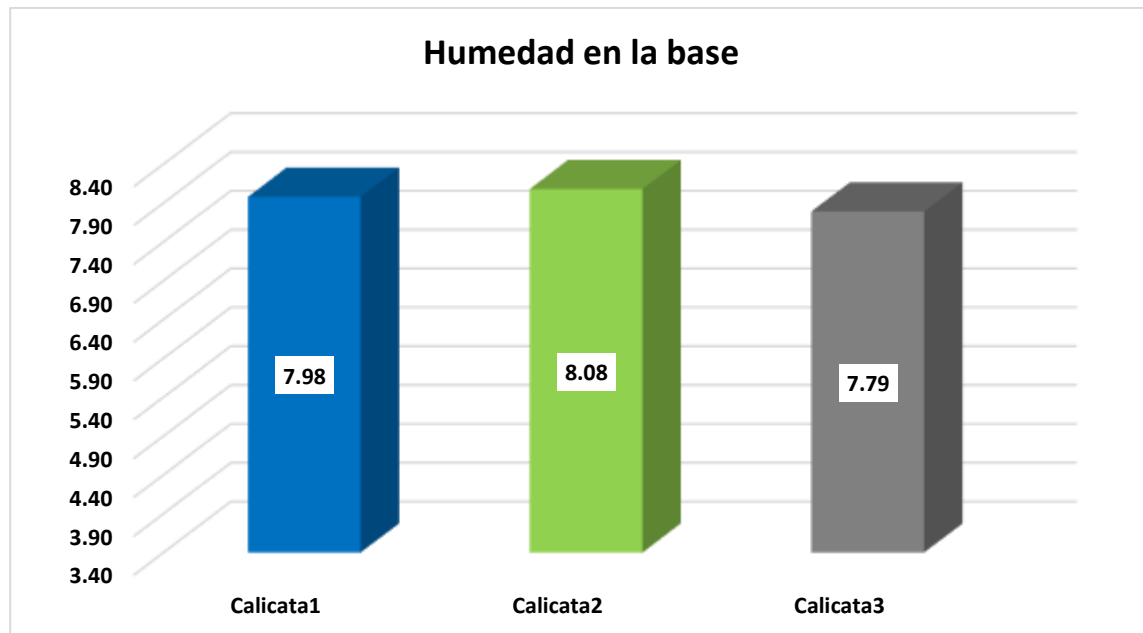
Tabla 43

Humedad en la base

Humedad en la Base (%)	
Calicata1	7.98
Calicata2	8.08
Calicata3	7.79

Figura 39

Humedad en la base



Los resultados de humedad en la base de la Avenida Andrés Avelino muestran valores ligeramente variables entre las calicatas evaluadas. La Calicata 2 presenta el mayor porcentaje de humedad con 8.08%, seguida por la Calicata 1 con 7.98%. La Calicata 3 registra el valor más bajo con 7.79%. Estos resultados permiten evaluar la condición de humedad del material de la base, influyendo en su desempeño estructural en proyectos viales.

Tabla 44*Limites en la base*

Limites en la Base			
Detalle	LL	LP	IP
Calicata1	7.41	NP	NP
Calicata2	7.22	NP	NP
Calicata3	7.51	NP	NP

Los resultados de los límites en la base de la Avenida Andrés Avelino muestran que las calicatas no presentan propiedades plásticas, registrándose NP (No Plástico) para el Límite Plástico (LP) y el Índice de Plasticidad (IP). El Límite Líquido (LL) varía ligeramente: 7.41% en la Calicata 1, 7.22% en la Calicata 2 y 7.51% en la Calicata 3. Esto indica un material granular con mínima plasticidad, típico de bases con bajo contenido de finos.

Tabla 45*Gradación en la calicata1*

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	344.65	13.79	13.79	86.21
1 1/2"	322.57	12.90	26.69	73.31
1"	302.62	12.10	38.79	61.21
3/4"	290.71	11.63	50.42	49.58
1/2"	281.62	11.26	61.69	38.31
3/8"	259.63	10.39	72.07	27.93
No4	250.64	10.03	82.10	17.90
No10	95.62	3.82	85.92	14.08
No20	84.75	3.39	89.31	10.69
No40	70.16	2.81	92.12	7.88
No 50	62.49	2.50	94.62	5.38
No100	54.62	2.18	96.80	3.20
No200	42.33	1.69	98.50	1.50
BASE	37.59	1.50	100.00	0.00
TOTAL	2500.00	100.00		
% PERDIDA	1.50			

Figura 40

Gradación en la calicata1

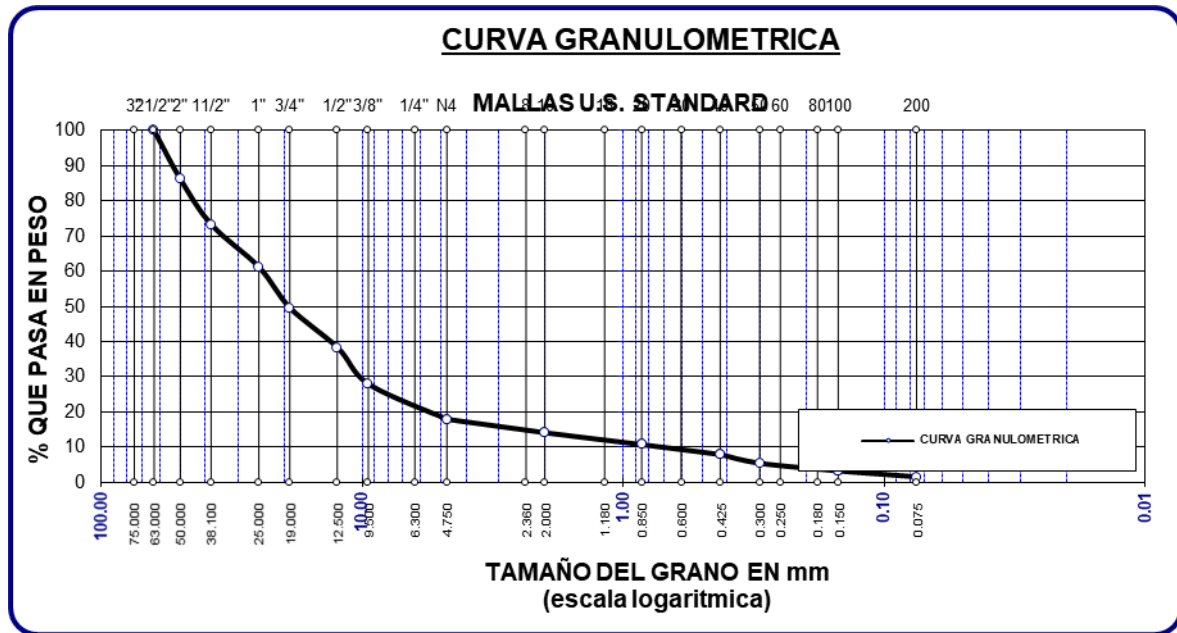


Tabla 46

Gradación en la calicata2

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	365.78	14.63	14.63	85.37
1 1/2"	337.26	13.49	28.12	71.88
1"	300.56	12.02	40.14	59.86
3/4"	290.65	11.63	51.77	48.23
1/2"	275.78	11.03	62.80	37.20
3/8"	250.56	10.02	72.82	27.18
No4	230.18	9.21	82.03	17.97
No10	100.06	4.00	86.03	13.97
No20	94.78	3.79	89.82	10.18
No40	82.64	3.31	93.13	6.87
No 50	60.27	2.41	95.54	4.46
No100	55.36	2.21	97.76	2.24
No200	42.65	1.71	99.46	0.54
BASE	13.47	0.54	100.00	0.00
TOTAL	2500.00	100.00		
% PERDIDA	0.54			

Figura 41

Gradación en la calicata2

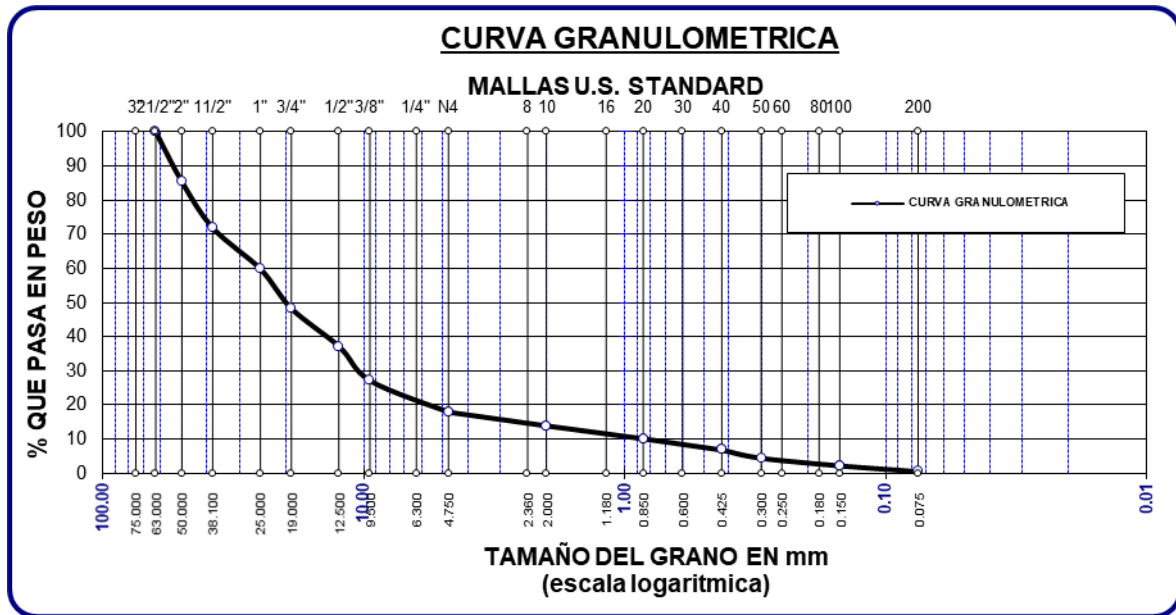


Tabla 47

Gradación en la calicata3

Tamiz	Pes. Ret.	%Ret.	%Ret. Parcial	% Pasante
2 1/2"	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	370.56	14.82	14.82	85.18
1 1/2"	334.26	13.37	28.19	71.81
1"	310.24	12.41	40.60	59.40
3/4"	300.56	12.02	52.62	47.38
1/2"	290.00	11.60	64.22	35.78
3/8"	260.65	10.43	74.65	25.35
No4	235.97	9.44	84.09	15.91
No10	84.36	3.37	87.46	12.54
No20	74.26	2.97	90.43	9.57
No40	60.38	2.42	92.85	7.15
No 50	54.87	2.19	95.04	4.96
No100	49.62	1.98	97.03	2.97
No200	42.77	1.71	98.74	1.26
BASE	31.50	1.26	100.00	0.00
TOTAL	2500.00	100.00		
% PERDIDA	1.26			

Figura 42

Gradación en la calicata3

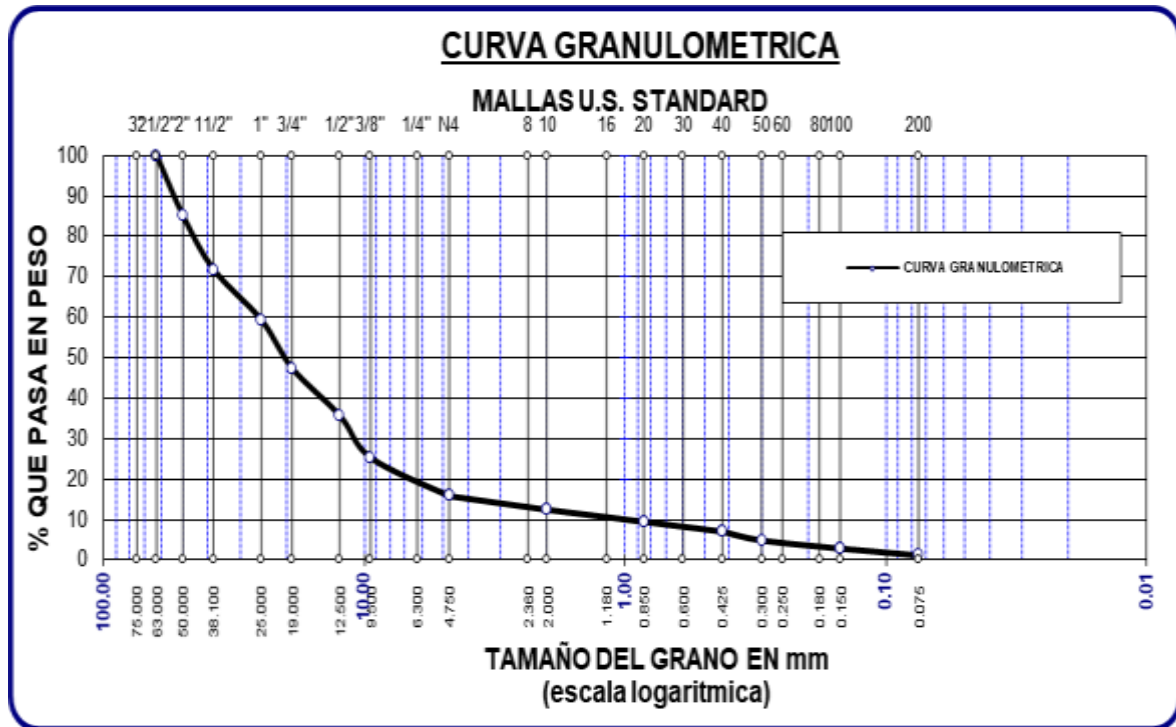


Tabla 48

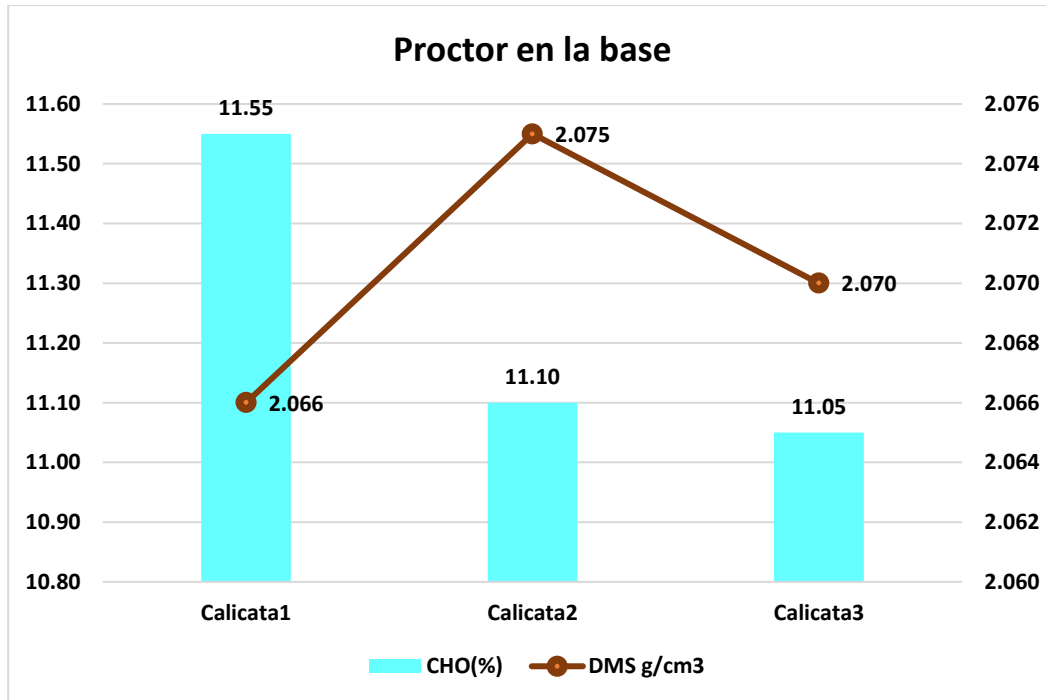
Proctor en la base

Proctor en la Base		
Detalle	OCH (%)	MDS g/cm3
Calicata1	11.55	2.066
Calicata2	11.10	2.075
Calicata3	11.05	2.070

Se muestran los resultados del proctor en la capa base del pavimento de la Avenida Andrés Avelino, aunque se muestran variaciones en el contenido óptimo de humedad y la densidad seca.

Figura 43

Proctor en la base



Los resultados del ensayo Proctor en la base de la Avenida Andrés Avelino muestran variaciones en el contenido óptimo de humedad (CHO%) y la densidad máxima seca (MDS). La Calicata 1 presenta el mayor CHO% con 11.55% y una MDS de 2.066 g/cm³. La Calicata 2 registra la MDS más alta con 2.075 g/cm³ y un CHO% de 11.10%, mientras que la Calicata 3 tiene 11.05% y 2.070 g/cm³, respectivamente. Estos valores son relevantes para evaluar la compactación y estabilidad del material en la base.

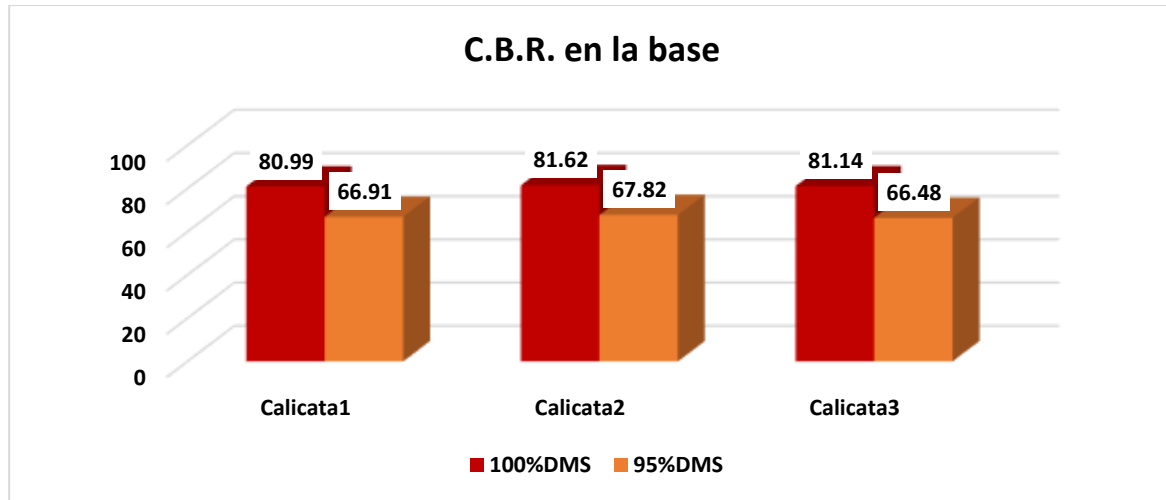
Tabla 49

CBR en la base

Detalle	CBR en la Base	
	100%MDS	95%MDS
Calicata1	80.99	66.91
Calicata2	81.62	67.82
Calicata3	81.14	66.48

Figura 44

CBR en la base



Los resultados del CBR en la base de la Avenida Andrés Avelino muestran una buena capacidad de soporte en las tres calicatas evaluadas. En la calicata 1, el CBR con un 100%MDS alcanzó un valor de 80.99, mientras que con un 95%MDS fue de 66.91. Para la calicata 2, la resistencia a la compresión fue de 81.62 con el 100%MDS, mientras que con el 95%MDS el CBR fue de 67.82. En la calicata 3, el valor de CBR con el 100%MDS fue de 81.14, mientras que con el 95%MDS se obtuvo un valor de 66.48.

❖ **Promedio de resultados en la base**

Tabla 50

Comparativa en la base

Detalles	Resultados promedios en la base				
	Humedad %	IP %	Proctor		CBR 100%
			OCH (%)	MDS g/cm3	
Circunvalación Noroeste	8.44	NP	11.14	2.07	80.92
Avenida Andrés Avelino	7.95	NP	11.23	2.07	81.25

Se muestra la comparativa de resultados en la base entre las zonas de Circunvalación Noroeste y Avenida Andrés Avelino. Los resultados reflejan diferencias en las propiedades

del material evaluado. En cuanto a la humedad, Circunvalación Noroeste registra un valor ligeramente superior (8.44%) frente a 7.95% en la Avenida Andrés Avelino, lo que podría influir en la compactación y comportamiento estructural del material. El (IP) no es plástico (NP) en ambos casos. En el ensayo Proctor, los valores de MDS son iguales (2.07 g/cm^3) para ambos, pero el CBR al 100% es mayor en Avenida Andrés Avelino (81.25%) frente a 80.92 % en Circunvalación Noroeste. Esto indica que la base de Avenida Andrés Avelino tiene una mayor capacidad de soporte.

Tabla 51*Comparativa en la base*

Vía	Parámetros según el MTC en la base			Parámetros según MTC
	Detalles de calicatas	IP	CBR	
Avenida circunvalación Noroeste	1	NP	81.87	IP 2% min y CBR 100%
	2	NP	79.18	
	3	NP	81.71	
Avenida Andrés Avelino	1	NP	80.99	
	2	NP	81.62	
	3	NP	81.14	

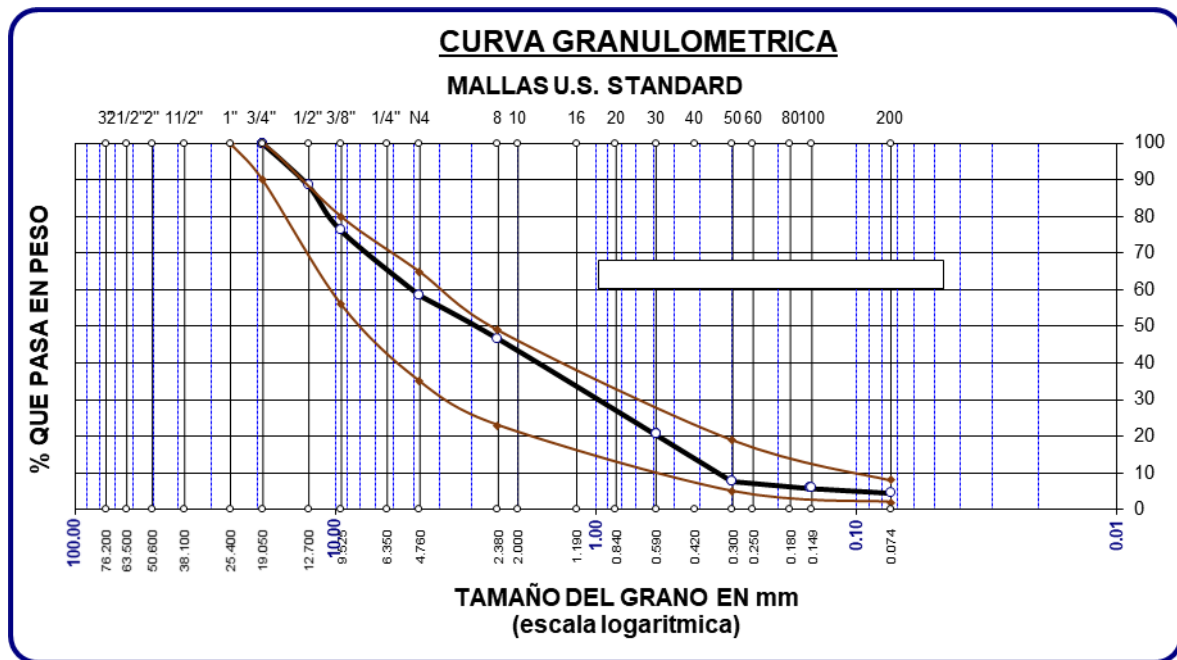
Se muestra una comparativa de los parámetros establecidos por el MTC para la base de pavimento en las vías Avenida Circunvalación Noroeste y Avenida Andrés Avelino, evaluando los valores de IP y CBR en diferentes calicatas. En la Avenida Circunvalación Noroeste, ninguno de los valores de CBR (79.18, 81.71, 79.18) cumple con el mínimo requerido por el MTC, de igual manera en la Avenida Andrés Avelino, los valores de CBR (80.99, 81.62, 81.14) no cumplen con los estándares establecidos. En consecuencia, se concluye que en la Avenida Circunvalación Noroeste no se alcanza el valor mínimo de CBR 100%, así como en la Avenida Andrés Avelino tampoco se cumplen los parámetros exigidos.

4.1.3 Estado de la carpeta asfáltica en pavimentos flexibles

❖ Circunvalación Noroeste

Figura 45

Gradación en la calicata 1-lavado asfáltico



En la calicata 1 se observa la gradación del lavado asfáltico, evidenciándose claramente que la curva de gradación se encuentra dentro de los parámetros establecidos, cumpliendo con lo exigido por la normativa EG-2013.

