



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



**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA
EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
YUNGUYO – TINICACHI, SECTOR TAPOJE
DE LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANETH ROJAS GONZALO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA - PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA
EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
YUNGUYO – TINICACHI, SECTOR TAPOJE
DE LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. YANETH ROJAS GONZALO

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

:



Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

PRIMER MIEMBRO

:



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

SEGUNDO MIEMBRO

:



Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ASESOR DE TESIS

:



Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 868-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 11043 presentado por el (la) Bachiller: **YANETH ROJAS GONZALO** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN**.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **YANETH ROJAS GONZALO**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- * **2do Miembro** : Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS

ARTICULO SEGUNDO. - **RECONOCER** como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

ARTICULO TERCERO. - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **YANETH ROJAS GONZALO**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 29 de agosto del 2024
- * **HORA** : 9:30 a.m.
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

CC: Archivo



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 368-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 4014 por el o (la) Bachiller: **YANETH ROJAS GONZALO** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – N° 316 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 055 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el o (la) Bachiller: **YANETH ROJAS GONZALO**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 055 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

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

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

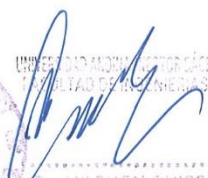
RESUELVE:


ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el o (la) Bachiller: **YANETH ROJAS GONZALO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


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


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

cc.
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 047-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de marzo del 2024

VISTO: El expediente N° 2023-CU-18834, presentado por el señor (a) **YANETH ROJAS GONZALO** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 354-2023-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 015-2024 del integrante del comité de investigación **EPIC** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el (la) estudiante: **YANETH ROJAS GONZALO** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 015-2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **YANETH ROJAS GONZALO**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECCIÓN
Dr. Elvira Barillo Sosa
DIRECTORA
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Intercedido (a)



ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO – TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	8%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
4	idoc.pub Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%




Metadatos Complementarios UANCV



Título de la tesis	
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO – TINICACHI, SECTOR DE TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	YANETH ROJAS GONZALO
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77702544
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-9805-0797
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8509-7224
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI



Número de documento de identidad	01316765
Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la Construcción - P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Yunguyo Distrito: Yunguyo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Latitud: S 16°15'0" - Longitud: O 69°4'59.99"  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1ZYnsBJQo_Ai6iC1UIGMwc113-LrOzpQ&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Marzo 2024 – Junio 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	<p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</p> <p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p>



UNIVERSIDAD NACIONAL NESTOR CERCO DE VELASQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Eirain Perillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo YANETH ROJAS GONZALO, identificado con DNI
Nro. 77702544, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO – TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO

Asesorado por: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

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 03 de OCTUBRE del 2024



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Esta tesis es dedicada a: A Dios por ser parte del proceso.

A nuestros padres gracias por inculcarnos en nosotros el ejemplo del esfuerzo y valentía.

A mi hijo Dylan Enrique, quien ha sido mi mayor motivación y apoyo incondicional, durante todo este proceso



AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento a Dios y a la
"Universidad Andina Néstor Cáceres
Velásquez".



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTOS ii

ÍNDICE GENERAL iii

INDICE DE TABLAS vii

INDICE DE FIGURAS viii

RESUMEN x

ABSTRACT..... xi

INTRODUCCION xii

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema 1

1.2 Planteamiento del problema 2

 1.2.1 Problema general 2

 1.2.2 Problemas específicos..... 2

1.3 Justificación de la investigación 2

 1.3.1 Justificación técnica..... 2

 1.3.2 Justificación practica 3

 1.3.3 Justificación metodológica 3

 1.3.4 Justificación social..... 3

1.4 Objetivos 3

 1.4.1 Objetivo general 3

 1.4.2 Objetivos específicos 3



1.5	Hipótesis.....	4
1.5.1	Hipótesis general	4
1.5.2	Hipótesis específicas.....	4
1.6	Variables e indicadores	4
1.7	Operacionalización de variables.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación	6
2.1.1	Antecedentes internacionales	6
2.1.2	Antecedentes nacionales.....	7
2.1.3	Antecedentes regionales	9
2.2	Marco teórico	10
2.2.1	Pavimentos	10
2.2.2	Clasificación de los Pavimentos	10
2.2.3	Comportamiento estructural del pavimento	12
2.2.4	Bases granulares para pavimentos.....	13
2.2.5	Requerimientos para Subbase Granular	14
2.2.6	Base granular	16
2.2.7	Suelos	16
2.2.8	Defectos en el Pavimento Flexible	20
2.2.9	Tipos de Fallas en el Pavimento	21
2.2.10	Causas de Defectos en el pavimento	21
2.2.11	Defectos en los Pavimentos.....	22
2.2.12	Severidad de Defectos	37



2.2.13	Aguas subterráneas.....	38
2.2.14	Características del agua subterránea.....	39
2.2.15	Consideraciones hidrológicas.....	42
2.2.16	Clasificación.....	44
2.2.17	Características del agua subterránea.....	45
2.3	Marco conceptual	56

CAPITULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Diseño de la investigación.....	59
3.1.1	Nivel de investigación	60
3.1.2	Tipo de investigación.....	60
3.1.3	Enfoque de investigación.....	60
3.2	Población y muestra	60
3.2.1	Población	60
3.2.2	Muestra	60
3.3	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	61
3.3.1	Técnicas de la investigación	61
3.3.2	Instrumentos de la investigación	62
3.3.3	Ensayos de mecánica de suelos	62

CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1	Resultados de la investigación.....	70
4.1.1	Características físicas y mecánicas de los suelos de la base del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.....	70



4.1.2	Ensayos de contenido natural (humedad).....	71
4.1.3	Ensayos del análisis granulométrico.....	71
4.1.4	Ensayos de suelos para determinar los límites de consistencia.....	72
4.1.5	Ensayo de suelos para determinar la clasificación de suelos.....	73
4.1.6	Ensayo de suelos para determinar la densidad seca máxima.....	73
4.1.7	Ensayos de suelos para determinar la Relación Soporte California (CBR).....	74
4.1.8	Análisis comparativo de características físicas y mecánicas del suelo de la base.....	74
4.1.9	Evaluación del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”, con el método PCI.....	75
4.1.10	Rangos PCI.....	78
4.1.11	Propuesta de un sistema de gestión y conservación de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.....	80
4.1.12	Sistema de gestión, reparación y mantenimiento de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.....	80
4.1.13	Importancia del SGP de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.....	81
4.1.14	Mantenimiento de pavimentos.....	81
4.1.15	Importancia del mantenimiento de pavimentos.....	81
4.2	Análisis de resultados.....	82
	CONCLUSIONES.....	84
	RECOMENDACIONES.....	85
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	86
	ANEXOS.....	88



INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	5
Tabla 2. Especificaciones de Granulometría para Subbase Granular	15
Tabla 3. Ensayos requeridos	15
Tabla 4. Requerimiento de CBR para una base granular	16
Tabla 5. Clasificación AASHTO	18
Tabla 6. Nivel de seguridad	32
Tabla 7. Defectos principales por el Método PCI.....	37
Tabla 8. Niveles de severidad	38
Tabla 9. Significado	64
Tabla 10. Índice de Plasticidad	66
Tabla 11. Clasificación de suelos de acuerdo al CBR	68
Tabla 12. Resumen del contenido de humedad	71
Tabla 13. Resumen del análisis granulométrico	72
Tabla 14. Resumen de límites de consistencia.....	72
Tabla 15. Resumen de clasificación del suelo	73
Tabla 16. Resumen del ensayo de Proctor modificado.....	73
Tabla 17. Resumen del ensayo de CBR.....	74
Tabla 18. Resumen los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la base .	74
Tabla 19. Rangos de calificación PCI.....	78
Tabla 20. Clasificación para cada rango de clasificación del PCI.....	79
Tabla 21. Resumen de condición actual del tramo vial	79



INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pavimento Flexible.....	10
Figura 2. Sección Transversal.....	11
Figura 3. Sección Transversal del Pavimento Articulado	11
Figura 4. Esquema de comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos	13
Figura 5. Sistema de clasificación según SUCS	20
Figura 6. Tipos de Defectos	23
Figura 7. Piel de cocodrilo.....	24
Figura 8. Exudación.....	24
Figura 9. Agrietamiento en bloque	25
Figura 10. Abultamiento.....	26
Figura 11. Defecto tipo hundimientos	26
Figura 12. Corrugación.....	27
Figura 13. Depresión del pavimento.....	27
Figura 14. Grietas en el borde.....	28
Figura 15. Grieta de reflexión de junta.....	29
Figura 16. Desnivel de carril	30
Figura 17. Grietas longitudinal y transversal.....	30
Figura 18. Parches	31
Figura 19. Pulimiento de agregados	32
Figura 20. Defecto tipo Huecos	33
Figura 21. Cruce férreo.....	33
Figura 22. Defecto tipo ahuellamiento	34