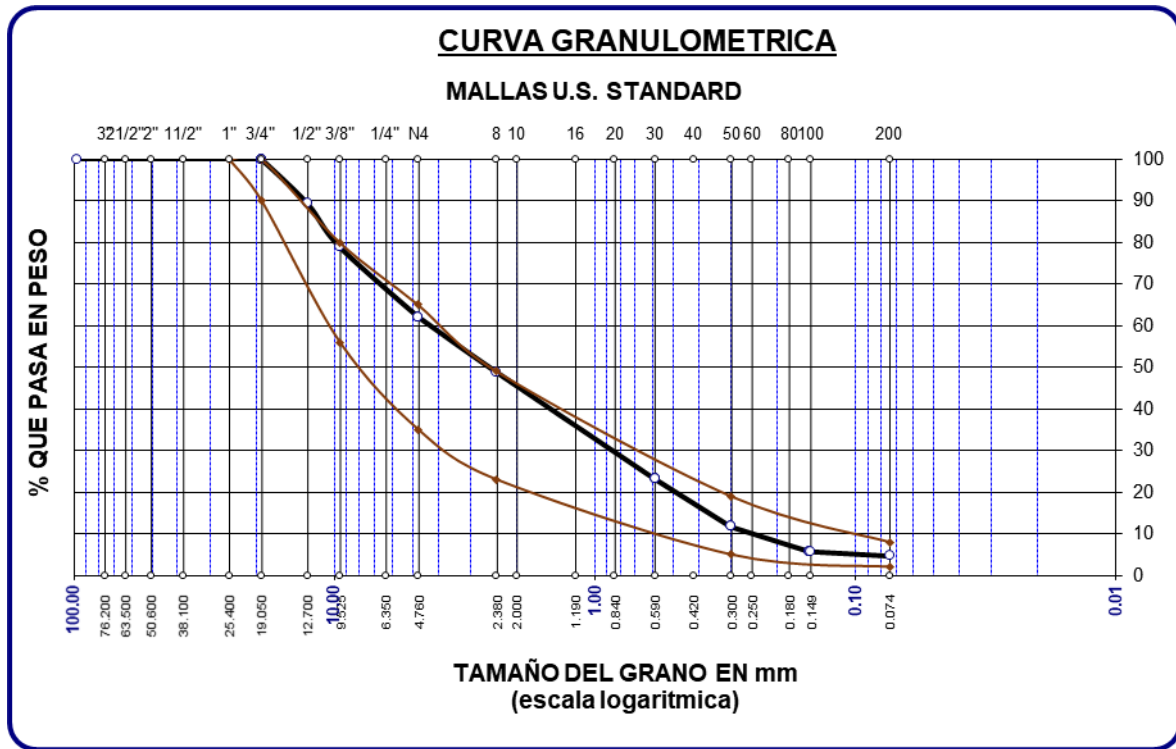
Cálculo del % de asfalto en la Calicata 1:

$$\%Asfalto = \frac{Pes. Muestra}{Pes. sin asfalto} = \dots \%$$

La muestra de asfalto tuvo un peso inicial de 1530 g antes del lavado y un peso final de 1459.48 g después del lavado. Por lo tanto, el porcentaje de asfalto lavado fue del 4.61%.

Figura 46

Gradación en la calicata2-lavado asfaltico



En la calicata 2 se observa la gradación del lavado asfáltico, evidenciándose claramente que la curva de gradación se encuentra dentro de los parámetros establecidos, cumpliendo con lo exigido por la normativa EG-2013.

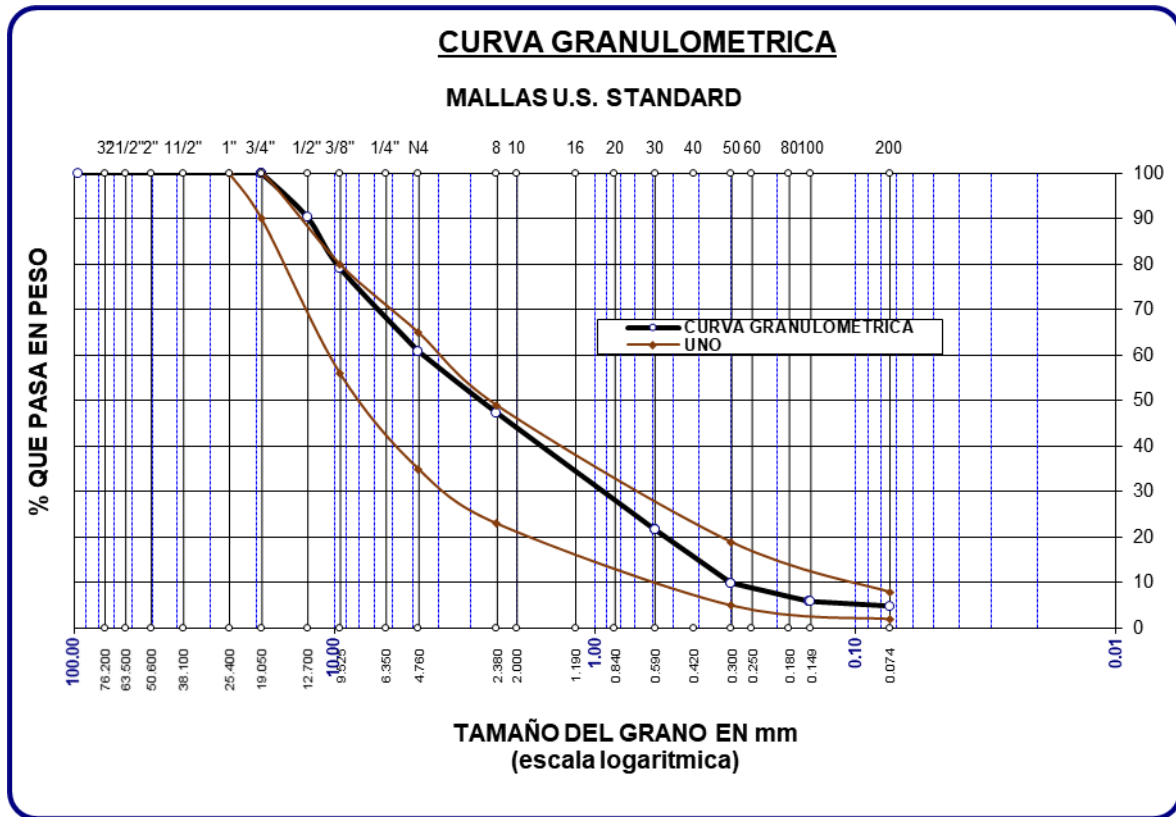
Cálculo del % de asfalto en la Calicata2:

$$\%Asfalto = \frac{Pes. Muestra}{Pes. sin asfalto} = \dots \%$$

La muestra de asfalto tuvo un peso inicial de 1477 g antes del lavado y un peso final de 1406.46 g después del lavado. Por lo tanto, el porcentaje de asfalto lavado fue del 4.78%.

Figura 47

Gradación en la calicata3-lavado asfáltico



En la calicata 3 se observa la gradación del lavado asfáltico, evidenciándose claramente que la curva de gradación se encuentra dentro de los parámetros establecidos, cumpliendo con lo exigido por la normativa EG-2013.

Cálculo del % de asfalto en la Calicata3:

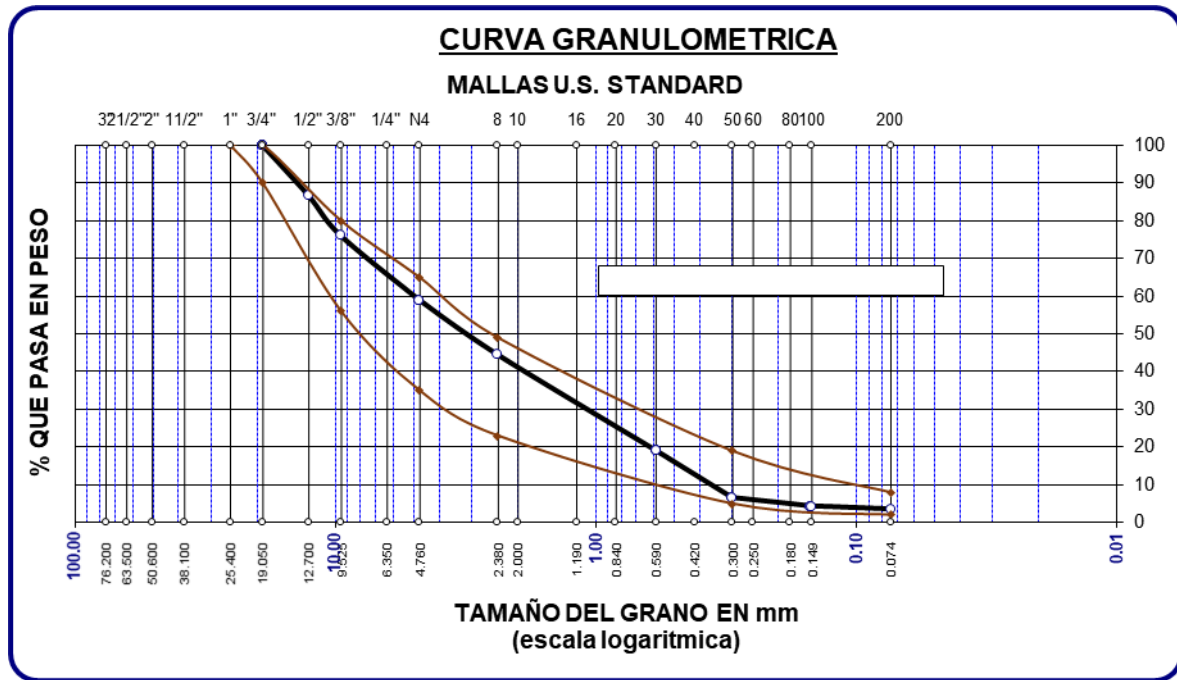
$$\%Asfalto = \frac{Pes. Muestra}{Pes. sin asfalto} = \dots \%$$

La muestra de asfalto tuvo un peso inicial de 1470 g antes del lavado y un peso final de 1399.20 g después del lavado. Por lo tanto, el porcentaje asfalto lavado fue del 4.82%.

❖ Avenida Andrés Avelino Cáceres

Figura 48

Gradación en la calicata 1-lavado asfáltico



En la calicata 1 se observa la gradación del lavado asfáltico, evidenciándose claramente que la curva de gradación se encuentra dentro de los parámetros establecidos, cumpliendo con lo exigido por la normativa EG-2013.

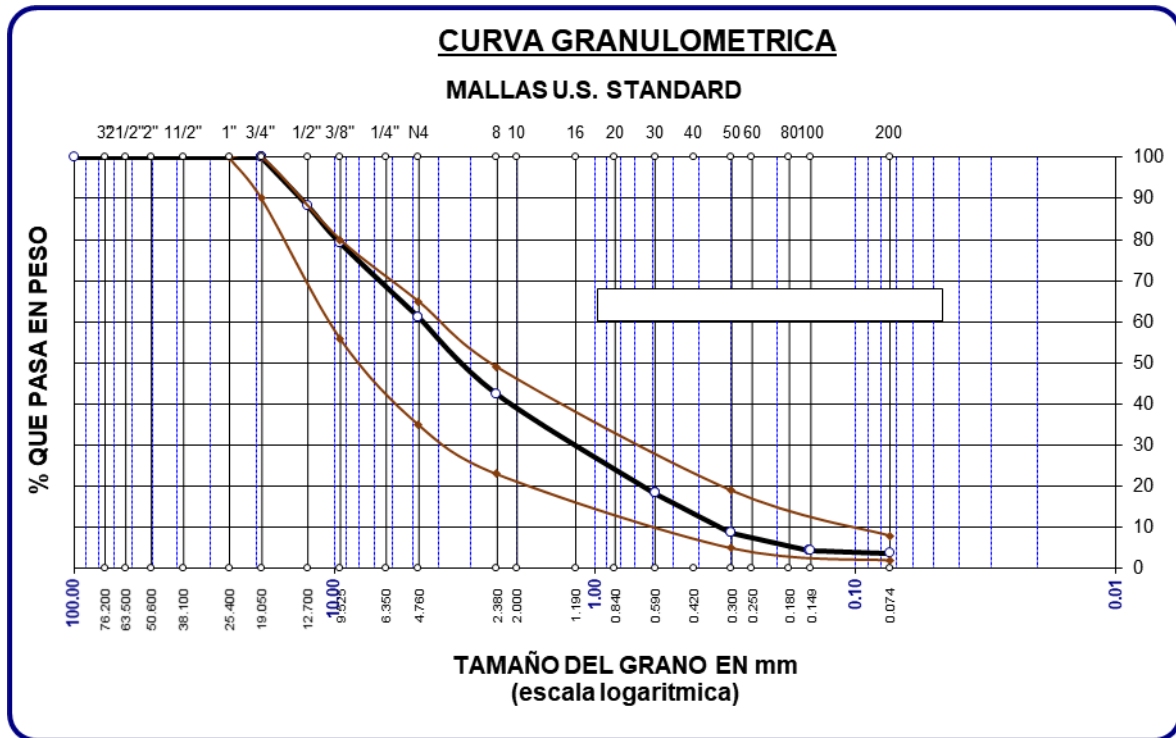
Cálculo del % de asfalto en la Calicata 1:

$$\%Asfalto = \frac{Pes. Muestra}{Pes. sin asfalto} = \dots \%$$

La muestra de asfalto tuvo un peso inicial de 1550 g antes del lavado y un peso final de 1495.80 g después del lavado. Por lo tanto, el porcentaje de asfalto lavado fue del 3.50%.

Figura 49

Gradación en la calicata2-lavado asfaltico



En la calicata 2 se observa la gradación del lavado asfáltico, evidenciándose claramente que la curva de gradación se encuentra dentro de los parámetros establecidos, cumpliendo con lo exigido por la normativa EG-2013.

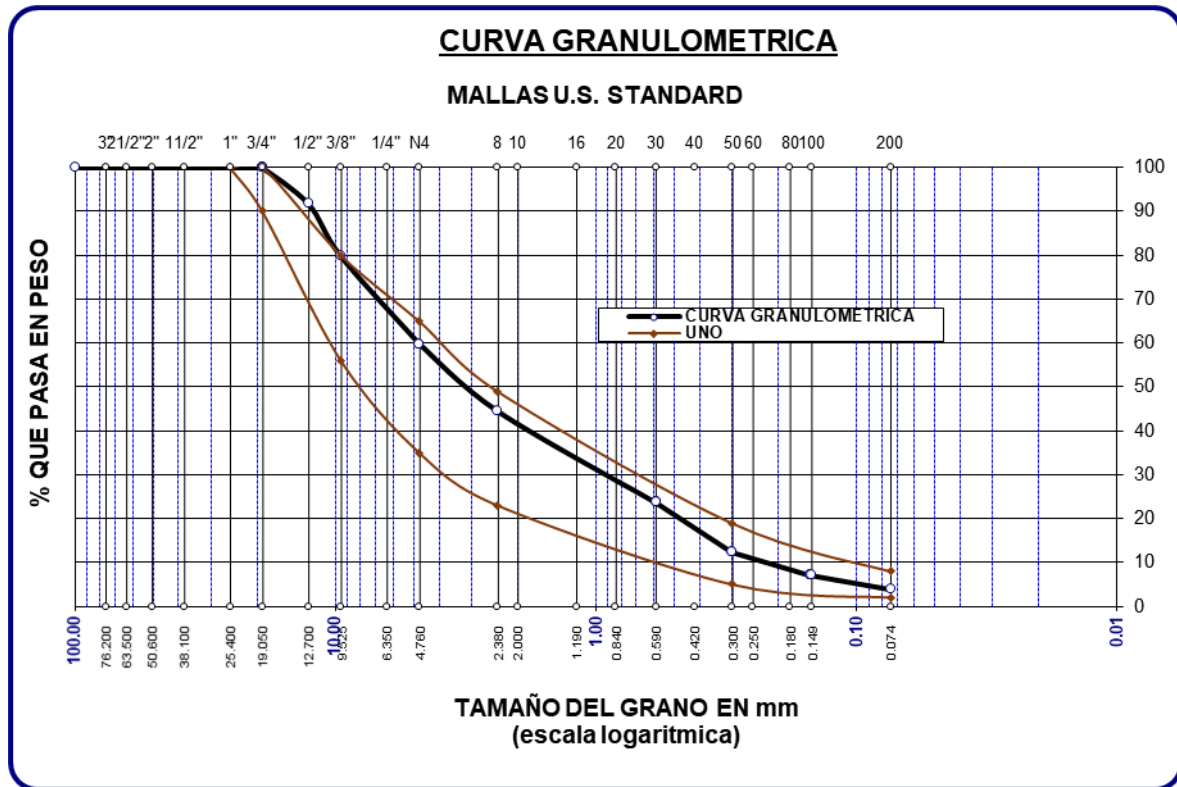
Cálculo del % de asfalto en la Calicata2:

$$\%Asfalto = \frac{Pes. Muestra}{Pes. sin asfalto} = \dots \%$$

La muestra de asfalto tuvo un peso inicial de 1490 g antes del lavado y un peso final de 1434.18 g después del lavado. Por lo tanto, el porcentaje de asfalto lavado fue del 3.75%.

Figura 50

Gradación en la calicata3-lavado asfáltico



En la calicata 3 se observa la gradación del lavado asfáltico, evidenciándose claramente que la curva de gradación se encuentra dentro de los parámetros establecidos, cumpliendo con lo exigido por la normativa EG-2013.

Cálculo del % de asfalto en la Calicata3:

$$\%Asafalto = \frac{Pes. Muestra}{Pes. sin asfalto} = \dots \%$$

La muestra de asfalto tuvo un peso inicial de 1490 g antes del lavado y un peso final de 1432.41 g después del lavado. Por lo tanto, el porcentaje de asfalto lavado fue del 3.87%.

Tabla 52*% de asfalto*

Circunvalación Noroeste		
Detalle	% asfalto	Promedio
Calica-1	4.61	
Calica-2	4.78	4.74
Calica-3	4.82	

Avenida Andrés Avelino		
Detalle	% asfalto	Promedio
Calica-1	3.5	
Calica-2	3.75	3.71
Calica-3	3.87	

Se presenta una comparativa del porcentaje de asfalto entre Circunvalación Noroeste y Avenida Andrés Avelino. En Circunvalación Noroeste, los valores de porcentaje de asfalto oscilan entre 4.61% y 4.82%, con un promedio de 4.74%, lo que refleja una mayor presencia de asfalto en sus muestras. En contraste, la Avenida Andrés Avelino presenta valores más bajos, que varían entre 3.5% y 3.87%, con un promedio de 3.71%.

Estos resultados indican que la Circunvalación Noroeste posee un mayor contenido de asfalto, lo que puede traducirse en una mejor cohesión y desempeño estructural de la superficie. En cambio, el menor porcentaje de asfalto en la Avenida Andrés Avelino podría implicar menor resistencia y durabilidad, afectando su capacidad para soportar tráfico y condiciones climáticas adversas.

4.1.4 Alternativas de intervención

De acuerdo con los resultados obtenidos en el análisis de las capas estructurales, se determinó que la subrasante de la circunvalación noroeste presentó un CBR de 8.05%, mientras que la avenida Andrés Avelino Cáceres registró un CBR de 6.77%. Estos valores reflejan un desempeño considerado regular para ambas vías, en función de los parámetros establecidos por la normativa EG-2013, lo que sugiere que estas subrasantes podrían



requerir estabilización o refuerzo adicional para soportar cargas mayores y garantizar una mayor durabilidad.

En cuanto a la subbase, los valores de CBR obtenidos fueron de 33.97% para la circunvalación noroeste y 30.10% para la avenida Andrés Avelino Cáceres. Ambos resultados superan el mínimo exigido por la normativa EG-2013, lo que indica que estas capas estructurales tienen una resistencia adecuada para desempeñar su función en la distribución de las cargas hacia la subrasante, contribuyendo a la estabilidad de las vías.

Finalmente, en relación con la capa base, se registraron valores de CBR de 44.40% para la circunvalación noroeste y 42.05% para la avenida Andrés Avelino Cáceres. Sin embargo, ambos resultados están por debajo de los requisitos mínimos especificados en la normativa EG-2013. Es necesario evaluar la posibilidad de realizar ajustes en el diseño estructural, como mejorar la calidad de los materiales o aumentar el espesor de la capa base, para cumplir con las especificaciones normativas y garantizar un adecuado desempeño de las vías.

En el análisis del lavado asfáltico, se observó un porcentaje regular en la circunvalación noroeste, lo que indica que los materiales cumplen con un desempeño aceptable dentro de los parámetros establecidos. Por otro lado, en la avenida Andrés Avelino Cáceres se registró un porcentaje inferior, lo cual no cumple con los requisitos mínimos establecidos por la normativa vigente.

Alternativas de intervención

1. Aplicación de Elastómeros SBS

La primera alternativa para mejorar las características de resistencia del pavimento flexible es la incorporación de elastómeros SBS, el tipo de polímero más utilizado a nivel mundial (representando aproximadamente el 95% del mercado). Este material incrementa la resistencia del pavimento hasta cinco veces más que el asfalto convencional. Entre sus principales beneficios destacan:

- Mejora la resistencia a deformaciones permanentes, reduciendo el ahuellamiento.

- Incrementa la resistencia al fisuramiento provocado por la fatiga generada por las cargas vehiculares.
- Proporciona mayor resistencia al escurrimiento y al flujo plástico.
- Mejora el comportamiento ante los efectos del agua y las variaciones térmicas.

Sin embargo, la aplicación de este elastómero requiere considerar la calidad del cemento asfáltico, ya que su incorporación no es simple y debe regirse por estrictos procedimientos de evaluación.

2. Capas Estabilizadas con Compuestos Puzolánicos

La segunda alternativa consiste en estabilizar las capas del pavimento con compuestos puzolánicos, como el cemento Portland, y emulsiones asfálticas. Este enfoque busca mejorar el soporte de las capas de la subbase y subrasante, optimizando su comportamiento estructural.

Al realizar la estabilización de la base con compuestos puzolánicos, el CBR de la subrasante estabilizada en la Avenida Circunvalación y la Avenida Andrés Avelino alcanzó los siguientes valores:

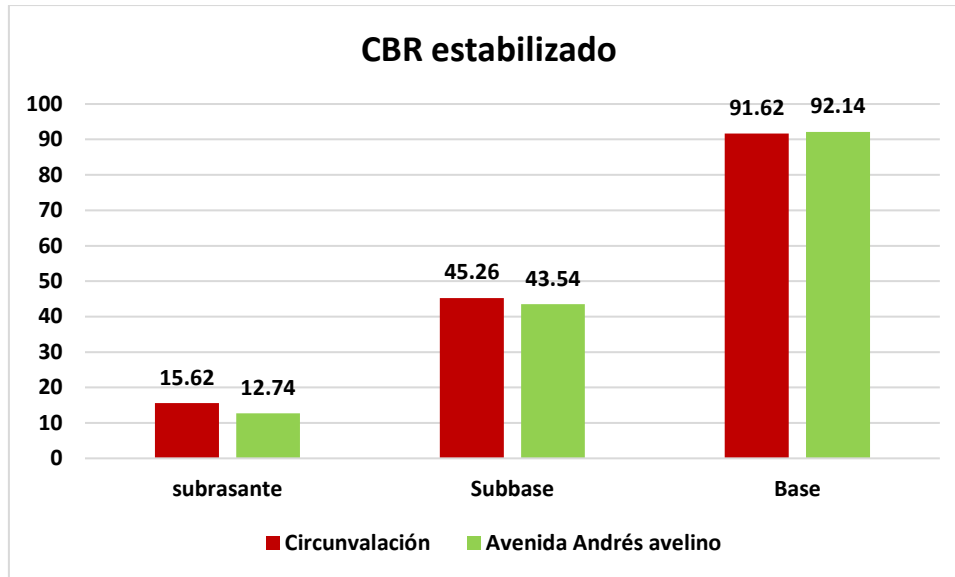
Tabla 53

CBR estabilizado con compuesto puzolánico

Detalle	CBR AL 95%	
	Circunvalación	Avenida Andrés avelino
subrasante	15.62	12.74
Subbase	45.26	43.54
Base	91.62	92.14

Figura 51

CBR estabilizado con compuesto puzolánico



Se muestra la comparación del CBR estabilizado con compuesto puzolánico al 95% en la Circunvalación y Avenida Andrés Avelino. Los resultados reflejan que Circunvalación presenta una mayor capacidad de soporte en todas las capas evaluadas: en la subrasante con 15.62% frente a 12.74%, en la subbase con 45.26% frente a 43.54%, y en la base con 91.62% frente a 92.14%. Aunque los valores de la Avenida Andrés Avelino son ligeramente inferiores, ambos casos evidencian una mejora significativa en la resistencia al incorporar el compuesto puzolánico, siendo Circunvalación la zona con mejor desempeño estructural.

3. Uso de Geotextiles y Geomallas Triaxiales:

La tercera alternativa es la aplicación de geotextiles, como geomallas triaxiales, especialmente en la subrasante. Este material mejora la distribución de cargas en la base, subbase y carpeta asfáltica, lo que:

- Incrementa la resistencia estructural del pavimento flexible.
- Permite optimizar el dimensionamiento de la estructura, reduciendo el espesor de las capas superiores y, en consecuencia, los costos de construcción de nuevas vías.



4.2 Discusión de resultados

La discusión de resultados para "Evaluación de la estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024" se fundamenta en los hallazgos y antecedentes expuestos, estableciendo comparaciones con investigaciones similares y destacando las particularidades del contexto local.

Los estudios de Chonillo & Palma (2021) revelaron que el deterioro del pavimento flexible está relacionado con fallas estructurales significativas como piel de cocodrilo, fisuras y hundimientos, lo cual coincide con las condiciones de las vías de alto deterioro de Juliaca. En ambos casos, se evidencia que el pavimento existente no puede soportar la carga proyectada, lo que sugiere que las alternativas de intervención deben incluir reconstrucción con materiales estabilizados, como reciclado de base y carpeta asfáltica. La problemática de sobrecapas no viables también es aplicable a Juliaca, debido a interferencias con obras existentes.

Por otro lado, Bravo (2023) utilizó la viga Benkelman para evaluar la deflexión del pavimento, obteniendo deflexiones críticas por encima de los límites admisibles. Este método resulta relevante para la evaluación de las vías deterioradas en Juliaca, ya que permite diagnosticar con precisión el comportamiento estructural del pavimento y determinar zonas de mayor deformación. Similar a Bravo, los resultados en la ciudad de Juliaca podrían mostrar deficiencias en la consolidación de las capas, derivadas del tráfico vehicular no controlado y la inadecuada preparación de la subrasante.