Figura 23. Desplazamiento	35
Figura 24. Defecto tipo grietas parabólicas	35
Figura 25. Defecto tipo hinchamiento	36
Figura 26. Desprendimiento de agregados	36
Figura 27. Agua subterránea.....	39
Figura 28. Sección típica de una cuneta	46
Figura 29. Curvas granulométricas.....	64
Figura 30. Proctor Modificado	67
Figura 31. Curva humedad - densidad seca	69



RESUMEN

Debido al deterioro gradual de las carreteras por falta de cuidado, la vida útil del pavimento parece girar en torno a la repetición de las obras. El proyecto de la carretera Yunguyo-Tinicachi no puede seguir adelante sin abordar los acuciantes problemas de la gestión de las aguas superficiales y subterráneas en la región de Tapoje, así como la aplicación de nuevas condiciones de tráfico. Nos propusimos lograr tres cosas en nuestra evaluación de la subrasante, la base, la calidad de la mezcla asfáltica y las caídas superficiales de la carretera: primero, determinar el impacto del agua subsuperficial en la estructura del pavimento asfáltico; segundo, determinar el papel de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la subbase y la base en el deterioro superficial del pavimento asfáltico; y tercero, determinar el comportamiento del agua subsuperficial en la estructura del pavimento asfáltico.

Según los resultados de las pruebas de suelo, la degradación del pavimento está causada por suelos de baja calidad, que son más comunes en zonas con agua estancada. Debido a una cantidad inadecuada de asfalto, la mezcla asfáltica no posee suficiente durabilidad. El pavimento se desgasta porque no siempre se incluye asfalto en las mezclas bituminosas. Hay que proponer y poner en marcha una estrategia de gestión y conservación, ya que la evaluación de las caídas de la calzada muestra que el estado es malo.

Los objetivos generales del estudio son identificar las propiedades de los suelos de base, evaluar las caídas de la carretera en superficie y examinar el impacto del agua subsuperficial en la estructura del pavimento asfáltico.

Palabra clave: Agua subterránea, base, fallas superficiales.



ABSTRACT

Due to the gradual deterioration of roads caused by lack of care, the lifespan of pavement seems to revolve around repeated construction. The Yunguyo-Tinicachi road project cannot go forward without addressing the pressing issues of surface and subsurface water management in the Tapoje region, as well as implementing new traffic conditions. We set out to accomplish three things in our evaluation of the subrasante, base, asphalt mix quality, and superficial road falls: first, to determine the impact of subsurface water on the structure of the asphalt pavement; second, to determine the role of the physical and mechanical properties of the subbase and base soils in the superficial deterioration of the asphalt pavement; and third, to determine the behavior of subsurface water on the structure of the asphalt pavement.

According to the findings of the soil testing, the pavement's degradation is caused by low-quality soils, which are more common in areas with standing water. Due to an inadequate quantity of asphalt, the asphalt mix does not possess enough durability. Pavement wears down because asphalt isn't always included in asphalt mixes. A management and conservation strategy has to be proposed and put into place since the assessment of surface road falls shows that the condition is bad.

The study's overarching goals are to identify the properties of the base soils, assess the surface road falls, and examine the impact of subsurface water on the asphalt pavement structure.

Keywords: Groundwater, base, surface faults.



INTRODUCCION

En los pavimentos flexibles, el problema principal radica en la falta de un mantenimiento adecuado y en no considerar el ciclo de vida del pavimento, es decir, su comportamiento a lo largo del tiempo. Solo se interviene cuando el deterioro es severo. En cuanto al tramo estudiado en este trabajo, parece haber existido un error tanto en el diseño como en la construcción, ya que no se consideraron aspectos como el estancamiento de agua superficial ni la presencia de agua subterránea a poca profundidad. Todo esto se detalla y analiza a lo largo del desarrollo del trabajo.

Entonces La investigación se encuentra detallada por los capítulos:

I: Planteamiento del problema, donde se ha expuesto la situación problemática. Se han formulado preguntas generales y específicas, seguido de una justificación para el desarrollo del trabajo. Posteriormente, se han definido tanto el objetivo general como los específicos.

II: Marco teórico, que corresponde al marco de referencia.

III: Metodología de la investigación, en la cual se describen los procedimientos metodológicos. Se ha determinado un diseño de investigación de tipo aplicado y nivel explicativo. A continuación, se han definido las características de la población y muestra, finalizando con las técnicas e instrumentos de investigación empleados.

IV: Resultados.



CAPITULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

La impredecible hidrología, geología, topografía y características geotécnicas de la región de Puno hacen que las carreteras tengan problemas de drenaje y subdrenaje. Comprender, controlar y redirigir los flujos subterráneos en el suelo base es el objetivo principal de esta investigación sobre los fenómenos de ascenso capilar en las carreteras. Para paliar los daños causados por el agua en el pavimento, deben establecerse sistemas de subdrenaje, lo que a su vez requiere comprender el origen, la velocidad y la ubicación del agua. Además de disminuir la vida útil de la calzada y acelerar su colapso estructural, los impactos desfavorables incluyen la erosión interna de finos, la tubificación, el arrastre y la expulsión. Debido a la fluctuación de los escenarios freáticos, el estudio del drenaje subterráneo exige experiencia y certeza. Este estudio toma en cuenta la carretera asfaltada Yunguyo-Tinicachi en el sector Tapoje, donde el suelo base es un pantano y la profundidad del agua subterránea es menor a medio metro. Es importante investigar estos



daños para la gestión del agua, ya que los fenómenos de ascenso capilar, cuando no se controlan, causan mayores problemas estructurales y superficiales.

1.2 Planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es la influencia del agua subterránea en la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Qué tipos de fallas existen en el pavimento flexible aplicando la metodología PCI Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?
- ¿Cuál son las propiedades físicas y mecánicas de la base en la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?
- ¿Cuál es el comportamiento del Agua subterránea a la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación técnica

Un problema importante que afecta a la actividad socioeconómica de las ciudades es la degradación de las carreteras. Los ingenieros pueden controlar los efectos de las aguas subterráneas en la durabilidad de las carreteras instalando obras de drenaje para desviar el agua y evitar que se produzcan daños permanentes. Para evitar que la subbase y la base del pavimento se saturen de agua, lo que reduciría su resistencia y causaría daños al pasar por encima vehículos pesados -un problema típico causado por la escasa profundidad de las aguas subterráneas-, hay que controlar el ascenso capilar. Las obras



de escollera, las piedras de tamaño medio o los geosintéticos sintéticos especialmente desarrollados pueden controlar el ascenso capilar.

1.3.2 Justificación practica

El propósito de esta investigación es evaluar el estado actual del pavimento flexible de la carretera Yunguyo - Tinicachi y sugerir mejoras que disminuyan la probabilidad de accidentes y sus problemas asociados, como daños a los vehículos, desgaste de las llantas y retrasos en el tráfico causados por el mal estado de las carreteras.

1.3.3 Justificación metodológica

Para evaluar y comprender el estado del pavimento flexible en la ruta Yunguyo - Tinicachi, el estudio utilizó metodologías de investigación como la metodología PCI.

1.3.4 Justificación social

Los resultados nos ayudarán a descubrir formas rápidas y baratas de arreglar la mala calidad del firme de la carretera Yunguyo - Tinicachi, acortar su vida útil y hacer que la conducción por ella sea más agradable y segura para conductores y pasajeros.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Analizar la influencia del agua subterránea en la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

- Identificar los tipos de fallas en el pavimento flexible aplicando la metodología PCI Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.



- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la base en la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.
- Examinar el comportamiento del Agua subterránea a la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.

1.5 Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis general*

La influencia del agua subterránea en la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno, se debe tener las características técnicas, un adecuado drenaje, a fin de lograr su vida útil.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- Las fallas más predominantes en el pavimento flexible de la vía Yunguyo – Tinicachi son producidas por la presencia de humedad.
- Las propiedades físicas y mecánicas son deficiente a la calidad de material empleado a la base, debe de controlarse el contenido óptimo de humedad.
- El comportamiento del agua subterránea asciende por el fenómeno de ascensión capilar, que logran saturar la estructura debilitándola

1.6 Variables e indicadores

✓ Variable independiente

Estado actual del pavimento flexible

a. Indicadores

- Propiedades físicas y mecánicas de la base
- Comportamiento del agua subterránea