La investigación de Andrade (2022) y Espinoza & Jintiach (2022) también coincide en que las fallas identificadas, como desprendimientos, hundimientos y desgaste de agregados, son típicas de pavimentos flexibles con subrasantes de baja capacidad portante. En ambos casos, las intervenciones más eficaces incluyeron mantenimiento correctivo y reconstrucción parcial. Estas alternativas son viables en Juliaca, considerando



que el CBR reportado en estudios previos locales, como el de Aliaga (2021), revela valores por debajo de los estándares normativos.

En el ámbito nacional, Arteaga & Luna (2022) y Chimaico (2021) destacaron la necesidad de rediseñar la estructura del pavimento cuando el CBR y los espesores actuales no cumplen con los requisitos técnicos, situación recurrente en Juliaca. El análisis granulométrico y de CBR reportado en estos estudios resalta la importancia de evaluar detalladamente la base y la subrasante, ya que su insuficiente capacidad portante genera fallas prematuras. Asimismo, el estudio de Milla (2021) en Chimbote evidenció que la baja calidad de los materiales y el contenido asfáltico inadecuado afectan directamente el desempeño estructural, lo cual es un problema identificado en las calicatas analizadas en Juliaca.

En el contexto local, Apaza Porto (2021) y Flores (2023) refuerzan la necesidad de utilizar metodologías como el PCI y la viga Benkelman para evaluar el estado superficial y estructural del pavimento. En ambos casos, se identificaron valores bajos de CBR y defectos significativos en la base y subrasante, que son problemas comunes en la ciudad de Juliaca debido a la presencia de suelos con baja capacidad portante y tráfico pesado. Estos hallazgos permiten proponer alternativas de intervención que consideren el mejoramiento de la subrasante y el uso de bases estabilizadas para garantizar la durabilidad del pavimento.

En conclusión, los resultados obtenidos en la evaluación del pavimento flexible en Juliaca coinciden con las deficiencias estructurales reportadas en investigaciones anteriores. El uso de metodologías como la viga Benkelman, el PCI y los ensayos destructivos de calicatas han demostrado ser herramientas efectivas para diagnosticar las condiciones del pavimento. Las alternativas de intervención más viables incluyen la reconstrucción parcial o total del pavimento, con énfasis en la estabilización de bases y la mejora de la subrasante, garantizando así una infraestructura vial duradera y funcional.



CONCLUSIONES

Primera, los resultados obtenidos en la evaluación de la subrasante indican diferencias significativas entre las dos vías evaluadas. La Circunvalación Noroeste presenta un CBR de 8.05%, un contenido de humedad de 19.5% y un (IP) de 17.08%, lo que refleja un desempeño regular con una capacidad de soporte limitada y alta plasticidad. Por otro lado, la Avenida Andrés Avelino registra un CBR de 6.77%, un contenido de humedad de 20.47% y un IP de 18.66%, indicando condiciones menos favorables, con mayor humedad y plasticidad, lo que compromete aún más su capacidad de soporte CBR.

Segunda, la evaluación de los materiales de la subbase muestra que la Circunvalación Noroeste presenta un CBR de 37.81%, un contenido de humedad de 12.83% y un índice de plasticidad (IP) de 6.31%, lo que indica una plasticidad moderada. En comparación, la Avenida Andrés Avelino registra un CBR de 34.20%, un contenido de humedad de 12.55% y un IP no plástico (NP). Ambos valores de CBR son insuficientes para cumplir con los requisitos establecidos por la normativa EG-2013. Respecto a la base granular, se observa que el CBR alcanzó un valor de 80.92% en la Circunvalación Noroeste y 81.25% en la Avenida Andrés Avelino. Los contenidos de humedad fueron de 8.44% y 7.95%, respectivamente, mientras que el IP resultó no plástico (NP) en ambas vías. Sin embargo, el CBR de la base granular en ambas vías supera los límites mínimos establecidos en la normativa EG-2013.

Tercera, en el análisis del contenido de asfalto, la Circunvalación Noroeste mostró un porcentaje promedio de 4.74%, considerado regular, mientras que la Avenida Andrés Avelino registró un promedio inferior de 3.71%, incumpliendo los parámetros mínimos exigidos por las normativas. Estos resultados explican el desgaste prematuro y la



presencia de fallas superficiales como fisuras y baches, lo que requiere intervenciones urgentes en la carpeta de rodadura.

Cuarta, las vías evaluadas en la ciudad de Juliaca requieren intervenciones estructurales integrales que garanticen su durabilidad y desempeño. Se propone la aplicación de elastómeros SBS para mejorar la resistencia al fisuramiento y las deformaciones permanentes de la carpeta asfáltica. Además, la estabilización de capas con compuestos puzolánicos mostró un incremento significativo del CBR, alcanzando 15.62% en la subrasante y 91.62% en la base de la Circunvalación Noroeste, con valores ligeramente inferiores en la Avenida Andrés Avelino. Finalmente, se recomienda el uso de geotextiles y geomallas triaxiales para optimizar la distribución de cargas, reducir costos y prolongar la vida útil de las vías.



RECOMENDACIONES

Primera, se recomienda el uso de herramientas como el FWD (Falling Weight Deflectometer) y el GPR (Ground Penetrating Radar) para evaluar la estructura del pavimento de forma más rápida y precisa, complementando los métodos destructivos utilizados, como las calicatas y los ensayos de laboratorio.

Segunda, se recomienda realizar estudios de monitorización periódica que permitan evaluar el desempeño del pavimento en el tiempo, considerando el efecto del tráfico y las condiciones climáticas en la ciudad de Juliaca, especialmente en vías de alto deterioro.

Tercera, se recomienda investigar el uso de mezclas asfálticas modificadas, como el uso de polímeros, asfaltos reciclados y aditivos especiales que incrementen la durabilidad del pavimento flexible y reduzcan costos de mantenimiento.

Cuarta, se recomienda evaluar el impacto económico y ambiental de las propuestas de intervención, como la estabilización con compuestos puzolánicos y el uso de elastómeros SBS, para seleccionar opciones sostenibles y de menor impacto en la región.



REFERENCIAS

- Alfonso, B. M., Eusebio, M. O., Carlos, & Flavio, M. O., Juan. (2020). *Metodología de la investigación. Métodos y técnicas*. Grupo Editorial Patria.
- Aliaga Humpiri, S. C. (2021). Evaluación estructural del pavimento del óvalo intersección autopista Mártires 4 de noviembre, entrada a la ciudad universitaria, Juliaca, Puno, 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65489>
- Andrade Albuja, K. E. (2022). *Evaluación estructural y propuesta de rehabilitación del pavimento flexible de la vía Quiroga-Laguna de Cuicocha*.
<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25722>
- Apaza Porto, H. N. (2021). Evaluación superficial del pavimento flexible por el método pci para mejoramiento de la avenida circulación noroeste, Juliaca-2021. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/58818>
- Arias, F. G. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica. 6ta. Edición*. Editorial Episreme.
- Arteaga Felix, E. W., & Luna Palmadera, M. R. (2022). Evaluación estructural del pavimento flexible, tramo puente Lampanin – psj Las Flores, distrito Cáceres del Perú—Jimbe 2021. *Repositorio Institucional - UCV*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/100479>
- Asqui Castellanos, G. W., & Ticona Huidobro, R. A. (2025). Propuesta de diseño de pavimento flexible para mejorar la transitabilidad en la vía MO-100 desde el puente El Chorro hasta Quinistaquillas, distrito de Omate – 2024. *Universidad Privada de Tacna*. <http://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/4156>
- Baena, G. M. E. B. (2017). *Metodología de la Investigación*. Grupo Editorial Patria.



- Beskou, N. D., & Muho, E. V. (2023). Review on dynamic response of road pavements to moving vehicle loads; part 2: Flexible pavements. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 175, 108248. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2023.108248>
- Bravo Mendoza, K. G. (2023). *Evaluación del comportamiento estructural del pavimento flexible en vía Tugaduaja – Engunga del cantón y de la provincia de Santa Elena utilizando la viga Benkelman* [bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2023.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/9218>
- Cajo Gomez, D. S. (2021). *Evaluación superficial y estructural del pavimento flexible de la carretera comprendida entre los distritos de Ferreñafe y Mesones Muro, 2020*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3760>
- 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>
- Cavero Mariño, J. J. (2022). Evaluación del estado del pavimento flexible mediante el método funcional y estructural en la avenida San Diego – Lima 2022. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/96970>
- Chimaico Romero, J. M. (2021). Evaluación estructural para determinar las patologías en el pavimento flexible del tramo Ronchas – Chupaca – Provincia de Chupaca—2020. *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/59610>
- Chonillo Cruz, A. D., & Palma Choez, L. M. (2021). *Evaluación estructural del pavimento flexible, del tramo de la vía Troncal del Pacífico comprendido entre la calle 24 de mayo y la avenida décimo octava, ruta del Spondylus, cantón Santa Elena, provincia de Santa Elena*. [bachelorThesis, La Libertad: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2021.]. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/6497>



- De La Cruz Sayas, I. (2021). Evaluación de la Condición Estructural del Pavimento Flexible Mediante Análisis Deflectométrico para Establecer Acciones Correctivas Puentes Stuart – Ovalo Aeropuerto Jauja. *Repositorio Institucional - UPLA*. <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3102>
- Demir, A., Santos, J., Miller, S., Diele, R., & Naarding, G. (2023). Multi-objective optimization of flexible pavement design from an environmental and economic perspective. *Journal of Cleaner Production*, 430, 139441. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139441>
- 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>
- Espinoza Espinoza, M. A., & Jintiach Sharup, R. R. (2022). *Evaluación de la superficie del pavimento flexible en la vía de conexión entre la Panamericana Norte y la calle Julia Bernal, mediante el análisis de la Viga Benkelman aplicando el método del Retrocálculo*. <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/13472>
- Fares, M. Y., Albdour, A., & Lanotte, M. (2024). Evaluation of potential electric vehicles load-induced damage on flexible pavements. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 136, 104475. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2024.104475>
- Flores Cazorla, L. J. (2023). Evaluación del comportamiento estructural de pavimentos flexibles según suelo de subrasante, carretera Juliaca—Caracoto, Puno 2021. *Universidad Continental*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12536>
- Gaita, J. (2022). *Análisis del estado del pavimento flexible en un tramo de la vía Santa Sofía—Moniquira departamento de Boyacá utilizando el método PCI y apiques de vía*. <https://repository.unimilitar.edu.co/items/2b70546a-8b2f-4b12-bddd-f42a51dc2def>



- Gonzales Torres, F. M. (2022). *Evaluación de daños superficiales, capacidad estructural y diseño del pavimento flexible en la urb. Villas del Norte, urb. Los Cedros, urb. Villas del Sol y urb. Las Palmas, distrito de Chiclayo, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque, 2020*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/5109>
- Huanca Gutierrez, K. C. (2023). *Evaluación estructural del pavimento flexible y propuesta de diseño de la Av. Andrés Avelino Cáceres de la ciudad de Juliaca, 2021*. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20319>
- Huang, M., Liu, J., Pokharel, S. K., Dagenais, T., Chatterjee, A., & Lin, C. (2024). Full-scale testing and monitoring of geosynthetics-stabilized flexible pavement in Alberta, Canada. *Geotextiles and Geomembranes*, 53(1), 427-444. <https://doi.org/10.1016/j.geotexmem.2024.11.003>
- Iturríos, A., & Andrey, J. (2023). *Evaluación del mejoramiento estructural de los pavimentos flexibles con la implementación de Geomallas*. http://repositorio.uas.edu.mx/jspui/handle/DGB_UAS/373
- Kalooop, M. R., El-Badawy, S. M., Hu, J. W., & Abd El-Hakim, R. T. (2023). International Roughness Index prediction for flexible pavements using novel machine learning techniques. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 122, 106007. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2023.106007>
- Khan, A., Puppala, A. J., Biswas, N., & Sarat Chandra Congress, S. (2023). Evaluation of the structural performance of the geocell-stabilized flexible pavement. *Transportation Geotechnics*, 41, 101021. <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2023.101021>
- Kumar Pradhan, S., Das, U., & Ranjan Patra, A. (2023). Utilization of reclaimed asphalt pavement (RAP) materials in HMA mixtures for flexible pavement construction. *Materials Today: Proceedings*. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.04.464>
- Liu, Z., Yu, S., Huang, Y., Liu, L., & Pan, Y. (2024). A systematic review of rigid-flexible composite pavement. *Journal of Road Engineering*, 4(2), 203-223. <https://doi.org/10.1016/j.jreng.2024.02.001>



- Mauricio Melchor, F. R. (2023). *Evaluación de diseño de la estructura del pavimento flexible de la calle progreso en el centro poblado La Quebrada, distrito de San Luis 2023.*
<https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/handle/20.500.12990/12986>
- Melchor Lozano, E. J. (2023). Evaluación del comportamiento estructural mediante el análisis deflectométrico del pavimento flexible de la Av. Jacinto Ibarra, Chilca – Huancayo. *Universidad Peruana Los Andes.*
<http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/5982>
- Milla Yzaguirre, M. E. (2021). Evaluación del pavimento flexible de la Avenida los Pescadores hasta la Avenida Camino Real, Chimbote, Ancash – 2021. Propuesta de mejora. *Repositorio Institucional - UCV.*
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79075>
- Moyano Ayala, H. P., & Salazar Navarrete, A. R. (2021). *Evaluación funcional de 12 kilómetros del pavimento flexible de la carretera Sicsibamba—Urbina ubicado en la provincia de Chimborazo, ciudad Guano, parroquia Urbina mediante el uso de la metodología PCI.* <https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/41290>
- Nuñez Bustamante, N. (2022). Evaluación del estado del pavimento flexible de la carretera pe – 08A, entre dv. San Pablo (km–00+00) y dv. San Bernardino (km – 09+960), utilizando el método de índice de condición del pavimento (PCI), en la región de Cajamarca – 2020. *Universidad Nacional de Cajamarca.*
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/4771>
- Pallasco Catota, J. L. (2018). *Evaluación y propuesta de mantenimiento del pavimento flexible de la Avenida Quevedo en Santo Domingo de los Tsáchilas.*
<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/25944>
- Paz Y Miño Verduga, K. A. (2024). *Evaluación funcional de 2 kilómetros del pavimento flexible de la carretera e25 en el tramo Santo Domingo – Libertad del Toachi, ubicado en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, mediante el uso de la metodología PCI [PUCE - Quito].*
<https://repositorio.puce.edu.ec/handle/123456789/45101>



- Pirdavani, A., Bunjong, S., Coenen, D., & Nulens, J. (2023). Analytical assessment of the impact of material properties on the performance of flexible and composite highway pavements in Flanders. *Transportation Research Procedia*, 73, 118-125. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.11.899>
- Ren, G., Shen, A., Wu, H., Pan, H., Deng, S., & Wang, L. (2024). Mechanical response of flexible asphalt pavement under large temperature difference and temperatures during four seasons. *Construction and Building Materials*, 437, 136967. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.136967>
- Resines, C. L. C., Sinche, J. L. C., Vargas, A. D. I., Tirado, C. E. M., & Salazar, A. G. V. (2023). Herramientas tecnológicas de evaluación de fallas en la superficie de pavimento flexible, una revisión sistemática. *Llamkasun*, 4(2), Article 2. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v4i2.121>
- Rojas Samame, A. C. (2023). *Evaluación superficial, estructural y propuesta técnica del pavimento flexible del kilómetro 1 al 5 de la carretera Playa Lobos*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/6436>
- Salgado Huillca, E., & Sotomayor Quispe, J. (2024). *Evaluación del estado estructural y funcional del pavimento flexible en la avenida Del Ejército y Collasuyo, Cusco 2024*. <https://repositorio.unsaac.edu.pe/handle/20.500.12918/9298>
- Torres Tocas, B. U. (2021). *Evaluación del estado superficial y análisis estructural en zonas críticas del pavimento flexible de la autopista Chiclayo–Pimentel utilizando el método índice de condición del pavimento, región Lambayeque, 2019*. <http://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/3626>
- Triviño Molina, R. X., & Moll Martínez, R. (2022). Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí. *Dominio de las Ciencias*, 8(Extra 3), 203-224.
- Vargas Espinoza, L. A. (2019). *Evaluación estructural del pavimento flexible de la carretera Patacamaya – Tambo Quemado, mediante el deflectómetro de impacto FWD*



(Falling

Weight

Deflectometer)

[Thesis].

<http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/34719>



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de Consistencia

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024				
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Inst. de Medición
¿Cuál es el estado de la estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024?	Evaluar la estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024.	La estructura del pavimento flexible mediante métodos destructivos para la propuesta de alternativas de intervención en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca 2024, estarán en mal estado según las especificaciones mínimas de calidad.	<p>Variable de caracterización Estructura del Pavimento Flexible</p> <p>Dimensión:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Subrasante 2. Subbase 3. Base granular 4. Carpeta asfáltica <p>Variable de interés Alternativas de Intervención</p> <p>Dimensión: Propuesta de intervención</p> <p>Variable interviniente Métodos destructivos</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ensayos de laboratorio - Observación de campo - Análisis técnico comparativo - Ensayos de laboratorio - Inspección visual de fallas - Registro fotográfico - Normas técnicas EG-2013 y MTC
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas		
¿Cuál es el estado de los materiales de subrasante de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca?	Determinar el estado de los materiales de subrasante de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca.	El estado de los materiales de subrasante de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, estará en estado regular debido a la presencia de humedad.		
¿Cuál es el estado de los materiales de subbase y base granular de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca?	Determinar el estado de los materiales de subbase y base granular de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca.	El estado de los materiales de subbase y base granular de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, estarán en un estado regular a causa de la filtración de humedad por la superficie.		
¿Cuál es el estado de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca?	Determinar el estado de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca.	El estado de la carpeta de rodadura de la estructura del pavimento flexible mediante muestreo en vías de alto deterioro de la ciudad de Juliaca, estarán en estado malo por el alto deterioro.		
¿Cuál es la propuesta de alternativa de intervención según la calidad de materiales que presenta en la actualidad en cada vía estudiada en la ciudad de Juliaca?	Proponer alternativas de intervención según la calidad de materiales que presenta en la actualidad en cada vía estudiada en la ciudad de Juliaca.	Las alternativas de intervención según la calidad de materiales que presenta en la actualidad en cada vía estudiada en la ciudad de Juliaca, serán la reconfiguración de subbases y bases y la reconstrucción de la carpeta de rodadura.		



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



PROYECTO

EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE

REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN

AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA

CALICATA 01 - BASE

FECHA

2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	112.14
SUELO SECO + TARRO	gr	105.58
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	6.58
PESO DEL SUELO SECO	gr	81.58
HUMEDAD %	%	8.07

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	42.04	43.00	42.26		
SUELO SECO + TARRO	gr	41.32	41.99	41.68		
PESO DEL TARRO	gr	28.53	28.58	29.50		
PESO DEL AGUA	gr	0.72	1.01	0.58		
PESO DEL SUELO SECO	gr	12.79	13.41	12.18		
HUMEDAD %	%	5.63	7.53	4.76		
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO :		05.92			LIMITE PLASTICO :	
INDICE PLASTICO :		NP				

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

Donde:

LL = Límite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN CABRER

FICP - CAR. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres

CIP 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: REYNA ISABEL ILLANES SUCASAGA

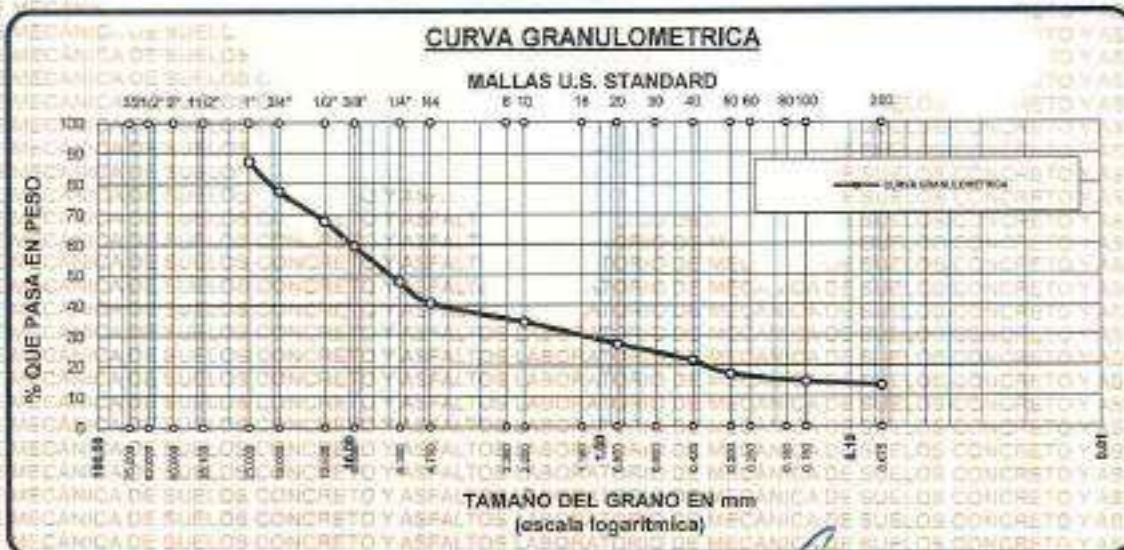
UBICACIÓN: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 01 - BASE

FECHA: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO
2"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2000.00
2"	50.000						P.L.= 1728.00
1 1/2"	38.100						P.P.= 270.20
1"	25.000	254.74	12.74	12.74	87.26		% W = 8.07
3/4"	19.000	192.47	9.62	22.36	77.64		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	198.74	9.94	32.30	67.70		L.L.= 5.92
3/8"	9.500	185.84	8.29	40.59	59.41		L.P.= 0.00
1/4"	6.300	232.47	11.62	52.21	47.79		L.P.= NP
No4	4.750	140.27	7.01	59.23	40.77		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	126.79	6.34	65.57	34.43		D30= 1.900 Cc= ---
No16	1.180						D60= 9.71
No20	0.850	145.79	7.29	72.86	27.14		CLASIFICACION:
No30	0.600						LG =
No40	0.425	105.67	5.28	78.15	21.85		SUSCS GP-GC
No50	0.300	90.67	4.53	82.68	17.32		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	50.47	2.52	85.21	14.79		
No200	0.075	25.68	1.28	86.49	13.51		
BASE		270.20	13.51	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA			13.51				



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

De: Aníbal... 12/02/24

CAP. 1032.1



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - BASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	116.14
SUELO SECO + TARRO	gr	108.98
PESO DEL TARRO	gr	23.87
PESO DEL AGUA	gr	7.18
PESO DEL SUELO SECO	gr	85.08
HUMEDAD %	%	8.44

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

TARRON*		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		4	5	6	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	44.00	43.00	44.11		
SUELO SECO + TARRO	gr	42.98	42.32	43.12		
PESO DEL TARRO	gr	28.64	29.64	28.34		
PESO DEL AGUA	gr	1.02	0.68	0.99		
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.34	12.68	14.78		
HUMEDAD %	%	7.11	5.38	6.70		
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 06.31 LIMITE PLASTICO : NP

INDICE PLASTICO : NP

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

Donde:

LL = Limite Líquido

Wn = Contenido de Humedad Promedio (%)

N = Numero de Golpes

Dr. Anabela Pazo Torres
CIP 103257



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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE REYNA ISABEL

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILANES SUCASACA

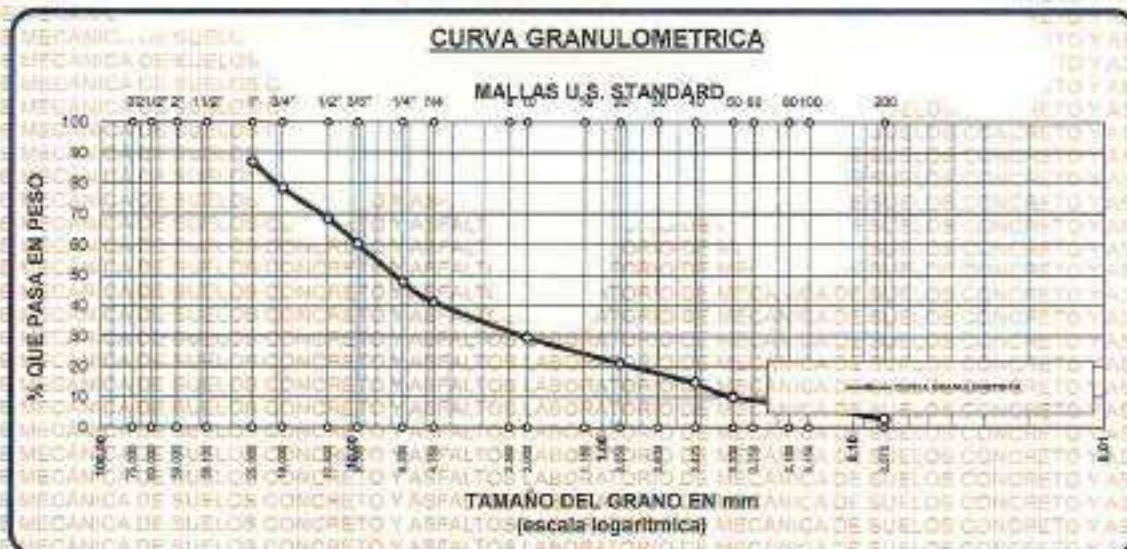
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NOROCCIDENTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - BASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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.L.= 2000.00
3"	50.000						P.L.= 1944.22
1 1/2"	38.100						P.P.= 55.78
3"	25.000	260.74	13.04	13.04	86.96		%w = 8.44
3/4"	19.000	170.29	8.51	21.55	78.45		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	200.48	10.02	31.58	68.42		L.L.= 6.31
3/8"	9.500	164.39	8.22	39.80	60.21		L.P.= NP
1/4"	6.300	240.72	12.44	52.23	47.77		L.P.= NP
No4	4.750	132.67	6.63	58.86	41.14		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360						D10= 0.302 Cu= 31.3
No10	2.000	234.89	11.74	70.61	29.39		D30= 2.143 Cc= 1.61
No16	1.180						D60= 9.45
No20	0.850	188.92	9.45	79.06	20.95		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	124.88	6.23	85.29	14.71		SUSCS GP-GC
No50	0.300	95.74	4.79	90.08	9.92		ASSTHO A1
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	54.78	2.74	92.82	7.19		
No200	0.075	87.92	4.40	97.21	2.79		
BASE		55.78	2.79	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA							