✓ Variable dependiente

Fallas superficiales

b. Indicadores

- Rango de calificación
- Evaluación del pavimento deteriorado

1.7 Operacionalización de variables**Tabla 1.***Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICION	ÍNDICES	INDICADOR
Variable independiente: Estado actual del pavimento flexible	La variable del estado actual del pavimento flexible se analizará en función de sus dimensiones; tipo de fallas en el pavimento flexible, cada uno con sus respectivos indicadores.	Clasificación suelo, granulometría, límites de consistencia, compactación y CBR. Procedencias de aguas subterráneas, ascensión capilar	Propiedades físicas y mecánicas de la base Comportamiento del agua subterránea
Variable dependiente: Fallas superficiales	La variable evaluación del pavimento flexible PCI se analizará en función de su dimensión.	Tipo de fallas. Metodología del PCI	Rango de calificación Mantenimiento Rehabilitación



CAPITULO II

MARCO TEORICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

En un tramo de carretera de la zona andina, Navarro (2019) probó dos sistemas de drenaje inferior -uno francés y otro Lamidren L20DB- para comprobar su rendimiento. Mejorar la capacidad de drenaje de la carretera al tiempo que se reducían los costes de ejecución era el objetivo de la investigación del estudio sobre técnicas innovadoras de subdrenaje. Combinando el subdrenaje con el geodren, el coste se redujo en un 41% gracias a la menor necesidad de zanjas y material filtrante triturado, y la capacidad de drenaje fue tres veces superior a la del subdrenaje francés normal con el sistema de geodren Lamidren L20DB. En comparación con el sistema de subdrenaje francés tradicional, el sistema de geodren Lamidren L20DB proporcionó una capacidad de drenaje superior a un coste inferior.



El objetivo principal del estudio de Correa (2021) era conocer las propiedades físico-mecánicas de tres tipos diferentes de sistemas de drenaje: el drenaje tradicional, conocido a menudo como drenaje francés, y dos más recientes, el «Geodren Planar 10 y el Geodren Circular». Dado que las consideraciones medioambientales son de vital importancia hoy en día, este proyecto recomienda utilizar este sistema para construir drenajes. De este modo, podremos depender menos de las canteras para suministrar material granular, lo que a su vez abaratará el precio de ese material, que antes utilizaba el sistema French Drain para drenar la carretera longitudinalmente.

En su tesis de grado en la Universidad del Salvador - Facultad de Ingeniería y Arquitectura - Escuela de Ingeniería Civil, Díaz Gonzales (2009) aborda el uso de geosintéticos en pavimentos viales y estructuras de drenaje. La investigación fue dividida en cinco capítulos, siendo el primero de ellos la exposición de los objetivos, alcance, limitaciones y fundamentos de la investigación. Las materias primas, los distintos métodos de producción, las funciones y las variedades de materiales geosintéticos se tratan en el segundo capítulo, dedicado a estos materiales. El capítulo 3 ofrece un amplio resumen de los procedimientos de ensayo utilizados para determinar los valores de las cualidades más críticas que deben cumplir los geosintéticos durante su producción y antes de ser aprobados o rechazados para su uso en una obra de construcción. El siguiente paso consiste en establecer un conjunto de normas de construcción que detallen los distintos geosintéticos que se utilizarán, sus respectivas funciones en los pavimentos y cómo instalarlos correctamente.

2.1.2 Antecedentes nacionales

Dentro de sus hallazgos, Monroy Melgar (2011) menciona lo siguiente en su trabajo de tesis «Diseño de Sistemas de Subdrenaje con Elementos Filtrantes en Obras



Viales» en la Pontificia Universidad Católica: Se recomienda utilizar geotextiles no tejidos como medios filtrantes en sistemas de subdrenaje para evitar socavaciones, ya que no afectan la permeabilidad del tipo de suelo. Los requisitos de retención, permeabilidad, colmatación, supervivencia y durabilidad son los pilares sobre los que descansan los diseños de los filtros de los sistemas de filtrado. Por lo tanto, se puede concluir que los suelos ensayados arrojaron resultados acordes con lo que se requiere para que un sistema de drenaje inferior funcione correctamente. Los geotextiles no tejidos tienen un bajo requerimiento de colmatación debido a sus características; esto los convierte en un excelente medio filtrante ya que mantienen los orificios del geotextil despejados y aumentan la permeabilidad del suelo. El tamaño aparente de la abertura cumple los criterios según el criterio de retención. Esto se debe a que el valor obtenido fue inferior al del geotextil, lo que impidió que las partículas de tierra migraran hacia el medio de drenaje. Por lo tanto, el producto cumplió sus requisitos. Filtros para estructuras de contención, filtros para la gestión de la erosión y filtros para vertederos son algunas de las muchas aplicaciones de los geotextiles no tejidos más allá de su papel como componentes filtrantes en obras de subdrenaje.