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

Dr. Arnoldo Tano Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3 - BASE

FECHA : 12 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	117.24
SUELO SECO + TARRO	gr	109.67
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	7.57
PESO DEL SUELO SECO	gr	86.03
HUMEDAD %	%	8.80

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	43.87	42.99	43.84		
SUELO SECO + TARRO	gr	42.97	42.12	42.57		
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14		
PESO DEL AGUA	gr	0.90	0.87	1.07		
PESO DEL SUELO SECO	gr	14.72	13.50	13.43		
HUMEDAD %	%	5.11	6.44	7.97		
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	06.73	LIMITE PLASTICO	:		

INDICE PLASTICO : NP

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


 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 PROF. CAP. INVESTIGACIÓN
 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 ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2218 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

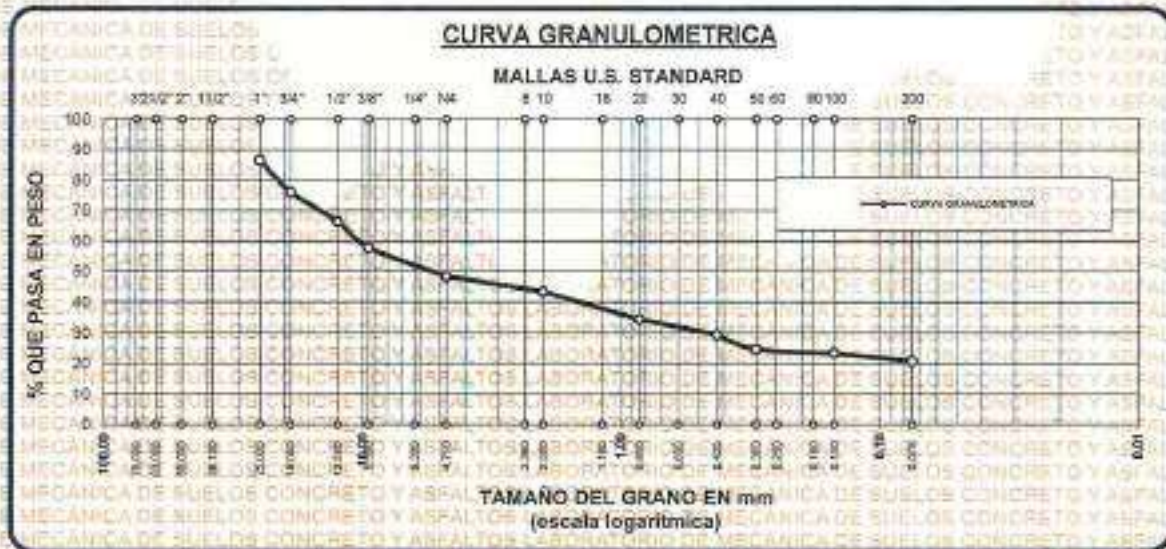
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MÁXIMO:
3"	76.200						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.500						P.L.= 2000.00
2"	50.800						P.L.= 1594.83
1 1/2"	38.100						P.P.= 415.17
1"	25.400	288.34	13.47	13.47	86.53		%w = 8.80
3/4"	19.000	210.54	10.53	23.99	76.01		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	182.78	9.84	33.83	66.37		L.L.=
3/8"	9.500	170.84	8.53	42.17	57.84		L.P.=
1/4"	6.300						NP
No4	4.750	187.82	9.38	51.55	48.45		GARANT. GRANULOMÉTRICAS:
No6	2.500						D10= --- C _u = ---
No10	2.000	88.74	4.99	56.53	43.47		D30= 0.472 C _s = ---
No18	1.180						D60= 10.25
No20	0.850	179.84	8.99	65.53	34.48		CLASIFICACIÓN:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	100.56	5.03	70.55	29.45		SUSCS GC
No50	0.300	94.63	4.73	75.28	24.72		ASSTHO
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	26.78	1.34	76.62	23.38		
No200	0.075	52.36	2.62	79.24	20.76		
BASE		415.17	20.76	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PÉRDIDA							



INVESTIGADORA MUESTRA: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
FCP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE
LUGAR	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
MUESTRA	: CÁLICATA 01 - SUBBASE
FECHA	: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	114.87
SUELO SECO + TARRO	gr	104.60
PESO DEL TARRO	gr	24.10
PESO DEL AGUA	gr	10.27
PESO DEL SUELO SECO	gr	80.50
HUMEDAD %	%	12.76

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	41.14	42.24	41.16	14.54	14.38
SUELO SECO + TARRO	gr	38.85	39.59	39.08	13.64	13.53
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.29	2.65	2.08	0.90	0.85
PESO DEL SUELO SECO	gr	19.60	10.97	9.94	5.64	5.53
HUMEDAD %	%	21.60	24.16	20.93	15.96	15.37
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO :		21.97	LIMITE PLASTICO :		15.66	

INDICE PLASTICO : **06.31**

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERÓN VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 Oficina de Investigación
 Dr. Arnaldo Yanez Torres
 CIP: 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCÁSACA

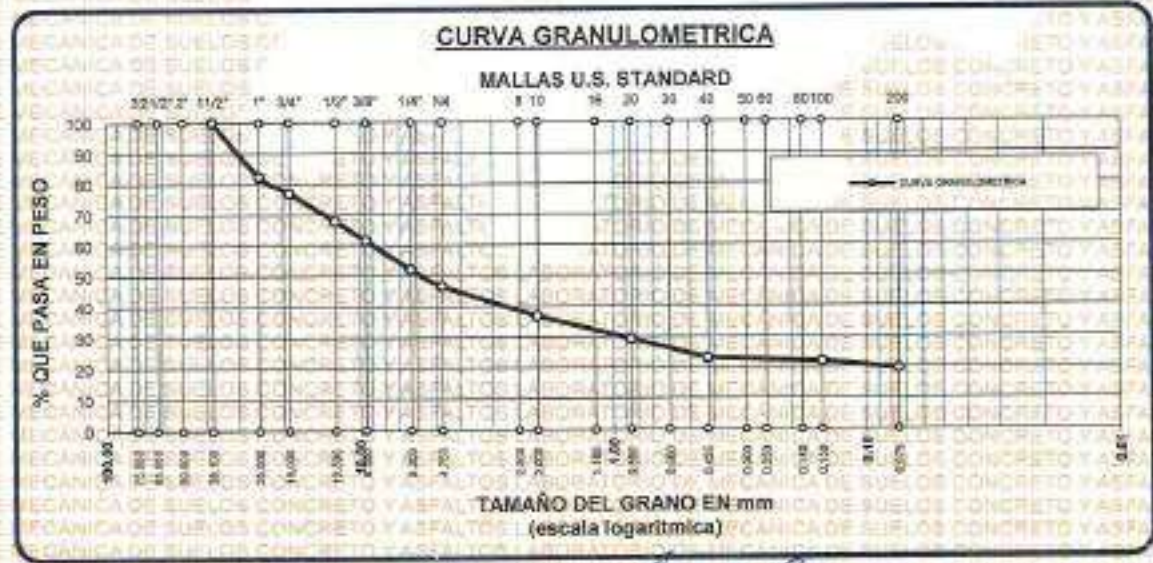
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NOROCCIDENTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : C ALICATA 01 - SUBBASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.I.= 2000.00
2"	50.000						P.L.= 1609.94
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 390.06
1"	25.000	349.87	17.49	17.49	82.51		%w= 12.76
3/4"	19.000	108.26	5.41	22.91	77.09		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	184.21	9.21	32.12	67.88		L.L.= 21.97
3/8"	9.500	124.37	6.22	38.34	61.66		L.P.= 15.66
1/4"	6.300	191.62	9.58	47.92	52.08		I.P.= 6.31
No.4	4.750	108.75	5.44	53.35	46.66		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No.8	2.360						D10= --- Cu= ---
No.10	2.000	198.54	9.83	63.18	36.82		D30= 0.945 Cc= ---
No.16	1.180						D60= 8.94
No.20	0.850	148.72	7.44	70.62	29.38		CLASIFICACION:
No.30	0.600						I.G. =
No.40	0.425	127.26	6.36	76.98	23.02		SUSCS GC
No.50	0.300						ASBTHO
No.60	0.250						OBSERVACIONES:
No.80	0.180						
No.100	0.150	24.99	1.23	78.21	21.79		
No.200	0.075	45.78	2.29	80.50	19.50		
BASE		390.06	19.50	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA		19.60					



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDEIRO VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
LABORATORIO M.S.C.A. JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103267



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBBASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	115.07
SUELO SECO + TARRO	gr	104.71
PESO DEL TARRO	gr	23.92
PESO DEL AGUA	gr	10.36
PESO DEL SUELO SECO	gr	80.79
HUMEDAD %	%	12.82

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	40.54	41.35	41.04	14.12	14.00
SUELO SECO + TARRO	gr	38.22	39.05	39.00	13.30	13.18
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.32	2.30	2.04	0.82	0.82
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.97	10.43	9.85	5.30	5.18
HUMEDAD %	%	23.27	22.05	20.89	15.47	15.63
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 21.76 **LIMITE PLASTICO** : 15.65

INDICE PLASTICO : 06.11

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

M.S.C.A. JULIACA
 INGENIERIA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 Dr. Arnaldo Yasa Torres
 QIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CERDEAS 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 DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

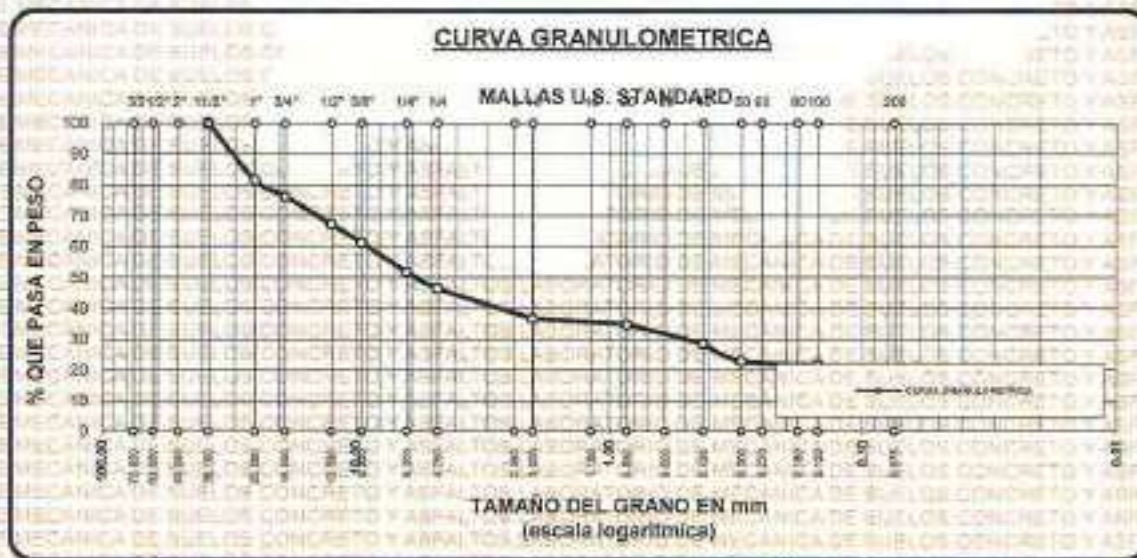
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NORDESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBBASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÍNIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L.= 2000.00
2"	50.000						P.L.= 1000.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		P.P.= 394.94
1"	25.000	309.75	16.44	16.44	83.56		% w = 12.62
3/4"	19.000	104.26	6.21	23.65	76.35		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	180.24	9.01	32.66	67.34		L.L.=
3/8"	9.500	119.74	5.99	38.65	61.35		L.P.=
1/4"	6.300	190.88	9.53	48.18	51.82		L.P.= 6.11
No4	4.750	105.63	5.28	53.47	46.54		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.360						D10= --- Cu= ---
No10	2.000	105.42	9.77	63.24	36.76		D30= 0.622 Cc= ---
No18	1.180						D60= 9.06
No20	0.850	37.56	1.88	65.11	34.89		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	129.45	6.32	71.44	28.56		SUBCS GC
No 50	0.300	114.79	5.74	77.18	22.82		ASSTHO
No50	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	21.67	1.08	78.26	21.74		
No200	0.075	39.67	1.99	80.25	19.75		
BASE		394.94	19.76	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA		19.76					



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

LABORATORIO
M.S.C.A.
JULIACA

Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL LLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3 - SUBBASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	116.71
SUELO SECO + TARRO	gr	106.12
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	10.59
PESO DEL SUELO SECO	gr	82.12
HUMEDAD %	%	12.90

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	41.12	42.07	41.15	14.48	14.32
SUELO SECO + TARRO	gr	38.83	39.59	39.00	13.59	13.50
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	2.28	2.48	2.15	0.87	0.82
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.58	10.97	9.88	5.59	5.50
HUMEDAD %	%	21.64	22.61	21.81	15.55	14.91
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO		21.74	LIMITE PLASTICO		15.24	

INDICE PLASTICO : 06.51

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



INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
RUP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnaldo 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 DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCVNALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3 - SUBBASE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMÑO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 2000.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 1498.71
2"	50.000						P.P.= 500.29
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		%w= 12.90
1"	25.000	350.21	17.51	17.51	82.49		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	114.78	5.74	23.25	76.75		L.L.=
1/2"	12.500	187.85	9.39	33.14	66.86		L.P.=
3/8"	9.500	102.47	5.12	38.27	61.73		IP.= 6.51
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	214.62	10.73	49.00	51.00		D10= — Cu= —
No8	2.360						D30= 0.331 Co= —
No10	2.000	91.67	4.58	53.58	46.42		D60= 5.73
No18	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	147.84	7.39	60.97	39.03		IG.=
No30	0.600						SUSCS GP-GM
No40	0.425	112.47	5.62	66.60	33.40		ASSTHO A1
No50	0.300	90.78	4.54	71.14	28.87		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	25.76	1.34	72.47	27.53		
No200	0.075	50.23	2.51	74.98	25.01		
BASE		500.29	25.01	100.00	0.00		
TOTAL		2000.00	100.00				
% PERDIDA		25.01					



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

Dr. Armando Yana Torres
CID 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCLUNVALACION NOROESTE

LUGAR MUESTRA : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	118.65
SUELO SECO + TARRO	gr	103.24
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	15.41
PESO DEL SUELO SECO	gr	79.24
HUMEDAD %	%	19.45

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	42.83	43.82	42.87	14.78	14.67
SUELO SECO + TARRO	gr	38.85	39.59	39.08	13.64	13.53
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.98	4.23	3.79	1.14	1.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.60	10.97	9.94	5.64	5.53
HUMEDAD %	%	37.55	38.56	38.13	20.21	20.61
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 37.60 **LIMITE PLASTICO** : 20.41

INDICE PLASTICO : 17.18

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



Ing. Armandito Yana Torres
CIP. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASAGA

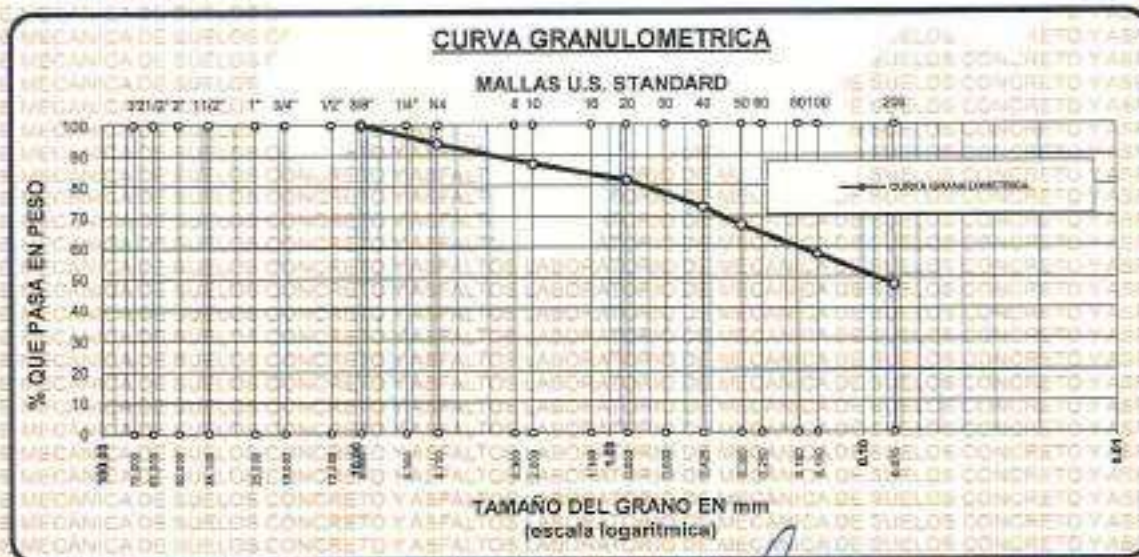
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : C ALICATA 01 - SUBRASANTE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.I.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 157.33
2"	50.000						P.P.= 142.87
1 1/2"	38.100						%w= 19.45
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL.= 37.60
1/2"	12.500						LP.= 20.41
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= 17.18
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	18.84	6.21	6.21	93.79		D10= ---- Cu= ----
No8	2.380						D50= ---- Co= ----
No10	2.000	19.54	6.51	12.73	87.27		D60= 0.19
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	16.29	5.43	18.16	81.84		I.G. =
No30	0.600						SUSC. CL
No40	0.425	26.47	8.82	26.98	73.02		ASHTO
No 50	0.300	17.87	5.98	32.94	67.06		OBSERVACIONES:
No80	0.250						
No80	0.190						
No100	0.150	28.77	9.59	42.53	57.47		
No200	0.075	25.75	9.02	52.44	47.56		
BASE		142.67	47.58	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA							



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

[Firma]
Dr. Aníbal Yano Torres
C.P. 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBRASANTE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	119.87
SUELO SECO + TARRO	gr	104.04
PESO DEL TARRO	gr	24.20
PESO DEL AGUA	gr	15.83
PESO DEL SUELO SECO	gr	79.84
HUMEDAD %	%	19.83

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	42.91	44.18	42.97	14.98	14.99
SUELO SECO + TARRO	gr	38.99	40.00	39.21	13.61	13.80
PESO DEL TARRO	gr	28.38	28.72	28.64	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.92	4.18	3.76	1.17	1.19
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.63	11.28	9.57	5.81	5.80
HUMEDAD %	%	36.88	37.06	39.29	20.14	20.62
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 37.23 **LIMITE PLASTICO** : 20.33

INDICE PLASTICO : 16.90

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



INVESTIGADOR RESPONSABLE
 INC - CALIFICADO
 Dr. Amelio Yana Torres
 CIP. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2716 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

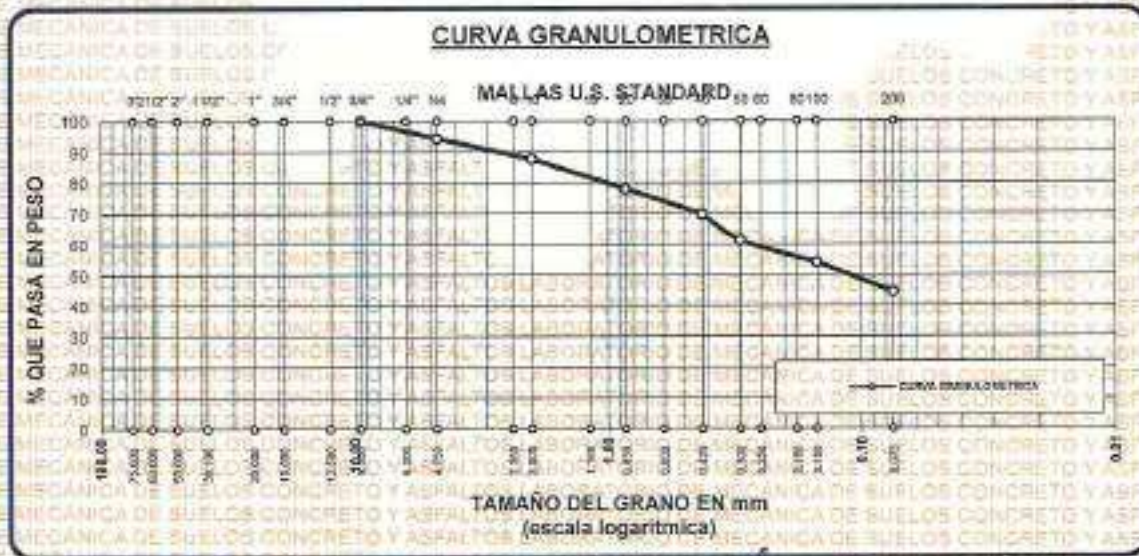
UBICACIÓN: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA-02 - SUBRASANTE

FECHA: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
3"	75.000						P.L.= 300.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 166.57
2"	50.000						P.P.= 133.43
1 1/2"	38.100						W = 19.03
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL = 37.33
1/2"	12.500						L.P. = 20.33
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. = 16.90
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	16.87	5.62	5.62	94.38		D10 = — Cu = —
No8	2.360						D30 = — Cc = —
No10	2.000	19.92	6.64	12.25	87.74		D60 = 0.27
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	29.23	9.74	22.01	77.99		I.G. =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	24.63	8.21	30.22	69.78		ASSTHO
No 50	0.300	25.48	8.49	38.71	61.29		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	21.48	7.16	45.87	54.13		
No200	0.075	28.95	8.65	55.52	44.48		
BASE		133.43	44.48	100.00	0.00		
TOTAL		300.00	100.00				
% PERDIDA							



INVESTIGADORA EN CIENCIAS EXACTAS
DIPLOMADA EN INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. CENTRAL

Dr. Amalio Yana Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 3 - SUBRASANTE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	120.34
SUELO SECO + TARRO	gr	104.75
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	15.59
PESO DEL SUELO SECO	gr	61.11
HUMEDAD %	%	19.22

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	43.99	42.97	43.87	14.69	14.97
SUELO SECO + TARRO	gr	38.74	38.92	39.84	13.56	13.77
PESO DEL TARRO	gr	28.35	28.47	28.38	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	4.25	4.05	4.03	1.13	1.20
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.39	10.45	10.48	5.66	5.77
HUMEDAD %	%	37.31	38.76	38.53	20.32	20.80
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 37.71 **LIMITE PLASTICO** : 20.56

INDICE PLASTICO : 17.15

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERIA CIVIL
Dr. Amadeo Yano 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 DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

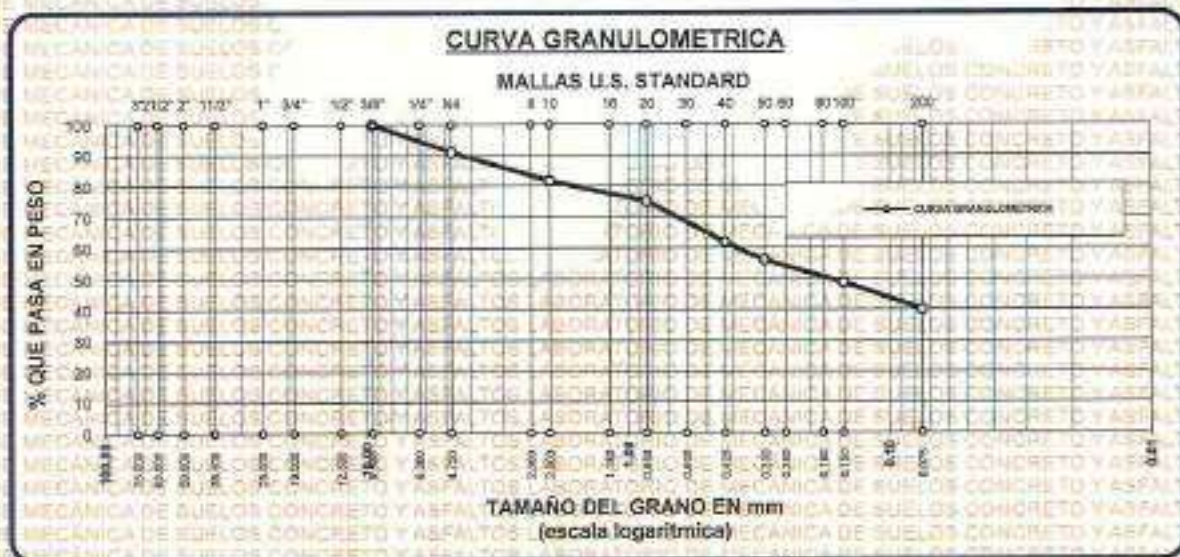
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NORDESTE

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS.