Se diseñó un sistema de subdrenaje, concretamente un dren francés, para interceptar, conducir y/o desviar los flujos superficiales (subterráneos) que estaban presentes en el suelo de cimentación de la carretera o que fluían desde los taludes cercanos. Este fue el objetivo principal de Vite (2019) al proponer esta solución técnica, con el fin de aumentar la capacidad portante del suelo de cimentación. Con el fin de lograr la estabilidad, durabilidad y transitabilidad durante toda la vida útil del paquete estructural, esta innovación permitirá evitar la influencia perjudicial del agua.



La estimación del flujo de infiltración de agua subterránea en el túnel Ollachea-Puno fue el objetivo principal de la investigación de Apaza y Landeo (2020). Como resultado, la estimación del flujo de infiltración de agua subterránea en el túnel propuesto se basó en el estudio preliminar. Específicamente, esto incluyó la caracterización de los componentes litológicos, hidrogeológicos y geotécnicos del túnel y la determinación de las características hidrogeológicas del área mediante la interpretación de sondeos hidrogeológicos y la realización de monitoreos de agua. A continuación, se construyó un modelo numérico de la zona utilizando FEFLOW para caracterizar la hidrogeología y la geología de la región afectada. Ajustamos las conductividades hidráulicas y las tasas de recarga para calibrar el modelo. Cuando se puso en marcha el proyecto, los flujos de infiltración oscilaban entre 5,92 y 7,65 l/s.

2.1.3 Antecedentes regionales

Canchaco, 2021. El objetivo fue evaluar el estado del pavimento utilizando el Índice de Condición de Pavimentos (PCI). Cuando se trata de cuantificar los problemas del pavimento y determinar su estado de operación, el PCI es el instrumento a emplear. El método de evaluación de la irregularidad superficial conocido como técnica de regularidad superficial (IRI) se llevó a cabo utilizando un equipo Merlin. Debido a su «Mala» regularidad superficial y a un PCI de 16,52, se consideró que el pavimento se encontraba en un estado «Muy deficiente» según la investigación. Dicho esto, la carretera presta servicio al nivel «Regular» según la puntuación PSI de 3,01.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Pavimentos

La norma AASHTO reconoce dos puntos de vista a la hora de examinar un firme: el de los ingenieros y el de los usuarios de la carretera. La subrasante de la carretera actúa como soporte del firme, que a su vez actúa como mecanismo de distribución de esfuerzos para las distintas cargas de los vehículos. Estos estratos se conocen como paquetes estructurales, y están diseñados para soportar diversas cargas a lo largo de su vida útil.

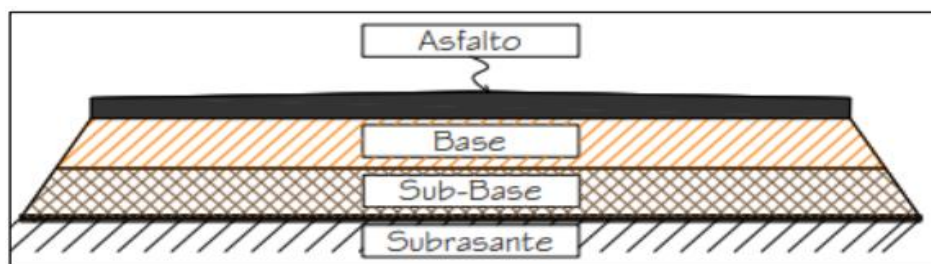
2.2.2 Clasificación de los Pavimentos

Existen tres variedades distintas de pavimentos flexibles; dos de ellas se definen por su composición estructural, mientras que la tercera adopta un enfoque híbrido, como se verá más adelante.