MUESTRA : CALICATA 3 - SUBRASANTE

FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAZO MAXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 200.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 119.78
2"	50.000						P.P.= 80.21
1 1/2"	38.100						%w= 19.22
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						L.L.=
1/2"	12.500						L.P.=
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		LP.= 17.15
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	17.89	8.95	8.95	91.06		D10= — Cu= —
No6	2.560						D30= — Cc= —
No10	2.000	18.57	9.29	18.23	81.77		D60= 0.38
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	13.26	6.63	24.86	75.14		LG =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	26.54	13.27	38.13	61.87		ASSTHO
No50	0.300	11.37	5.69	43.82	56.19		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	14.62	7.31	51.13	48.88		
No200	0.075	17.94	8.77	59.90	40.11		
BASE		80.21	40.11	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA							



INGENIERA REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
 REVISOR
 Dr. Arnelinda Yana Torres
 CE: 103257



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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNALISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - BASE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	112.63
SUELO SECO + TARRO	gr	106.10
PESO DEL TARRO	gr	24.30
PESO DEL AGUA	gr	6.53
PESO DEL SUELO SECO	gr	81.80
HUMEDAD %	%	7.98

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	43.00	44.19	43.02		
SUELO SECO + TARRO	gr	42.00	43.16	41.97		
PESO DEL TARRO	gr	28.51	29.31	28.27		
PESO DEL AGUA	gr	1.00	1.03	1.05		
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.49	13.85	13.70		
HUMEDAD %	%	7.41	7.44	7.66		
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	07.41	LIMITE PLASTICO	:	NP	

INDICE PLASTICO : NP

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



INGENIERA REYNALISABEL ILLANES SUCASACA
 CIP: 103257
 Dr. Arnoldo Yano 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 - D477 - D2487)

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: REYNA ISABEL ILLANES SUGASACA

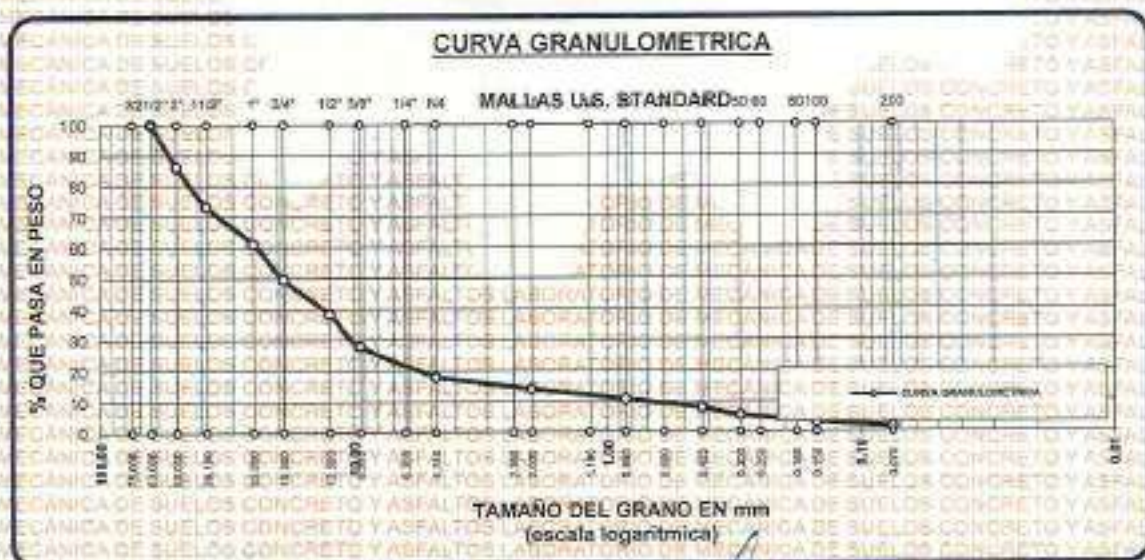
UBICACIÓN: AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 01 - BASE

FECHA: 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.L.= 2500.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 2462.41
2"	50.800	344.66	13.79	13.79	86.21		P.P.= 37.59
1 1/2"	38.100	322.57	12.90	26.69	73.31		%W= 7.98
1"	25.400	302.02	12.10	38.79	61.21		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	292.71	11.63	50.42	49.58		LL= 7.41
1/2"	12.500	281.82	11.26	61.66	38.34		LP= NP
3/8"	9.500	259.03	10.39	72.07	27.93		IP= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	253.64	10.03	82.10	17.90		D10= 0.746 Cu= 32.7
No8	2.360						D30= 10.050 Co= 6.61
No10	2.000	95.62	3.82	85.92	14.08		D60= 24.38
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	84.75	3.39	89.31	10.69		I.G. =
No30	0.600						SUSCS GW-GM
No40	0.425	70.16	2.81	92.12	7.88		ASSTHD A1
No60	0.300	62.49	2.50	94.62	5.38		OBSERVACIONES:
No80	0.250						
No100	0.150	54.82	2.18	96.80	3.20		
No200	0.075	42.33	1.69	98.50	1.50		
BASE		37.59	1.50	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		1.50					



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

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



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - BASE

FECHA : 8 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	118.79
SUELO SECO + TARRO	gr	109.85
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	6.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	85.85
HUMEDAD %	%	8.08

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	45.03	45.00	44.01		
SUELO SECO + TARRO	gr	43.91	43.93	42.97		
PESO DEL TARRO	gr	28.56	29.62	28.41		
PESO DEL AGUA	gr	1.12	1.07	1.04		
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.35	14.31	14.56		
HUMEDAD %	%	7.30	7.46	7.14		
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	07.22	LIMITE PLASTICO	:	0.00	

INDICE PLASTICO : NP

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

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 M.S.C.A.
 Dr. Arnaldo Vera Torres
 CIP: 103297



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

PROYECTO: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE: REYNA ISABEL ILLANES SUGASACA

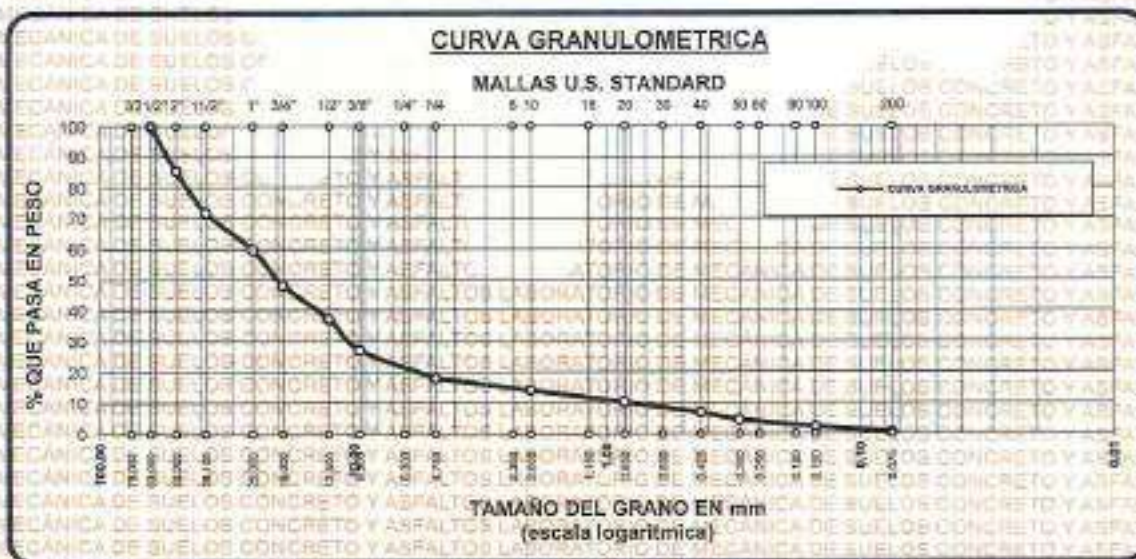
UBICACIÓN: AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 02 - BASE

FECHA: 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MAXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCION DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 2500.00
2"	50.000	365.78	14.63	14.63	85.37		P.L.= 2486.63
1 1/2"	38.100	337.26	13.49	28.12	71.88		P.P.= 13.47
1"	25.000	300.56	12.02	40.14	59.86		%W = 8.08
3/4"	19.000	290.65	11.63	51.77	48.23		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	275.76	11.03	62.80	37.20		LL= 7.22
3/8"	9.500	250.56	10.02	72.82	27.18		LP= 0.00
1/4"	6.300						IP= NP
No4	4.750	230.18	9.21	82.03	17.97		CARACT. GRANULOMETRICAS:
No8	2.350						D10= 0.827 Cu= 30.4
No10	2.000	100.06	4.00	86.03	13.97		D30= 10.345 Cc= 5.14
No16	1.180						D60= 25.16
No20	0.850	94.78	3.79	89.82	10.18		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	82.84	3.31	93.13	6.87		SUSCS GM-GC
No50	0.300	80.27	2.41	95.54	4.46		ASHTO A1
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	56.36	2.21	97.76	2.24		
No200	0.075	42.85	1.71	99.46	0.54		
BASE		13.47	0.54	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		0.54					



ING. REYNALDO VILLALBA
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
Dr. Arnaldo Yana Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUJASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03 - BASE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	119.54
SUELO SECO + TARRO	gr	112.60
PESO DEL TARRO	gr	23.54
PESO DEL AGUA	gr	8.94
PESO DEL SUELO SECO	gr	89.06
HUMEDAD %	%	7.79

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	45.08	46.09	45.22		
SUELO SECO + TARRO	gr	43.91	44.85	43.99		
PESO DEL TARRO	gr	26.61	29.59	28.44		
PESO DEL AGUA	gr	1.15	1.14	1.23		
PESO DEL SUELO SECO	gr	15.30	15.36	15.55		
HUMEDAD %	%	7.52	7.42	7.91		
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO :	07.51	LIMITE PLASTICO :	
-------------------------	--------------	--------------------------	--

INDICE PLASTICO :	NP
--------------------------	-----------

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



INSTITUCIÓN EDUCATIVA
I.E. CAP. INGENIERÍA CIVIL

Dr. Alfredo Yana Torres
CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CERÓN 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 DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.

SOLICITANTE: REYNA ISABEL ILLANES SUCASADA

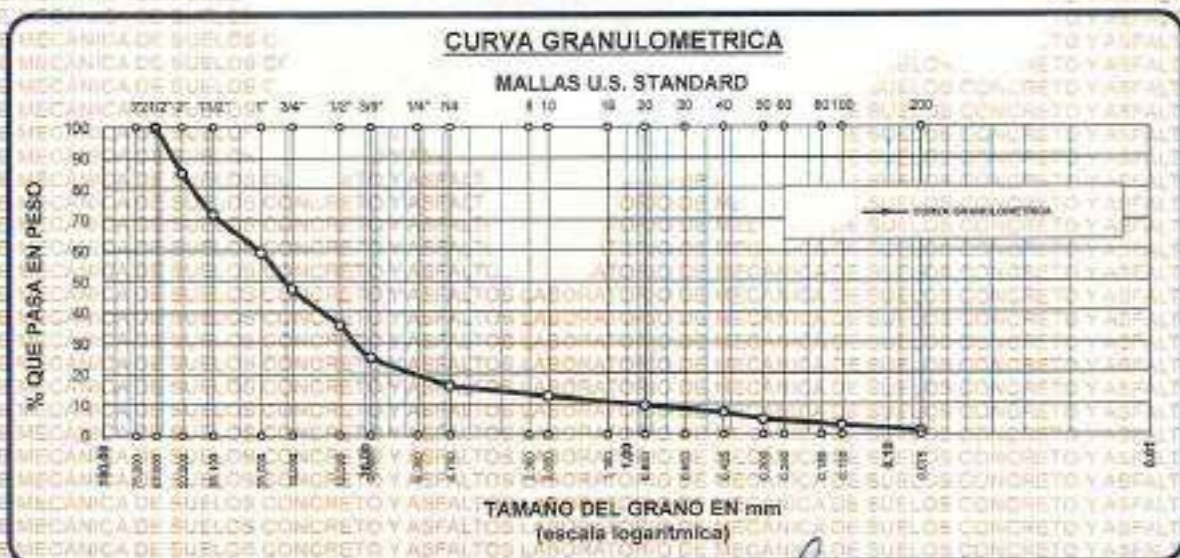
UBICACIÓN: AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA: CALICATA 03 - BASE

FECHA: 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200		0.00	0.00	100.00		P.L.= 2500.00
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		P.L.= 2468.50
2"	50.800	370.58	14.82	14.82	85.18		P.P.= 31.30
1 1/2"	38.100	334.26	13.37	28.19	71.81		%w= 7.79
1"	25.400	310.24	12.41	40.60	59.40		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000	300.56	12.02	52.62	47.38		LL=
1/2"	12.500	290.00	11.60	64.22	35.78		LP=
3/8"	9.500	250.68	10.43	74.65	25.35		I.P.= NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	235.97	9.44	84.09	15.91		D10= 1.018 Cu= 25.1762
No8	2.360						D30= 10.838 Cc= 4.50032
No10	2.000	84.36	3.37	87.46	12.54		D60= 25.64
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	74.26	2.97	90.43	9.57		I.G. =
No30	0.600						SUSCS GP-GM
No40	0.425	60.38	2.42	92.85	7.15		ASBTHO A1
No50	0.300	54.87	2.19	95.04	4.96		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	49.02	1.96	97.00	2.97		
No200	0.075	42.77	1.71	98.74	1.26		
BASE		31.50	1.26	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		1.26					



INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
R.C.P. - CIP INGENIERÍA CIVIL

[Firma]

Dr. Aníbal Yano Torres
CIP 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - SUBBASE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	102.87
SUELO SECO + TARRO	gr	94.10
PESO DEL TARRO	gr	23.30
PESO DEL AGUA	gr	8.77
PESO DEL SUELO SECO	gr	70.80
HUMEDAD %	%	12.39

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					
SUELO SECO + TARRO	gr					
PESO DEL TARRO	gr					
PESO DEL AGUA	gr					
PESO DEL SUELO SECO	gr					
HUMEDAD %	%					
N° DE GOLPES						

LIMITE LIQUIDO : NP LIMITE PLASTICO : NP

INDICE PLASTICO : NP

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Almirante Yana Torres
CIP/103267



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBBASE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	113.38
SUELO SECO + TARRO	gr	103.56
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	9.82
PESO DEL SUELO SECO	gr	79.56
HUMEDAD %	%	12.34

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					
SUELO SECO + TARRO	gr					
PESO DEL TARRO	gr					
PESO DEL AGUA	gr					
PESO DEL SUELO SECO	gr					
HUMEDAD %	%					
N° DE GOLPES						
LIMITE LIQUIDO :		LIMITE PLASTICO :				

INDICE PLASTICO : **NP**

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



Dr. Ericko Yana Torres
CIP 103297



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN CABRER
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
CARRERA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS-CONCRETO Y ASFALTOS



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

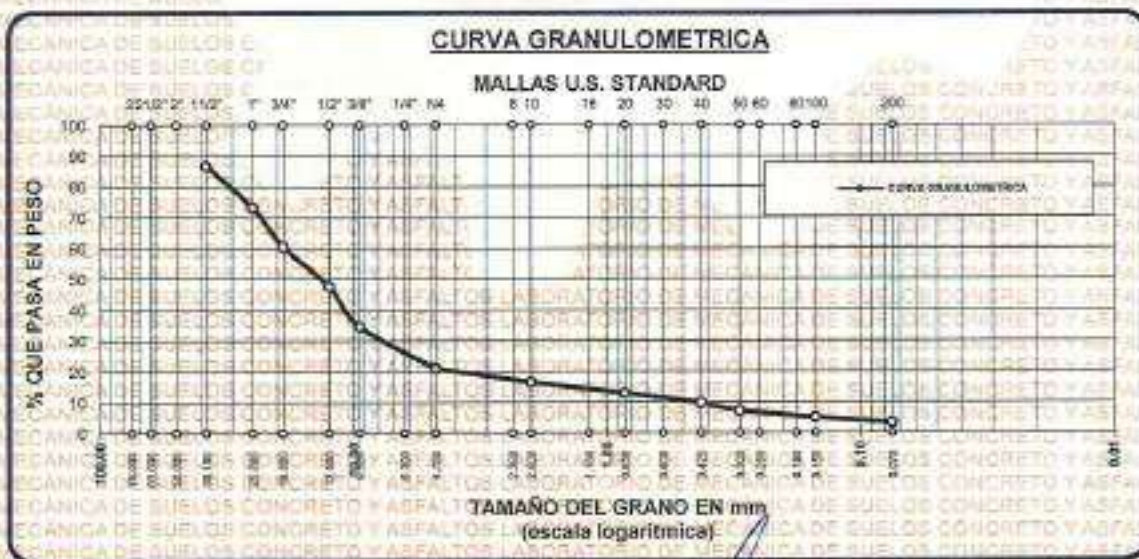
UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 - SUBBASE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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.L.= 3000.00
2"	50.000						P.L.= 2900.85
1 1/2"	38.100	398.62	13.29	13.29	86.71		P.P.= 99.35
1"	25.000	402.58	13.42	26.71	73.29		%W= 12.34
3/4"	19.000	379.82	12.85	39.36	60.64		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	392.67	13.10	52.46	47.54		L.L.= 0.00
3/8"	9.500	390.37	13.01	65.47	34.53		L.P.= 0.00
1/4"	6.300						I.P.= NP
No4	4.750	407.00	13.59	79.05	20.95		CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No5	2.360						D10= 0.444 Cu=42.1
No10	2.000	134.42	4.48	83.54	16.46		D30= 7.916 Cc=7.55
No16	1.180						D60= 18.60
No20	0.850	105.67	3.52	87.06	12.94		CLASIFICACION:
No30	0.600						I.G. =
No40	0.425	92.42	3.08	90.14	9.86		SUSCS GP-GM
No50	0.300	78.29	2.61	92.75	7.25		ASSTHO A1
No60	0.250						OBSERVACIONES:
No80	0.180						
No100	0.150	89.49	2.22	94.96	5.04		
No200	0.075	51.72	1.72	96.68	3.31		
BASE		99.35	3.31	100.00	0.00		
TOTAL		3000.00	100.00				
% PERDIDA		3.31					



INVESTIGACIÓN DE INVESTIGACIÓN
F.P. DE INGENIERÍA CIVIL

Dr. Arnulfo Yuste Torres
CIP: 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

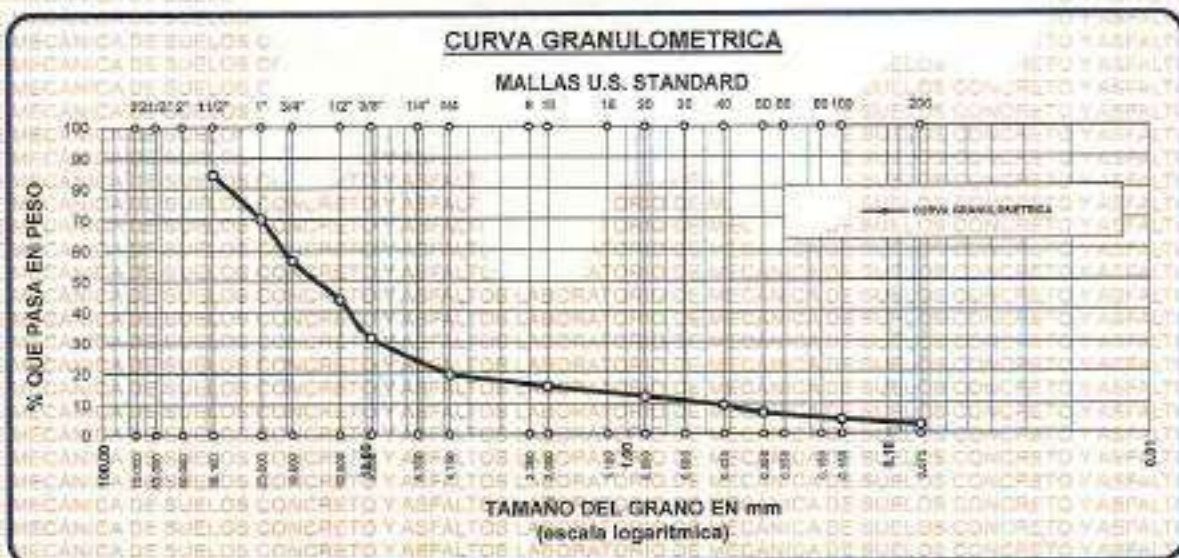
UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03 - SUBBASE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMANO MÁXIMO:
3"	75.000						DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000						P.L. = 2500.00
2"	50.000						P.L. = 2420.65
1 1/2"	38.100	398.82	15.54	15.54	84.46		P.P. = 71.35
1"	25.000	357.29	14.29	29.84	70.16		%W = 12.92
3/4"	19.000	339.65	13.59	43.42	56.68		LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	317.26	12.69	56.11	43.89		L.L. =
3/8"	9.500	309.62	12.38	68.50	31.60		L.P. = NP
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	300.50	12.02	80.52	19.48		D10 = 0.527 Cu = 38.91
No8	2.360						D30 = 8.906 Cc = 7.34
No10	2.000	98.60	3.95	84.46	15.54		D60 = 20.61
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	64.32	3.37	87.83	12.17		I.G. =
No30	0.600						SUSCS GP-GM
No40	0.425	71.26	2.85	90.68	9.32		ASSTHO A1
No50	0.300	83.62	2.54	93.23	6.77		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	65.23	2.21	95.44	4.56		
No200	0.075	42.68	1.71	97.15	2.85		
BASE		71.35	2.85	100.00	0.00		
TOTAL		2500.00	100.00				
% PERDIDA		2.85					



INGENIERO ROMÁN PATRICIO TORRES
 INGENIERO CIVIL

Dr. Arnoldo Yana Torres
 C.P. 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - SUBRASANTE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	118.97
SUELO SECO + TARRO	gr	103.10
PESO DEL TARRO	gr	24.00
PESO DEL AGUA	gr	15.87
PESO DEL SUELO SECO	gr	78.10
HUMEDAD %	%	20.06

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

TARRO N°		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	A	B
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	43.98	44.96	43.67	13.88	13.04
SUELO SECO + TARRO	gr	39.52	40.53	39.71	12.92	12.72
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	4.46	4.43	4.16	0.98	0.92
PESO DEL SUELO SECO	gr	11.27	11.91	10.57	4.92	4.72
HUMEDAD %	%	39.57	37.20	39.36	19.51	19.48
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	38.22	LIMITE PLASTICO	:	19.50	

INDICE PLASTICO : 18.71

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



Dr. Arnaldo Yano Torres
CIP. 103257



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

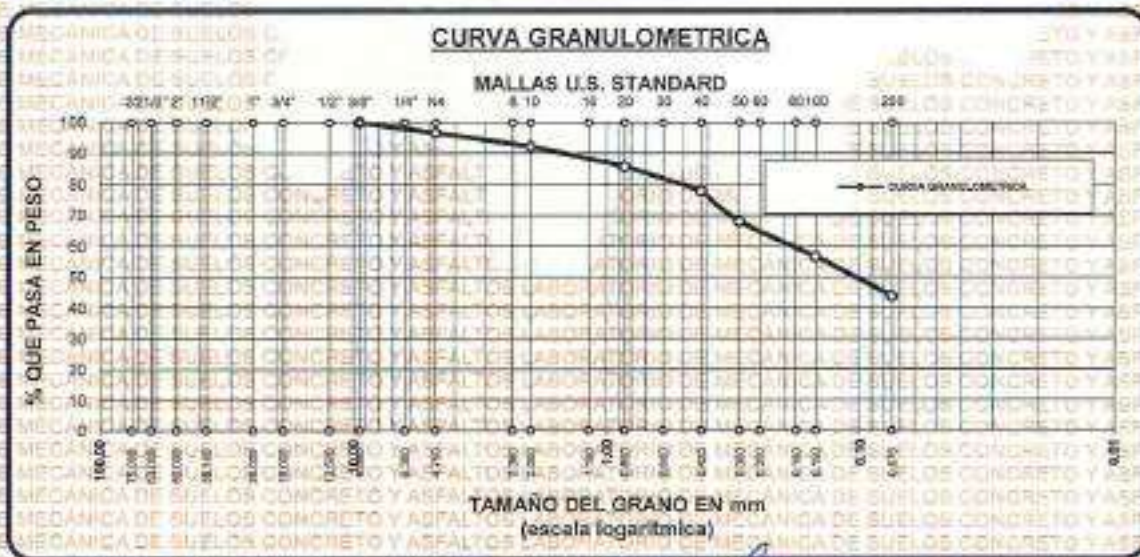
UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 01 - SUBRASANTE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L. = 200.00
2 1/2"	63.000						P.L. = 112.39
2"	50.000						P.P. = 87.81
1 1/2"	38.100						%W = 20.08
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL = 38.22
1/2"	12.500						LP = 19.50
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		IP = 18.71
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	6.74	3.37	3.37	96.63		D10 = — Cu = —
No8	2.360						D30 = — Cc = —
No10	2.000	8.94	4.47	7.84	92.16		D50 = 0.19
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	12.74	6.37	14.21	85.79		I.G. =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	15.84	7.92	22.13	77.87		ASSTHO
No50	0.300	19.75	9.88	32.01	67.99		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	22.03	11.32	43.33	56.68		
No200	0.075	25.74	12.87	56.20	43.81		
BASE		87.81	43.81	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA							



Dr. Arnoldo Yano Torres
C.I. 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 SUBRASANTE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	118.96
SUELO SECO + TARRO	gr	102.39
PESO DEL TARRO	gr	23.41
PESO DEL AGUA	gr	16.57
PESO DEL SUELO SECO	gr	78.98
HUMEDAD %	%	20.98

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	41.87	43.02	41.98	14.99	14.93
SUELO SECO + TARRO	gr	38.00	38.92	38.46	13.88	13.79
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.87	4.10	3.52	1.13	1.14
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.75	10.30	9.32	5.86	5.79
HUMEDAD %	%	39.69	39.81	37.77	19.28	19.69
N° DE GOLPES		30	25	15		
LIMITE LIQUIDO	:	38.63	LIMITE PLASTICO	:	19.49	

INDICE PLASTICO : 19.14

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



INGENIERIA DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
 RICARDO CAPANGUYA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN 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 ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

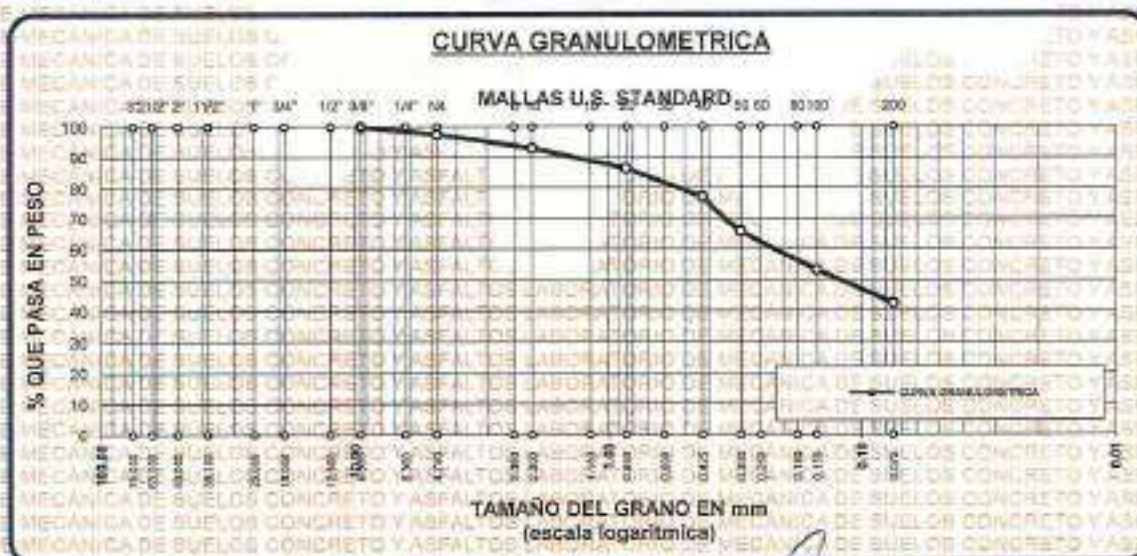
UBICACIÓN : AVENIDA ANDRÉS AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 02 SUBRASANTE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	75.000						P.L.= 200.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 114.87
2"	50.000						P.P.= 85.13
1 1/2"	38.100						%w= 20.86
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL= 38.63
1/2"	12.500						LP= 19.48
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		IP= 19.14
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.750	4.89	2.45	2.45	97.55		D10= — Cu= —
No8	2.380						D30= — Cc= —
No10	2.000	8.12	4.56	7.01	93.00		D60= 0.23
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	13.14	6.57	13.58	86.43		I.G. =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	18.84	9.32	22.90	77.11		ASTM
No50	0.300	22.32	11.16	34.06	65.95		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	26.27	12.84	46.89	53.31		
No200	0.075	21.40	10.75	57.44	42.57		
BASE		85.13	42.57	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA							



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CERÓN VELÁSQUEZ
 F.C.P. CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Anselmo Yano Torres
 C.P. 103297



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

UBICACIÓN : AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03 SUBRASANTE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	117.60
SUELO SECO + TARRO	gr	101.70
PESO DEL TARRO	gr	23.64
PESO DEL AGUA	gr	15.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	78.06
HUMEDAD %	%	20.37

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	41.89	42.92	41.98	14.18	14.31
SUELO SECO + TARRO	gr	38.14	39.97	38.40	13.17	13.27
PESO DEL TARRO	gr	28.25	28.62	29.14	8.00	8.00
PESO DEL AGUA	gr	3.75	3.95	3.58	1.01	1.04
PESO DEL SUELO SECO	gr	9.89	10.35	9.26	5.17	5.27
HUMEDAD %	%	37.92	38.16	38.66	19.54	19.73
N° DE GOLPES		30	25	15		

LIMITE LIQUIDO : 37.76 **LIMITE PLASTICO** : 19.64

INDICE PLASTICO : 18.12

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



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELASQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 VICI - CIP - INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
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 DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.

SOLICITANTE : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

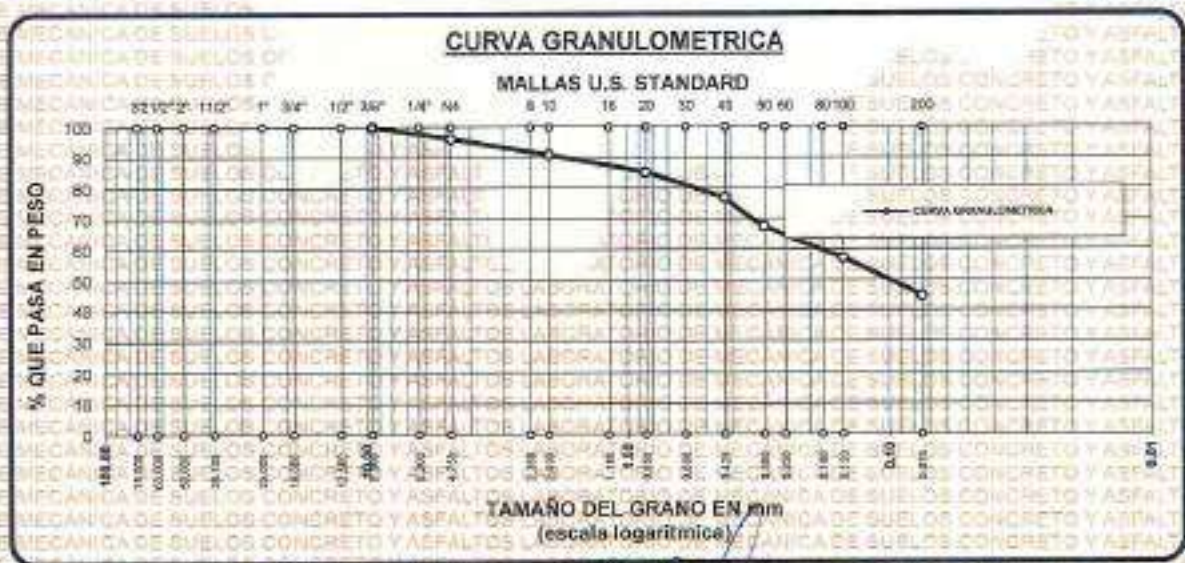
UBICACIÓN : AVENIDA ANDRES AVELINO

LUGAR : LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

MUESTRA : CALICATA 03 SUBRASANTE

FECHA : 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:
3"	75.000						P.L.= 200.00
2 1/2"	63.000						P.L.= 110.30
2"	50.000						P.P.= 89.70
1 1/2"	38.100						%W= 20.37
1"	25.000						LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.000						LL.=
1/2"	12.500						L.P.=
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P.= 18.12
1/4"	6.300						CARACT. GRANULOMETRICAS:
No4	4.750	7.54	3.77	3.77	96.23		D10= --- Cu= ---
No8	2.380						D30= --- Cc= ---
No10	2.000	10.82	5.31	9.08	90.92		D50= 0.19
No16	1.180						CLASIFICACION:
No20	0.850	11.37	5.68	14.77	85.24		I.G. =
No30	0.600						SUSCS CL
No40	0.425	19.73	8.37	23.13	76.87		ASSTHO
No50	0.300	18.62	9.31	32.44	67.56		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.150	20.79	10.40	42.84	57.17		
No200	0.075	24.63	12.32	55.15	44.85		
BASE		89.70	44.85	100.00	0.00		
TOTAL		200.00	100.00				
% PERDIDA			44.85				



UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELAZQUEZ"
FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
JULIACA
Dr. Reyna Yana Torres
CIP. 100207



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



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

TESIS	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2024
SOLICITANTE	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE
MUESTRA	CALICATA 01 - BASE
FECHA	3 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10168	10487	10747	10071
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4298	4617	4877	4601
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.029	2.180	2.303	2.267

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	411.90	412.91	655.98	655.66	549.63	552.84	405.83	408.54
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	388.41	391.21	614.40	616.37	498.96	498.00	448.32	447.87
Peso del Agua	gr.	22.49	21.70	41.58	39.29	50.67	53.74	50.51	47.67
Peso de la Capsula	gr.	64.60	64.30	63.30	64.50	65.30	64.00	64.00	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	324.91	327.01	491.10	451.87	432.66	434.00	381.52	383.67
% de Humedad	%	6.92%	6.64%	9.22%	8.69%	11.71%	12.36%	13.19%	13.00%
Promedio de Humedad	%	6.74%		8.99%		12.03%		12.32%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.900		2.001		2.055		2.009	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.070 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	11.19%



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

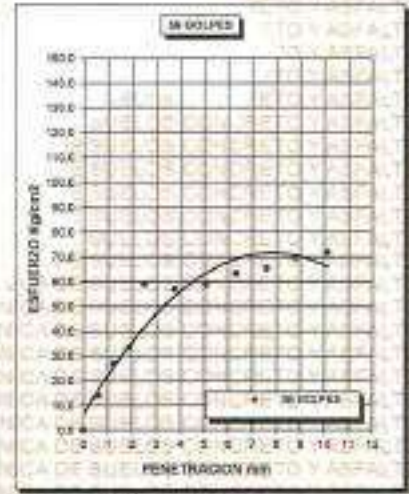
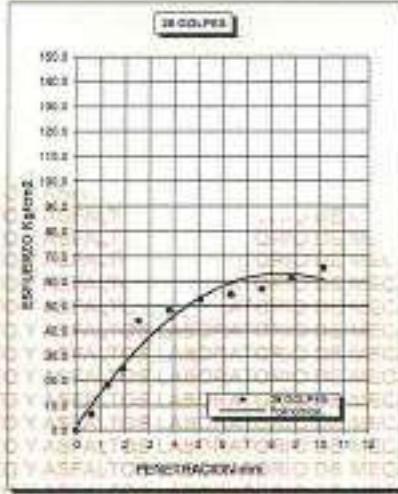
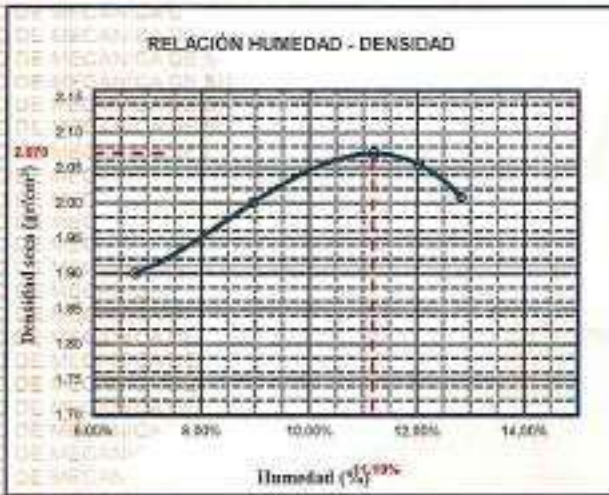
Dr. Armando Yana Torres
CIP. 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ACTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JIRAHUA 2024.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.070
UBICACION :	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.19%
MUESTRA :	CALICATA - 1 - BASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	81.87
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	66.98
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 I.C.P. CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Anabella Yana Torres
 CIP. 703257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024		
SOLICITANTE	REYNA ISABEL LLANES SUCCASACA		
UBICACIÓN	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE		
MUESTRA	CALICATA 02 - BASE		
FECHA	2 DE DICIEMBRE DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2118 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	55 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10071	10612	10718	10885
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4201	4842	4848	4815
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.883	2.182	2.268	2.273

Capítulo No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	418.58	438.83	393.96	393.72	449.83	449.71	513.26	513.48
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	393.82	393.35	395.51	388.82	412.88	412.43	480.94	480.12
Peso del Agua	gr.	22.08	23.23	27.45	27.10	37.05	37.28	32.72	53.37
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	303.30	302.41	348.57	348.22	386.30	385.91
% de Humedad	%	6.67%	7.07%	9.08%	8.86%	10.84%	10.71%	13.30%	13.48%
Promedio de Humedad	%	7.42%		8.92%		10.67%		13.39%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.883		2.010		2.068		2.006	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.072 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	11.20%



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

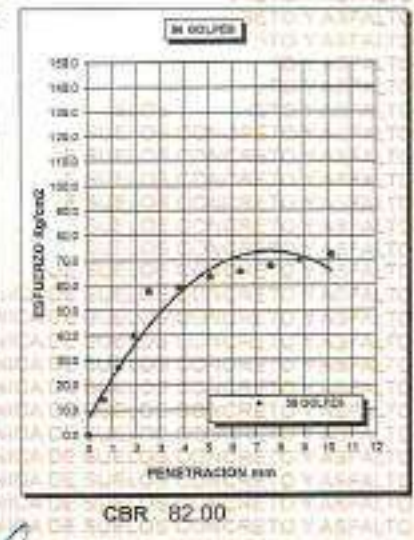
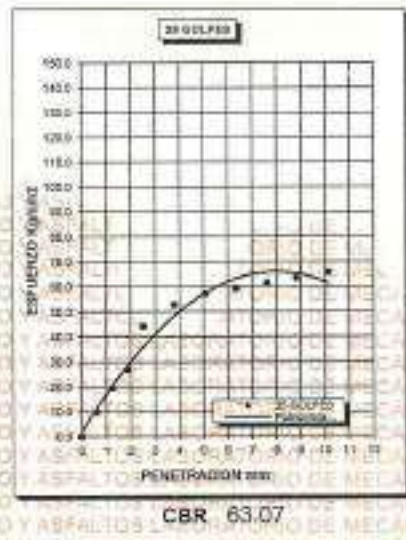
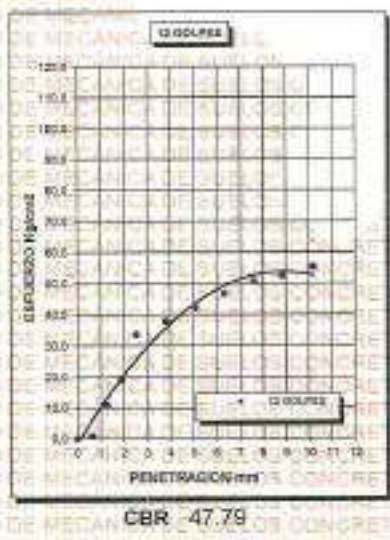
Dr. Arnoldo Yano Torres
 CIP: 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES BUCASAGA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)
UBICACIÓN :	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%)
MUESTRA :	CAJICATA-02 BASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)
		AASHTO :
		EMBEBIDO :



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

Dr. Arnoldo Yano Torres
CIP: 109207



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA CIRCUITVALACION NOROESTE
MUESTRA	: CALICATA 03 - BASE
FECHA	: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 55 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr	10110	10588	10729	10588
Peso del Molde	gr	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4240	4668	4859	4828
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.002	2.218	2.294	2.280

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr	419.36	419.42	386.67	380.42	403.06	403.02	513.48	513.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr	395.21	395.44	366.52	365.40	415.70	415.70	481.00	481.99
Peso del Agua	gr	24.05	23.98	20.05	25.02	37.06	38.12	52.48	61.70
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	395.80	387.99
% de Humedad	%	7.20%	7.24%	6.31%	6.30%	10.81%	10.84%	13.23%	13.00%
Promedio de Humedad	%	7.25%		9.31%		10.83%		13.11%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.867		2.036		2.070		2.045	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.071 gr/cm ³
MECÁNICA DE SUELOS	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 11.03%



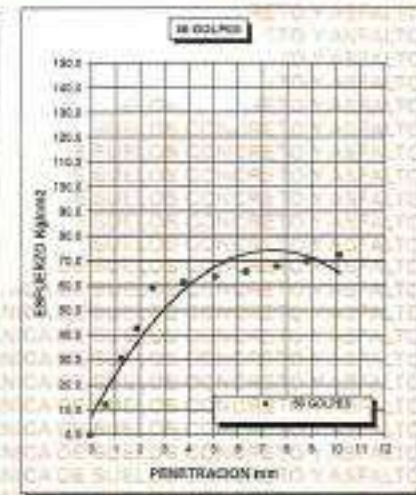
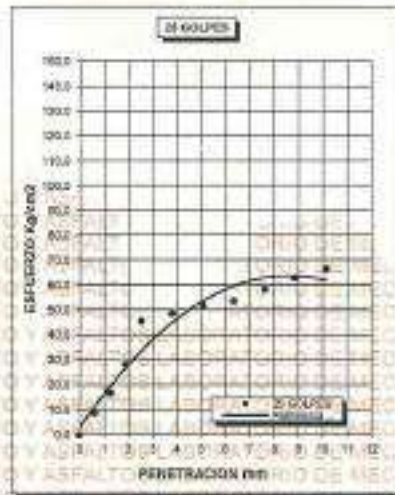
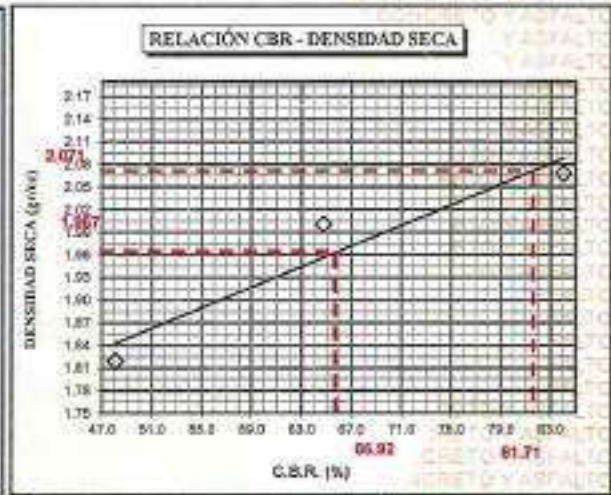
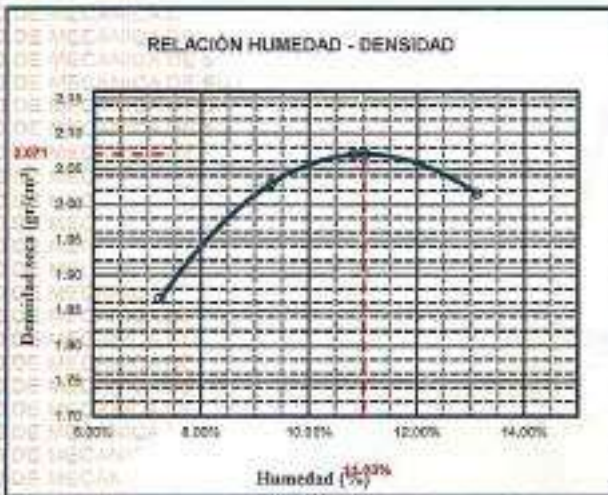

 Dr. Apellido Yane Torres
 CIP/103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.071
UBICACIÓN :	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.03%
MUESTRA :	CALICATA - 3	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	81.71
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	66.92
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 VICI-CAP (GENERACIÓN)
 Dr. Arnoldo Fusa Torres
 CIP 463257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE
MUESTRA	: CALICATA 01 - SUBBASE
FECHA	: 7 DE DICIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2118 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 50 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10380	10680	10555	10410
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4510	4810	4685	4540
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.129	2.271	2.212	2.144

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	324.15	324.58	341.42	344.12	387.32	381.09	294.32	293.26
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	307.31	307.12	316.24	318.32	353.46	355.29	291.64	291.24
Peso del Agua	gr.	16.84	17.46	25.18	25.80	33.86	34.80	22.78	21.02
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	343.31	342.12	352.24	354.32	388.46	391.29	187.54	147.24
% de Humedad	%	6.92%	7.21%	9.98%	10.14%	11.74%	11.95%	13.00%	14.28%
Promedio de Humedad	%	7.07%		10.06%		11.84%		13.94%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.985		2.063		1.978		1.881	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.082 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 9.03%



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN

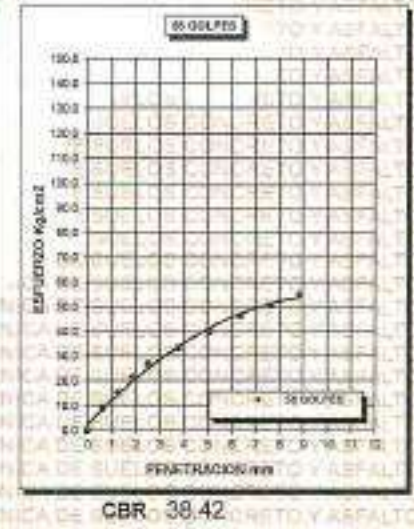
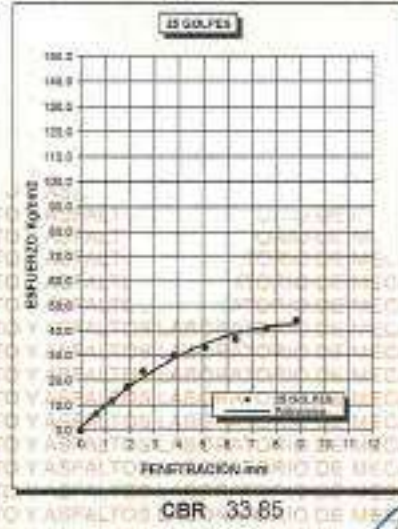
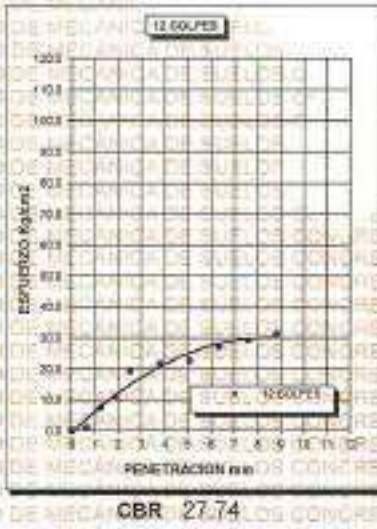
Dr. Arnaldo Yara Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JUJUYÁ 2024.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.082
UBICACIÓN :	AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.03%
MUESTRA :	CALICATA - 1 SUBBASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	37.83
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	33.97
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Amanda Yana Torres
 CIP. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA, 2024
SOLICITANTE	REYNA ISABEL ILLANES SUICASACA
UBICACIÓN	AVENIDA CIRCUNVALACIÓN NOROESTE
MUESTRA	CALICATA 02 - SUBBASE
FECHA	2 DE DICIEMBRE DEL 2024

MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2110 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	55 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10435	10590	10590	10410
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4565	4820	4690	4540
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.154	2.275	2.213	2.143

Capsula No.	No.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	331.00	331.98	345.89	346.68	380.45	381.82	350.81	351.72
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	311.50	312.24	321.66	321.71	347.35	348.02	320.72	320.67
Peso del Agua	gr.	19.50	19.34	24.39	25.97	33.10	33.20	27.09	27.95
Peso de la Capsula	gr.	64.12	64.21	64.52	64.35	64.52	64.50	64.37	64.25
Peso del Suelo Seco	gr.	247.38	248.03	257.04	256.36	282.73	284.12	259.35	259.61
% de Humedad	%	7.88%	7.80%	9.47%	10.13%	11.71%	11.58%	14.31%	14.55%
Promedio de Humedad	%	7.84%		9.80%		11.70%		14.30%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.998		2.072		1.982		1.871	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	2.075 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	9.40%



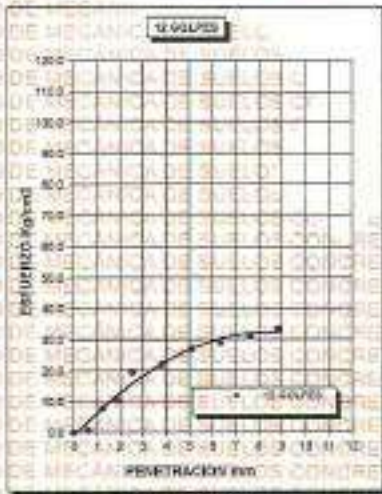
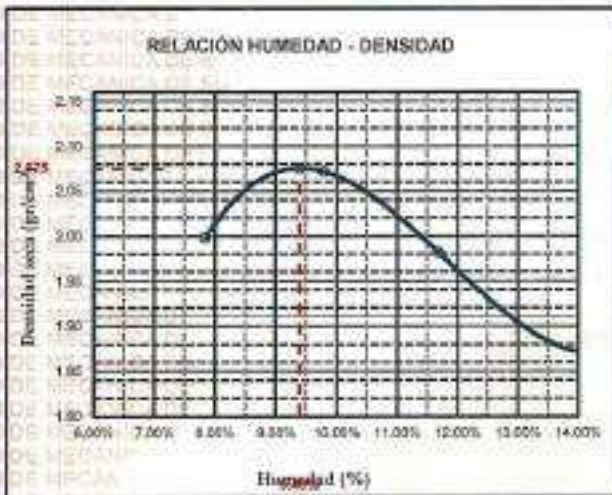
INSTRUMENTOS DE PRECISION
 FICP - CAP INGENIERIA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257