- a) **Pavimentos Flexibles:** Se construyen a partir de dos capas granulares: la base y la subbase. Puede soportar pequeñas deformaciones en sus capas inferiores sin comprometer su integridad estructural. La construcción del pavimento flexible es más rentable, y tiene una vida útil de 10 a 15 años, con un mantenimiento ocasional para mantenerlo en buen estado.

Figura 1.

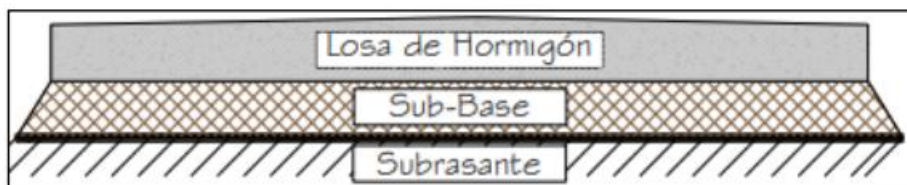
Pavimento Flexible



- b) **Pavimentos Rígidos:** Los pavimentos rígidos tienen una capa base que se asienta sobre la subrasante y una capa superior de losas de hormigón construidas con cemento hidráulico, que pueden incluir o no barras de refuerzo de acero. Las deformaciones en sus niveles inferiores suponen una amenaza para la estructura en su conjunto.

Figura 2.

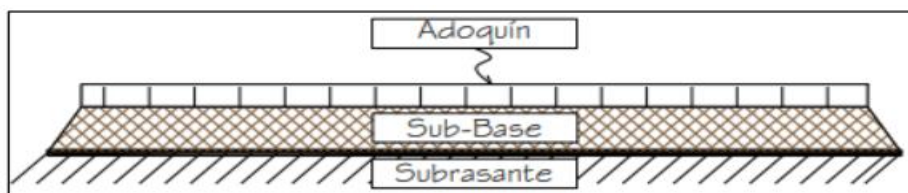
Sección Transversal



- c) **Pavimento Articulado:** Este tipo de pavimento parte de una subrasante granular, capas de arena sobre ella y, a continuación, una capa de rodadura de piezas prefabricadas de hormigón de tamaño y forma uniformes denominadas adoquines.

Figura 3.

Sección Transversal del Pavimento Articulado



Dado que las capas de base de los pavimentos son siempre las mismas, a menudo se construyen utilizando la misma estructura.

- ✓ **Sub rasante:** La subrasante es la capa más grande y profunda del pavimento, y se requiere que el suelo utilizado para ella tenga un CBR del

6% o superior. Si el CBR del suelo es inferior a este valor, será necesario adoptar diversas medidas, como la estabilización mecánica y la mejora del suelo, para que la subrasante sea una opción viable desde el punto de vista técnico y financiero.

- ✓ **Sub – base:** Para soportar las cargas de la base y de la capa de rodadura, existe una capa que actúa como capilar y drenante de agua: la subbase. El material granular con un CBR del 40% o superior forma esta capa.
- ✓ **Base granular:** Suspendida bajo la capa de rodadura, distribuye, transfiere y soporta las cargas impuestas por el tráfico. Se puede utilizar asfalto, cemento o cal para remediar esta base granular, que tendrá un CBR del 80% o superior.
- ✓ **Carpeta Asfáltica:** Es la capa superior del pavimento que forma la superficie flexible. Se coloca sobre la base granular para conseguir una fuerte adherencia y soportar las presiones aplicadas por el tráfico. La calidad superior de esta capa se atribuye a su baja fricción, gran suavidad, excelente drenaje y gestión del ruido.