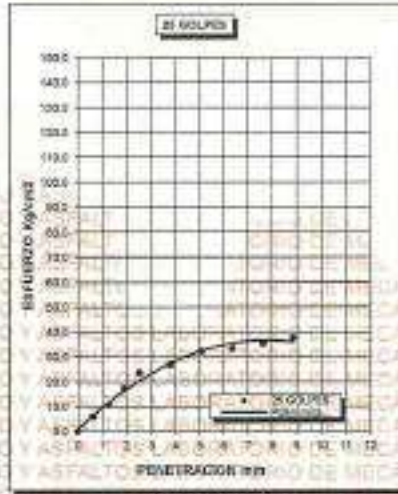
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



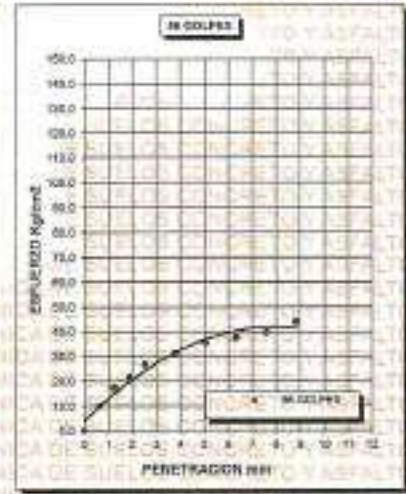
PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.075
UBICACIÓN :	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%)	9.40%
MUESTRA :	CALICATA - 02 SUBBASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	37.67
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	33.95
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



CBR 28.05



CBR 33.85



CBR 38.42

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAR/INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE
MUESTRA	: CALIGATA 03 - SUBBASE
FECHA	: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10420	10688	10670	10410
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4550	4798	4700	4540
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.148	2.265	2.218	2.144

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	330.10	330.42	340.12	341.21	384.24	385.15	295.38	296.67
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	310.96	312.14	317.32	318.42	350.28	353.27	298.39	299.42
Peso del Agua	gr.	19.16	18.28	22.80	22.89	33.96	32.88	38.67	26.25
Peso de la Capsula	gr.	63.98	64.12	64.03	63.98	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	%	7.73%	7.37%	9.01%	9.03%	11.68%	11.37%	19.87%	13.37%
Promedio de Humedad	%	7.56%		9.01%		11.62%		13.62%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.997		2.078		1.988		1.887	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.080 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 9.25%



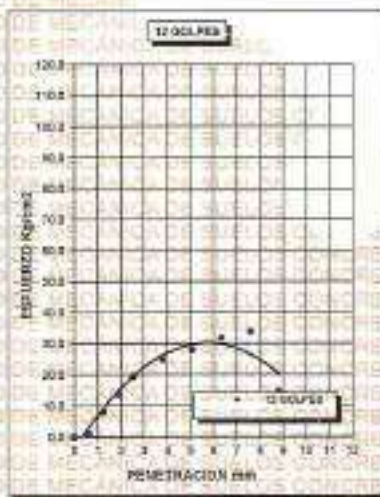
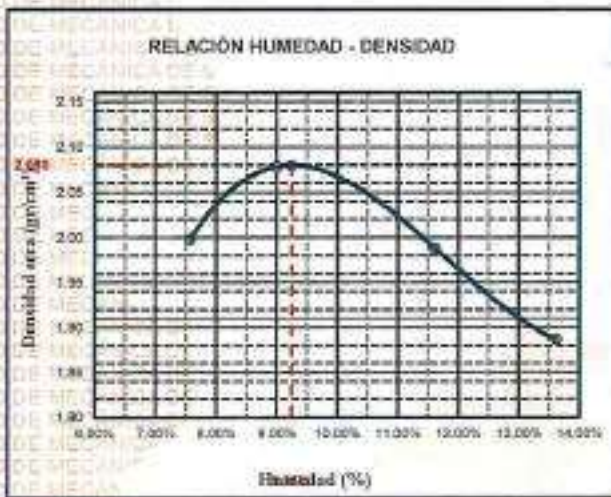
Dr. Arnaldo Yano Torres
 CIP: 103257



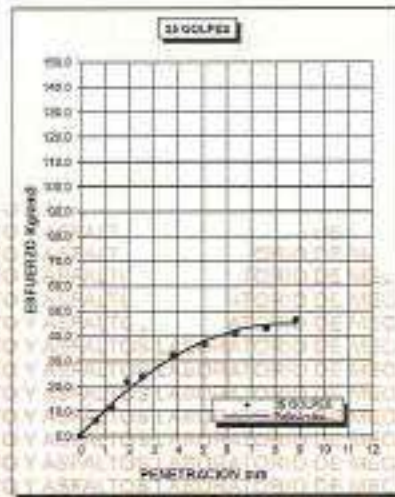
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



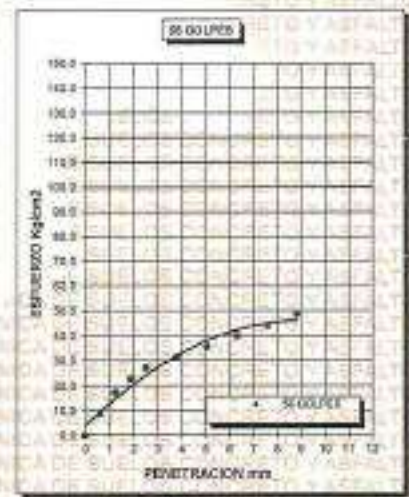
PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.080
UBICACIÓN :	AVENIDA CIRCVNALACION NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%) 9.25% CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 37.94
MUESTRA :	CALICATA - 3 SUBBASE	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 33.98
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	AASHTO : EMBEBIDO :



CBR 27.74



CBR 33.85



CBR 38.61



INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
Dr. Arnaldo Yáñez Torres
CIP/103257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE
MUESTRA	: CALICATA 01 - SUBRASANTE
FECHA	: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10445	10680	10495	10385
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4575	4810	4625	4515
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.159	2.270	2.183	2.131

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	834.61	833.66	851.73	852.92	895.24	891.48	243.66	242.60
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	308.98	308.98	302.89	321.99	358.12	360.99	221.20	218.60
Peso del Agua	gr.	24.62	24.60	30.84	30.93	38.12	40.49	22.78	23.38
Peso de la Capsula	gr.	64.00	64.50	64.00	64.00	64.33	65.00	64.00	64.55
Peso del Suelo Seco	gr.	245.92	244.48	296.89	297.92	293.82	295.99	157.20	158.10
% de Humedad	%	10.01%	10.06%	12.01%	13.99%	12.97%	13.88%	14.45%	15.07%
Promedio de Humedad	%	10.04%		12.00%		13.33%		14.78%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.962		2.027		1.926		1.856	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.049 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 11.25%



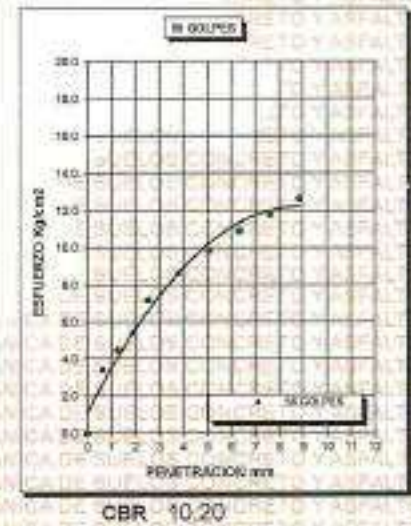
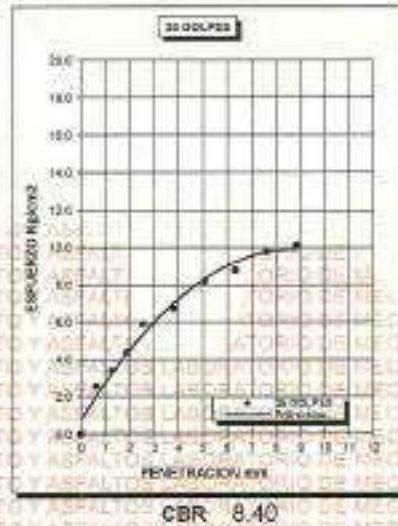
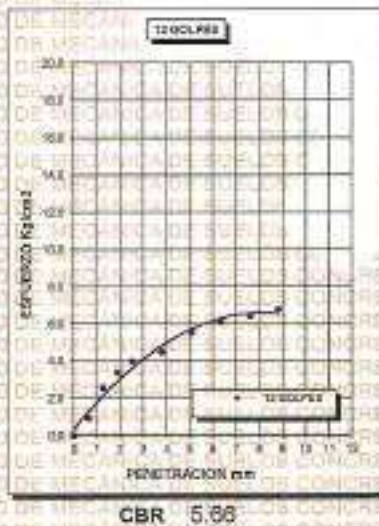

 INGENIERO EN INGENIERÍA CIVIL
 IICP - CIVIL AGENCIADO
 Dr. Arnaldo Iván Torres
 CIP: 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITADO : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 2.049 HUMEDAD OPTIMA (%) 11.25% CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 9.91 CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 8.09
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCONVALACION NOROESTE	AASHTO :
MUESTRA : CALICATA - 1	EMBEBIDO :
FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024	



VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 VICI-CAP VIGENERAL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 100257



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

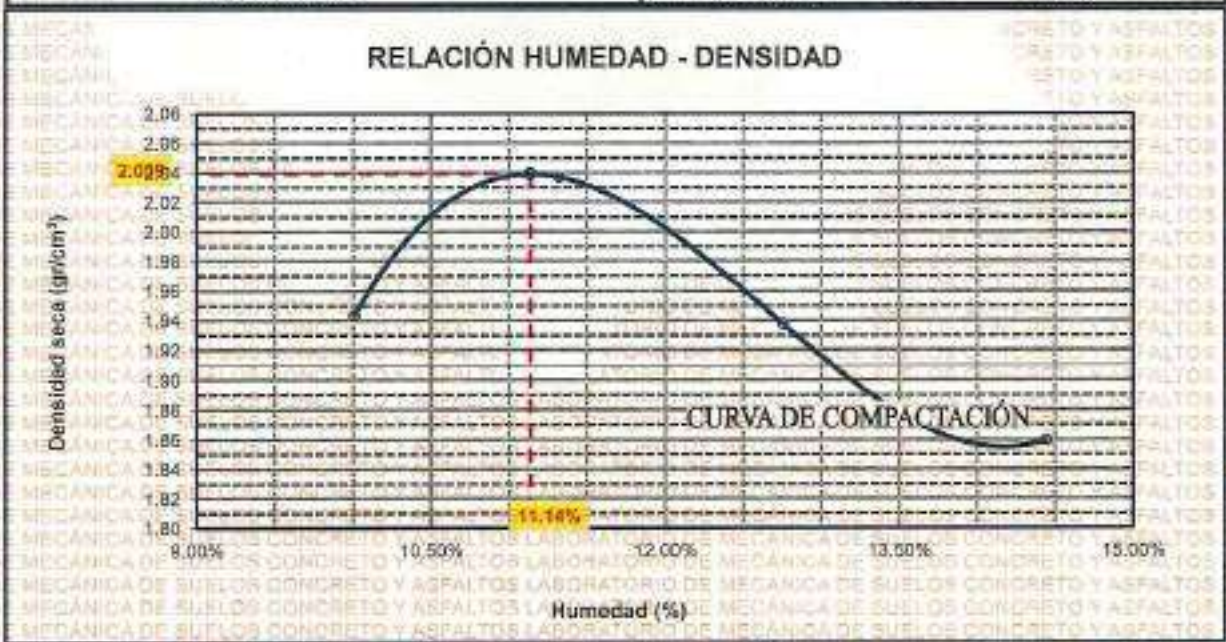
TESIS:	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE:	REYNA ISABEL LLANES SUICASACA
UBICACIÓN:	AVENIDA CIRCUNVALACION NOROCCIDENTE
MUESTRA:	CALICATA 02 - SUBRASANTE
FECHA:	2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10400	10675	10500	10380
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4530	4805	4630	4510
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.138	2.268	2.186	2.128

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	337.66	337.57	357.92	356.92	397.27	399.34	242.46	243.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.66	312.54	327.97	327.20	369.89	362.12	220.99	220.14
Peso del Agua	gr.	25.00	24.79	29.95	29.72	38.41	37.22	21.60	23.24
Peso de la Capsula	gr.	64.12	64.00	64.10	64.10	64.00	64.00	64.20	64.00
Peso del Suelo Seco	gr.	248.58	248.34	263.87	263.10	294.80	298.12	156.36	156.14
% de Humedad	%	10.06%	9.96%	11.36%	11.30%	13.02%	12.49%	14.01%	14.88%
Promedio de Humedad	%	10.01%		11.32%		12.78%		14.45%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.943		2.037		1.938		1.860	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.039 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	11.14%



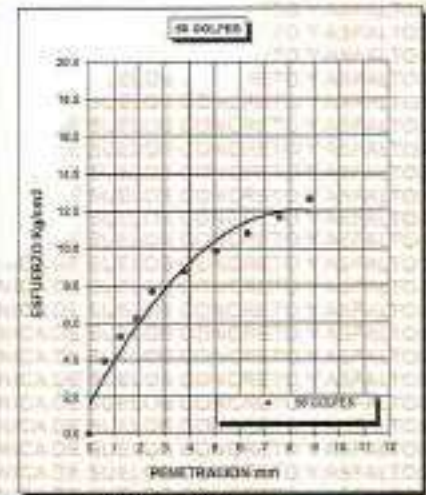
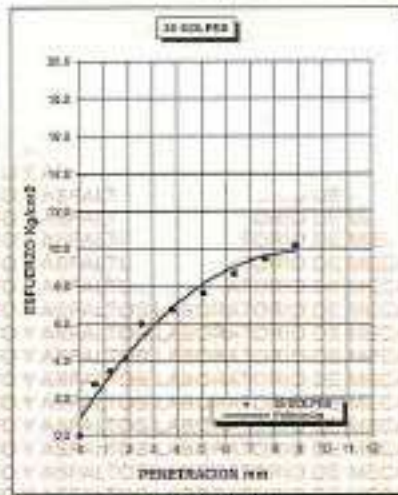
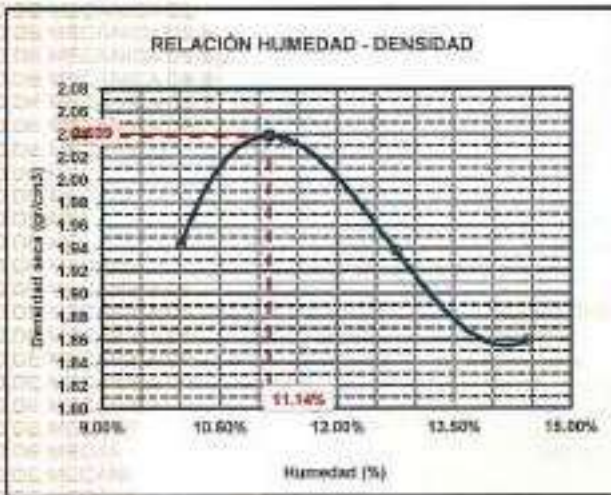

 Dr. Arnaldo Yano Torres
 CIP. 103257



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



PROYECTO : EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JUJUYA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-01
SOLICITADO : REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³): 2.039
UBICACIÓN : AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE	HUMEDAD OPTIMA (%): 11.14%
MUESTRA : CALICATA - 2	CBR AL 100 DE M.D.S. (%): 10.49
FECHA : 2 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%): 7.96
	AASHTO :
	EMBEBIDO :



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

[Firma]
 Dr. Anselmo Yana Torres
 CIP. 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE METODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA CIRCUNVALACION NOROESTE
MUESTRA	: CALICATA 03 - SUBRASANTE
FECHA	: 2 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10456	10684	10510	10360
Peso del Molde	gr.	5870	5870	5870	5870
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4586	4794	4640	4520
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.185	2.283	2.191	2.134

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	341.56	341.59	351.81	351.57	402.84	402.92	247.80	247.62
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	315.52	315.93	331.82	331.46	353.05	353.28	224.52	224.42
Peso del Agua	gr.	26.03	26.06	20.99	20.21	49.79	49.65	23.27	23.50
Peso de la Capsula	gr.	64.00	65.00	64.00	64.00	65.00	65.00	64.00	65.00
Peso del Suelo Seco	gr.	251.52	250.93	267.82	267.46	298.05	298.28	160.52	160.42
% de Humedad	%	10.36%	10.40%	11.10%	11.30%	13.95%	13.90%	14.56%	14.74%
Promedio de Humedad	%	10.37%		11.23%		13.32%		14.56%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.962		2.035		1.933		1.861	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.039 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 11.49%



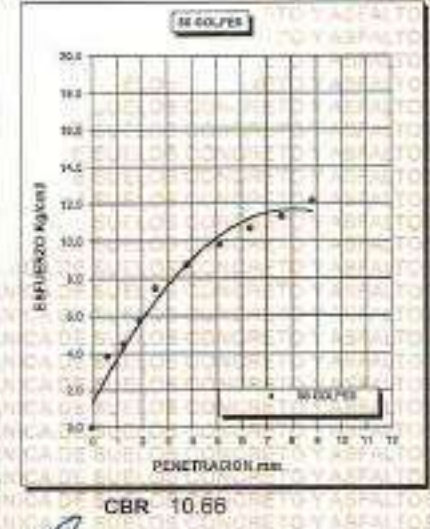
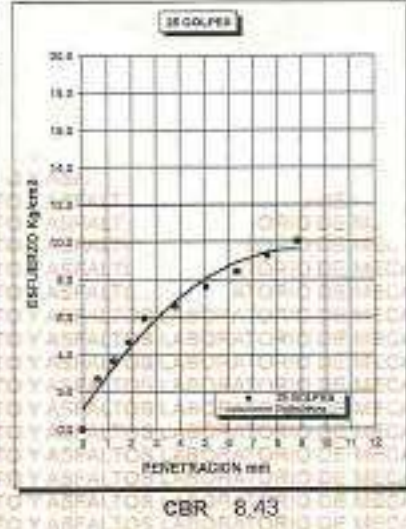
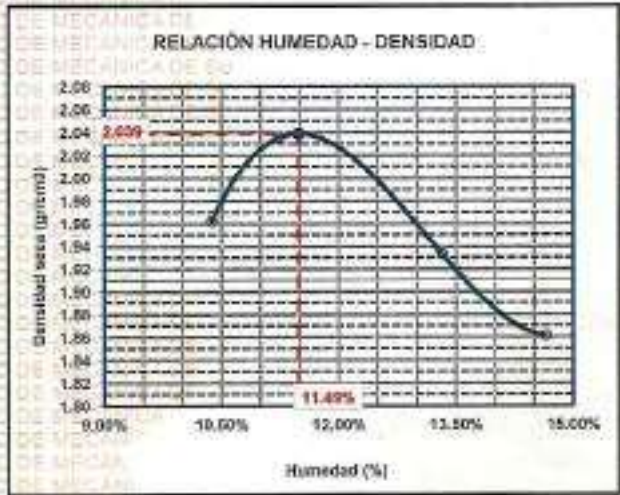
[Firma manuscrita]
 De: **Armando Yasa Torres**
 C.I.P. 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.039
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.49%
UBICACIÓN :	AVENIDA CIRCONVALACION NOROESTE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	10.26
MUESTRA :	CALICATA - 03	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	8.10
FECHA :	2 DE DICIEMBRE DEL 2024	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



INGENIERO CIVIL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
Dr. Arnoldo Tano Torres
CIP. 193297



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024.
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA ANDRÉS AVELINO
MUESTRA	: CALICATA 01 - BASE
FECHA	: 8 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10034	10442	10730	10638
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4184	4592	4880	4788
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	1.975	2.188	2.308	2.201

Capa No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Cápsula	gr.	416.96	417.12	557.25	558.82	656.10	657.21	492.92	490.87
Peso del Suelo Seco + Cápsula	gr.	392.42	392.31	487.58	487.87	602.32	602.04	449.99	439.54
Peso del Agua	gr.	24.55	24.81	69.67	70.95	53.78	55.17	42.93	51.33
Peso de la Cápsula	gr.	64.12	64.12	69.41	64.27	66.45	65.15	65.12	66.12
Peso del Suelo Seco	gr.	328.30	328.19	434.57	433.60	436.17	437.19	375.87	373.52
% de Humedad	%	7.48%	7.66%	9.03%	9.42%	12.33%	12.53%	13.71%	13.72%
Promedio de Humedad	%	7.52%		9.21%		12.44%		13.71%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.837		1.985		2.053		1.988	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.066 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 11.95%



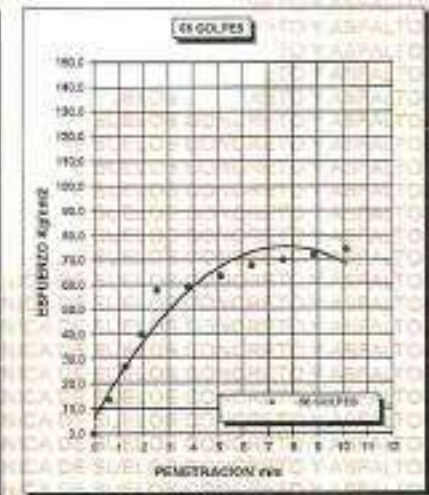
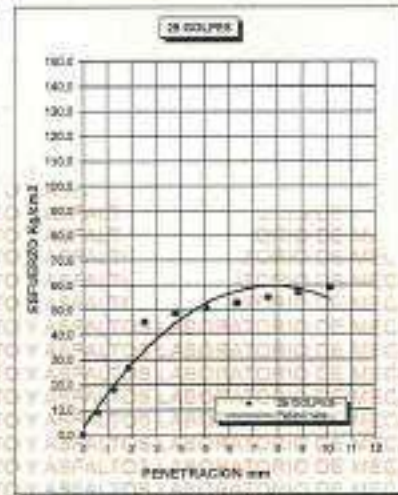
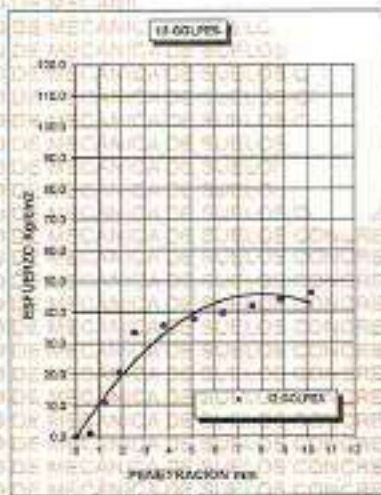
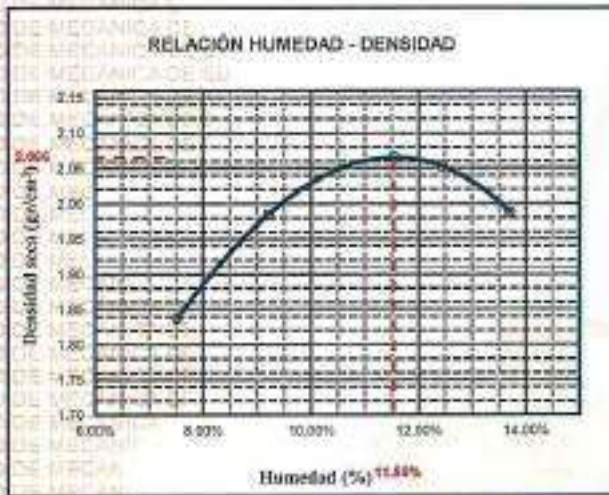
INVESTIGACIÓN DE INGENIERÍA CIVIL
 TPOC - CAP INGENIERÍA CIVIL
 De: *Arnoldo Yujra Torres*
 CIP: 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
		MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³-)	2.066
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.55%
UBICACIÓN :	AVENIDA ANDRES AVELINO	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	80.99
MUESTRA :	CALICATA -1	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	66.91
FECHA :	8 DE DICIEMBRE DEL 2024	AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



[Firma manuscrita]



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

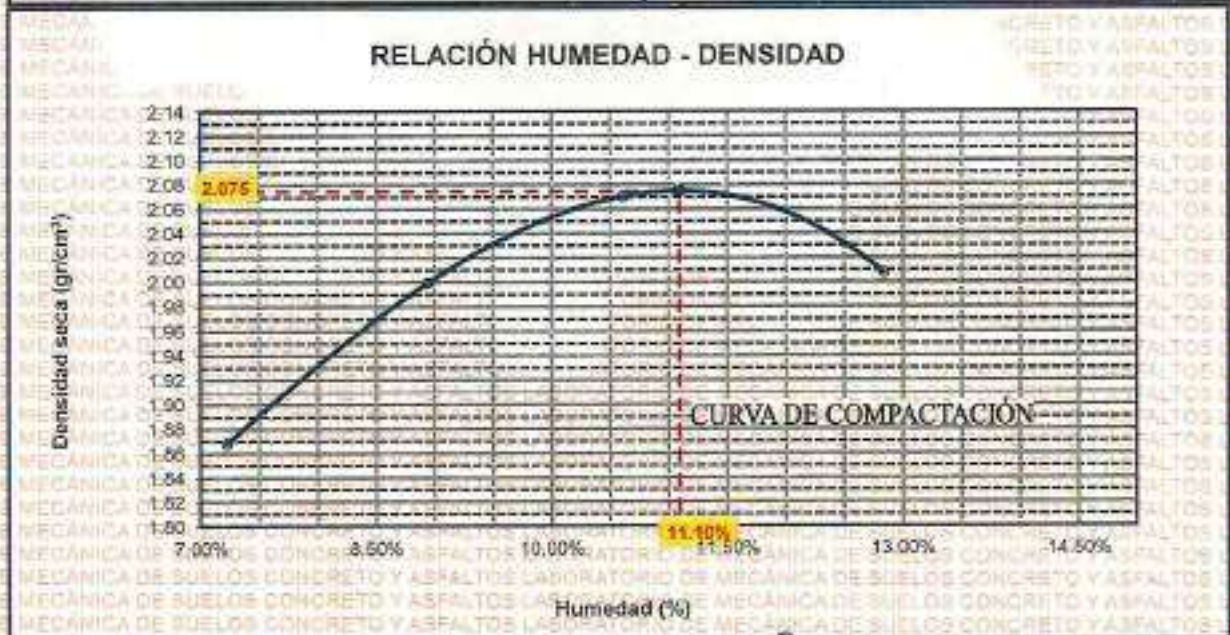
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DEGRADO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASAGA
UBICACIÓN	: AVENIDA ANDRÉS AVELINO
MUESTRA	: CAUCATA 02 - BASE
FECHA	: 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10093	10482	10700	10648
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4243	4632	4850	4798
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.005	2.178	2.290	2.265

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	437.87	437.88	400.57	404.68	440.80	441.12	407.10	487.00
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	412.21	412.99	372.62	377.10	406.66	404.38	408.94	438.90
Peso del Agua	gr.	25.66	24.89	27.95	27.58	34.14	36.74	48.15	48.10
Peso de la Capsula	gr.	64.19	64.20	64.19	64.18	64.30	64.30	64.21	64.19
Peso del Suelo Seco	gr.	348.02	348.79	308.43	312.92	342.34	340.08	374.74	374.71
% de Humedad	%	7.37%	7.08%	9.08%	8.81%	10.41%	10.80%	12.83%	12.84%
Promedio de Humedad	%	7.23%		8.94%		10.81%		12.84%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.868		1.898		2.070		2.008	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.075 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 11.10%



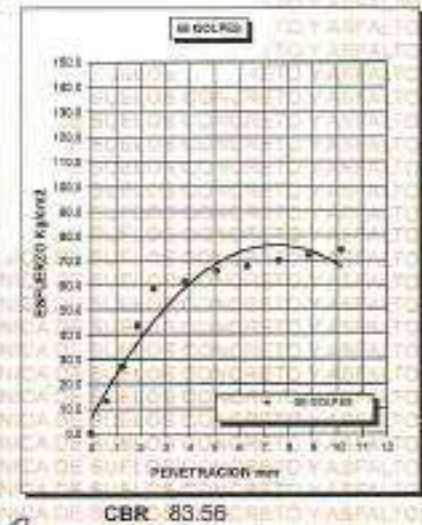
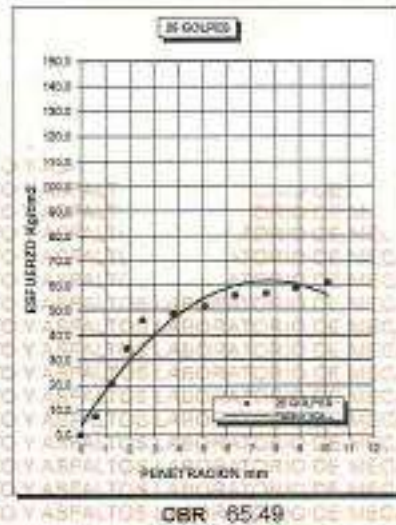
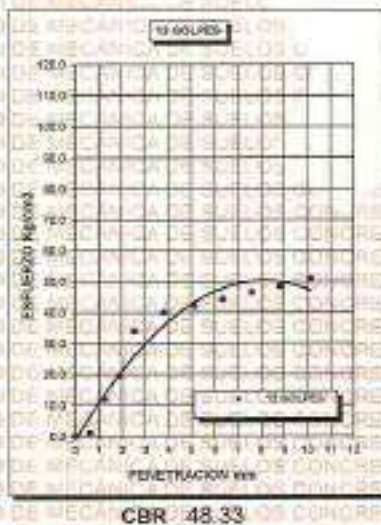
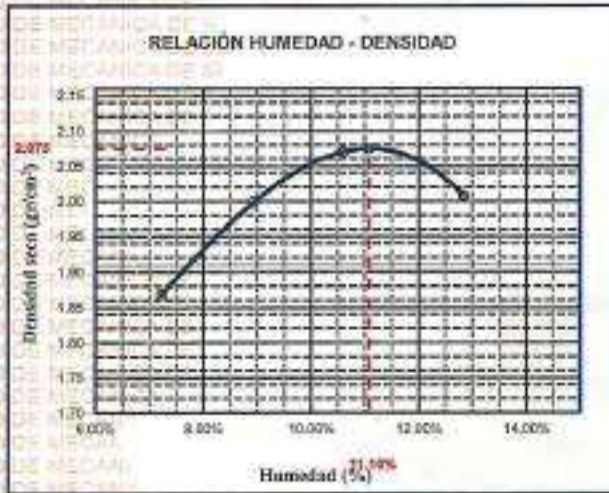

 Dr. Arnaldo Torres Torres
 C.P. 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	2.075
UBICACION :	AVENIDA ANDRES AVELINO	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.10%
MUESTRA :	CALICATA - 2	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	81.62
FECHA :	8 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	67.82
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Armando Yana Torres
 987 503257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS:	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE:	REYNA ISABEL ILLARÉS SUCASACA
UBICACIÓN:	AVENIDA ANDRÉS AVELINO
MUESTRA:	CALICATA 03 - BASE
FECHA:	8 DE DICIEMBRE DEL 2024

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2119 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	58 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10136	10498	10690	10726
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4286	4648	4840	4878
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.023	2.193	2.284	2.301

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	427.50	427.58	403.51	403.23	455.24	455.32	511.14	511.53
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	401.69	402.98	374.65	375.45	420.00	418.51	450.32	450.42
Peso del Agua	gr.	35.21	35.00	27.85	27.77	35.24	36.81	50.82	51.11
Peso de la Capsula	gr.	64.24	64.24	64.24	64.24	64.24	64.24	64.24	64.24
Peso del Suelo Seco	gr.	337.65	338.74	310.41	311.23	355.76	354.27	396.08	396.19
% de Humedad	%	7.47%	7.38%	8.98%	8.92%	10.19%	10.84%	12.83%	12.90%
Promedio de Humedad	%	7.42%		8.95%		10.51%		12.87%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.883		2.013		2.067		2.039	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.070 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	:	11.06%



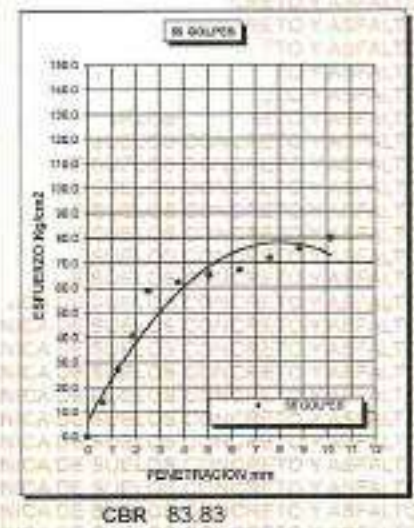
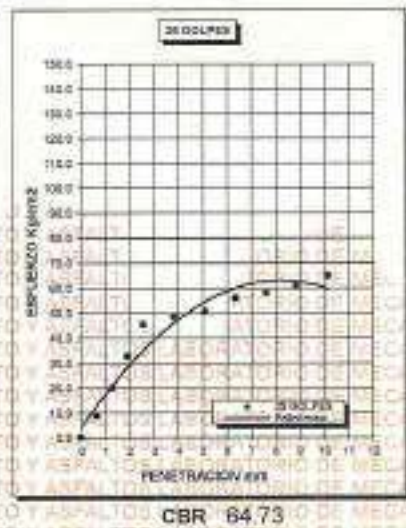
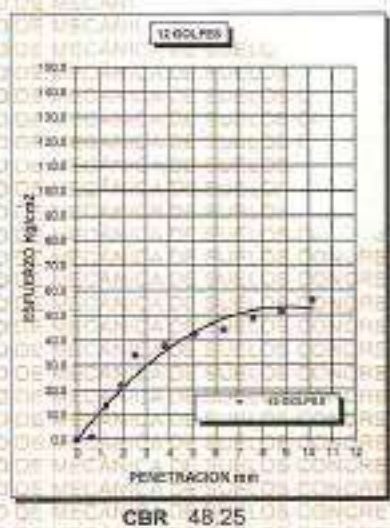
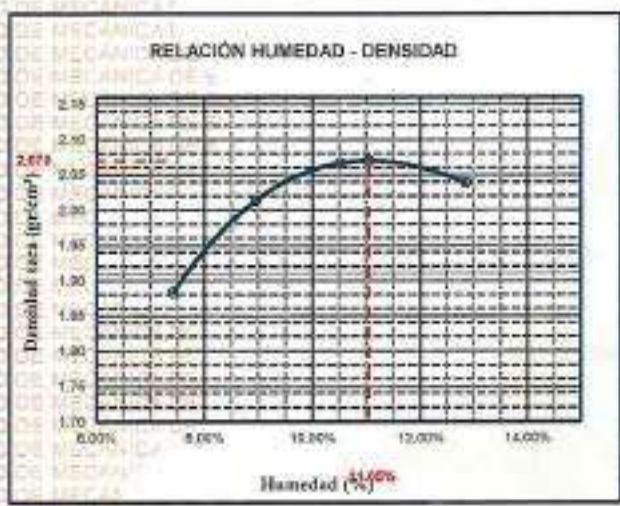
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 M.S.C. *[Firma]*
 Dr. Amalio Yana Torres
 CIP: 100257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.070
UBICACIÓN :	AVENIDA ANDRES AVELINO	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.05%
MUESTRA :	CALICATA - 03	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	81.14
FECHA :	9 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	66.48
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FICP - CIP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JULIACA - PERÚ
Dr. Argelindo Yana Torres
CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

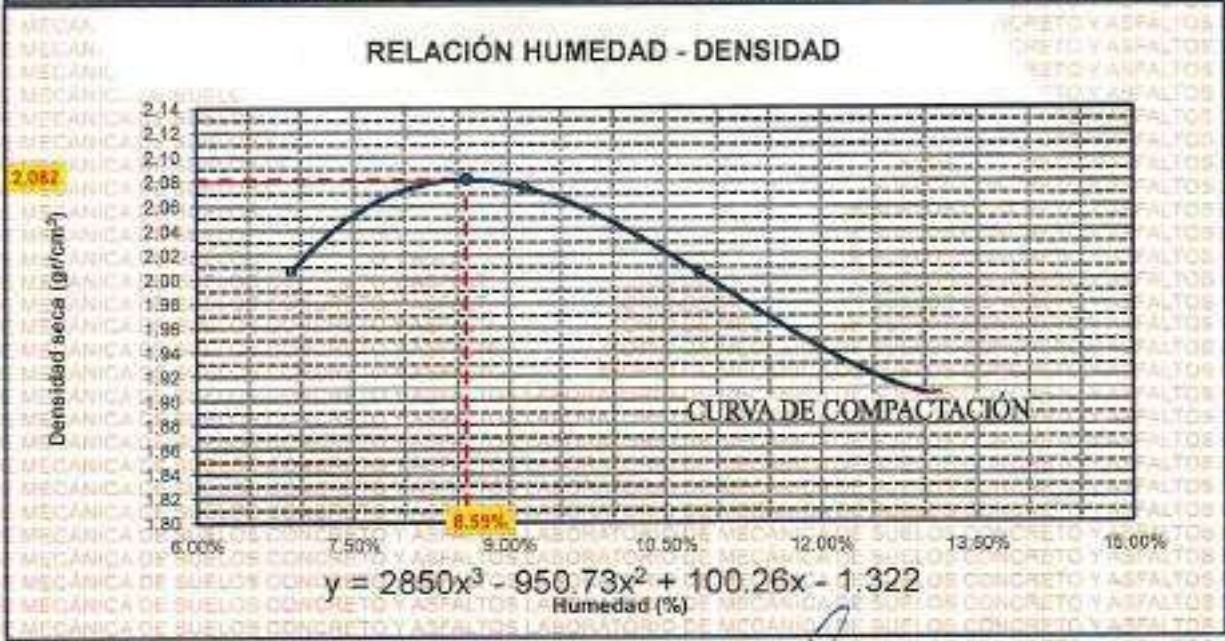
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2021
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA ANDRES AVELINO
MUESTRA	: CALICATA 01 - SUBBASE
FECHA	: 9 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10394	10647	10536	10409
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Humedo	gr/cm ³	4544	4797	4706	4559
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³	2.145	2.265	2.222	2.153

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	512.21	510.32	527.69	525.20	582.84	580.00	520.64	525.16
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	296.14	294.43	305.78	303.12	324.14	322.52	292.14	296.76
Peso del Agua	gr.	18.07	15.89	21.90	22.08	28.70	27.48	18.40	18.40
Peso de la Capsula	gr.	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10	64.10
Peso del Suelo Seco	gr.	232.04	230.33	241.69	239.02	260.04	258.42	138.04	142.66
% de Humedad	%	6.93%	6.90%	9.08%	9.24%	11.04%	10.63%	13.33%	12.80%
Promedio de Humedad	%	6.91%		9.19%		10.84%		13.11%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.007		2.075		2.005		1.903	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.082 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.59%



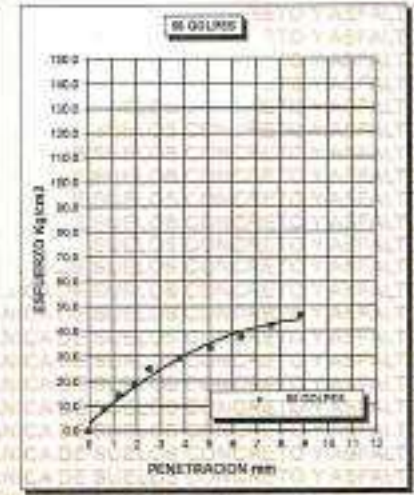
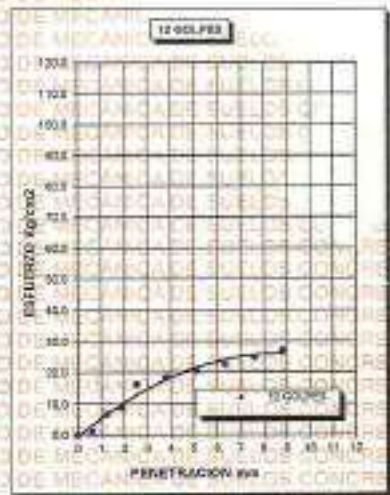
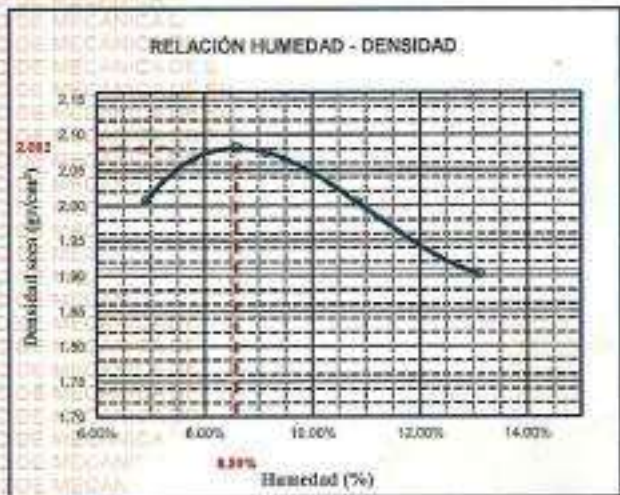

 Dr. Arnaldo Vera Torres
 QIP. 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³):	2.082
UBICACIÓN :	AVENIDA ANDRES AVELINO	HUMEDAD OPTIMA [%]	8.59%
MUESTRA :	CALICATA - 1	CBR AL 100 DE M.D.S. [%]	34.45
FECHA :	9 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. [%]	29.98
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	




 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FICP - CAD INGENIERÍA CIVIL
 Dr. José Luis Torres
 CIP 103257



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



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO CETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL LLANES SUICASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA ANDRÉS AVELINO
MUESTRA	: CALICATA 02 - SUBBASE
FECHA	: 8 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10428	10852	10668	10429
Peso del Molde	gr.	5850	5850	5850	5850
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4578	4992	4799	4579
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.161	2.287	2.223	2.162

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	331.05	332.15	346.00	346.60	363.36	363.06	385.35	386.40
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	312.80	314.70	322.20	322.30	331.60	333.20	358.62	360.20
Peso del Agua	gr.	18.25	17.45	23.80	24.20	31.76	30.78	26.73	26.20
Peso de la Capsula	gr.	64.00	64.15	64.00	64.15	64.21	64.30	64.95	64.70
Peso del Suelo Seco	gr.	248.80	250.55	258.20	258.15	267.39	268.90	293.67	295.50
% de Humedad	%	7.34%	6.96%	9.22%	9.37%	11.66%	10.88%	13.16%	12.99%
Promedio de Humedad	%	7.15%		9.30%		10.85%		13.26%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.017		2.074		2.006		1.812	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.063 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.67%



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

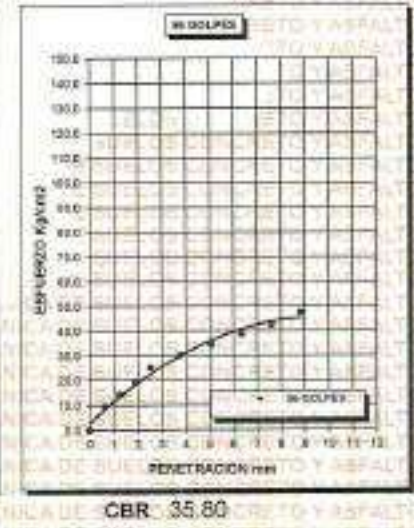
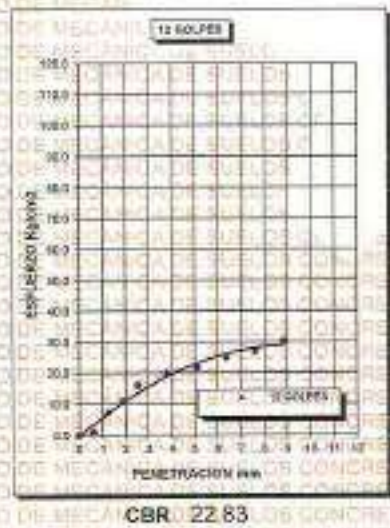
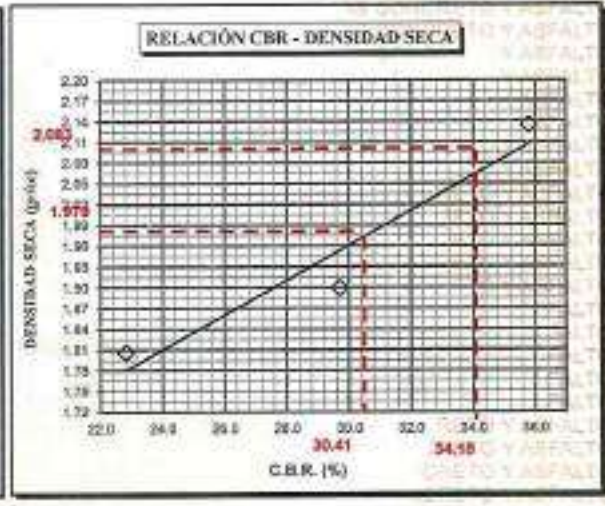
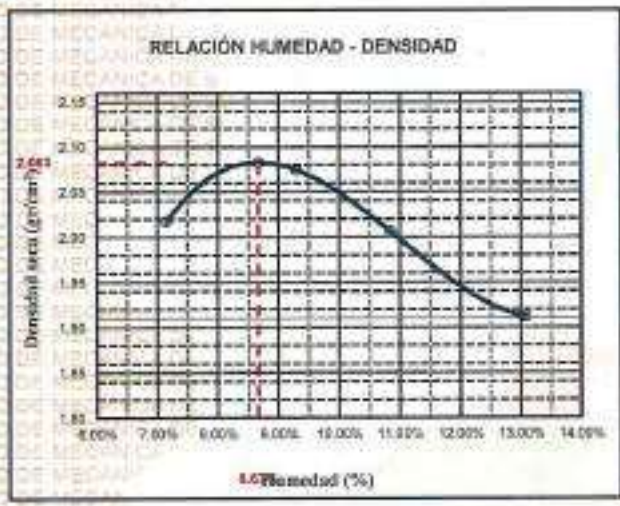
[Firma]
Dr. Arnelio Yana Torres
CIP: 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERDRO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.063
UBICACION :	AVENIDA ANDRES AVELINO	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.67%
MUESTRA :	CALICATA - 2 SUBBASE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	34.18
FECHA :	8 DE DICIEMBRE DEL 2024	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	30.41
		AASHTO :	
		EMBEBIDO :	



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
D^a Angélica Yana Torres
CIP 103257



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

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024
SOLICITANTE	: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA
UBICACIÓN	: AVENIDA ANDRÉS AVELINO
MUESTRA	: CALGATA 03 - SUBBASE
FECHA	: 0 DE DICIEMBRE DEL 2024

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

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	10423	10638	10557	10418
Peso del Molde	gr.	5860	5850	5850	5800
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³	4573	4788	4707	4568
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³	2.158	2.259	2.221	2.156

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	331.20	331.90	345.60	345.60	335.30	335.30	290.20	290.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	313.20	313.97	323.40	323.60	336.30	335.20	264.70	264.60
Peso del Agua	gr.	17.98	17.93	22.20	22.00	29.30	30.10	25.50	25.70
Peso de la Capsula	gr.	63.20	64.10	64.20	63.90	64.00	64.10	64.20	64.20
Peso del Suelo Seco	gr.	249.35	249.77	259.20	259.70	292.30	291.10	200.50	200.40
% de Humedad	%	7.20%	7.96%	8.58%	8.47%	10.02%	10.34%	12.72%	12.82%
Promedio de Humedad	%	7.13%		8.52%		10.19%		12.77%	
Densidad del Suelo Seco	%	2.014		2.081		2.016		1.912	

METODO:	ASTM D - 1557	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 2.081 gr/cm ³
	MODIFICADO "C"	HUMEDAD OPTIMA	: 8.46%



OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

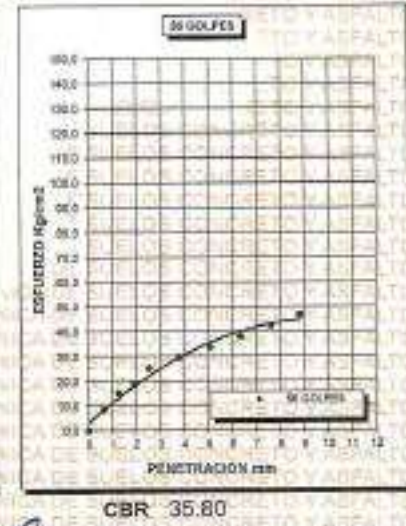
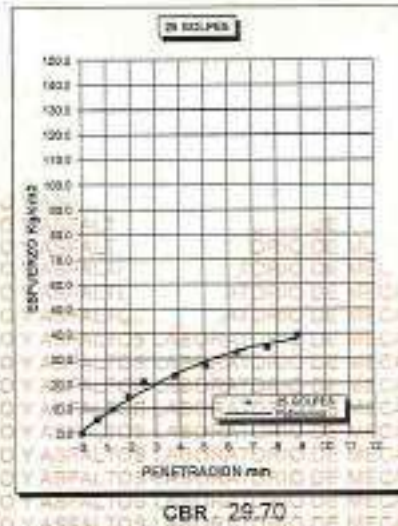
Dc. Alfredo Yana Torres
 CIP 103257



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



PROYECTO :	EVALUACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91			
	SOLICITADO :	REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA	MAXIMA DENSIDAD SECA [gr/cm³.]	2.081	
UBICACIÓN :	AVENIDA ANDRES AVELINO	HUMEDAD OPTIMA (%)	8.46%	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	33.95
MUESTRA :	CALICATA - 3	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	29.92	AASHTO :	
FECHA :	9 DE DICIEMBRE DEL 2024	EMBEBIDO :			



VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 FOP - CAS INGENIERÍA CIVIL
 Dr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



ANEXO I
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 25-08-2025

I. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: REYNA ISABEL ILLANES SUCASACA

Dirección: Jr. DANIEL ALOMIAS ROBLES 429 Mz-C Lt-25 Urb. JOSE A. ENCINA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 45502484

Teléfono: 981 600 468 email: illanesreyna@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

Facultad y/o Escuela de Posgrado: ESCUELA DE POSGRADO

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: MAESTRO EN INGENIERÍA 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 DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE MEDIANTE MÉTODOS

DESTRUCTIVOS PARA LA PROPUESTA DE ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN EN VÍAS DE ALTO

DETERIORO DE LA CIUDAD DE JULIACA 2024

Palabras claves, (3 a 5 términos): EVALUACIÓN ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO, PAVIMENTO FLEXIBLE, MÉTODOS

DESTRUCTIVOS, ALTERNATIVAS DE INTERVENCIÓN Y CAPACIDAD DE SOPORTE

¿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 Titulo 2da Especialidad Maestria 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 - P50

Firma de Autor



huella digital

25-08-2025

Fecha