2.2.3 *Comportamiento estructural del pavimento*

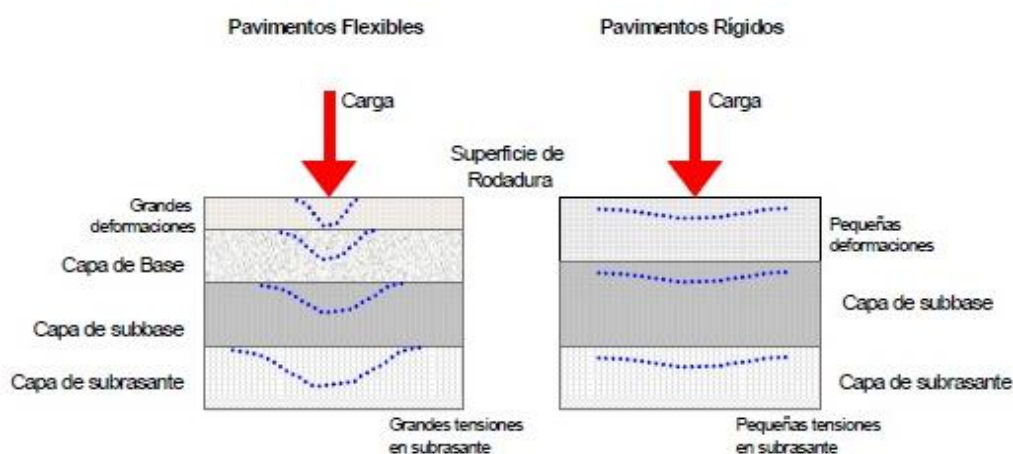
Según Leguía y Pacheco (2016), la distribución de las cargas es el principal factor diferenciador de los pavimentos. Debido a que las tensiones se distribuyen de mayor a menor a medida que se profundiza en la capa, la capa de mejor calidad de un pavimento flexible se sitúa cerca de la superficie con mayores tensiones.

La losa es la parte más cargada de un pavimento rígido, sin embargo la capa que se encuentra debajo de ella es mayormente irrelevante debido a la resistencia de la losa. Como el hormigón es tan rígido, las cargas se distribuyen uniformemente, lo que hace

que la subrasante experimente tensiones demasiado bajas. Esto se debe a que el alto módulo de elasticidad y la capacidad de dispersar las cargas sobre un área mayor hacen que este tipo de pavimento sea ideal.

Figura 4.

Esquema de comportamiento de pavimentos flexibles y rígidos



2.2.4 Bases granulares para pavimentos

2.2.4.1 Base granular

Es la capa que se encuentra entre la subrasante o subbase y la capa de rodadura. Es el componente primario del pavimento que soporta, absorbe y distribuye las cargas verticales de tráfico a las capas inferiores, tal y como indica Bañón (2010).

2.2.4.2 Sub base granular

Es la capa que se encuentra entre la subrasante y la cimentación del pavimento; se suele utilizar en la construcción de pavimentos tanto flexibles como rígidos sobre suelos con poca capacidad portante. Como no se requiere que soporte cargas de tráfico pesadas, esta capa es esencialmente una cimentación, pero de calidad inferior. Cuando llegan las tensiones que han absorbido las capas superiores, queda expuesta a ellas. Esta



capa sirve principalmente como capa de drenaje y como capa portante adecuada para la base.

2.2.4.3 Funciones de las capas granulares

Según Montejo (2014), «las capas granulares cumplen una función económica» al reducir el espesor del ligante, más costoso.

Según Bañón y Beviá (2010), las capas granulares evitan que los materiales granulares se vuelvan deficientes en finos actuando como mecanismo de drenaje.

El principal papel estructural de las capas granulares, según Becerrit (2008), es absorber y dispersar las tensiones entregadas al suelo de cimentación por las cargas de los vehículos.

2.2.5 Requerimientos para Subbase Granular

Una subbase granular debe cumplir con las especificaciones indicadas en la EG-2013 (MTC, 2013, p. 360) antes de que pueda ser utilizada para crear la capa de rodadura pavimentada de una carretera.

Granulometría: Estudio de los gránulos: Para el tema de investigación se tuvo en cuenta la curva de gradación «A», aplicable en regiones con una elevación igual o superior a 3000 msnm.

Tabla 2.*Especificaciones de Granulometría para Subbase Granular*

Tamiz	% que pasa en peso			
	Gradación A (1)	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100		
25 mm (1")		75 – 95	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 um (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 um (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Nota: Para áreas con altitud \geq a 3000 msnm, EG-2013 (MTC, 2013).

Ensayos especiales: El objeto del estudio exigía tener en cuenta las necesidades en cotas de 3000 m.s.n.m. o superiores:

Tabla 3.*Ensayos requeridos*

Ensayos	Requerimiento	
	< 3000 msnm	>3000 msnm
Abrasión los Ángeles	50% máx.	50% máx.
CBR (1)	40% mín.	40% mín.
Límite líquido	25% máx.	25% máx.
Índice de plasticidad	6% máx.	4% máx.
Equivalente de arena	25 % mín.	35% mín.
Sales solubles	1% máx.	1% máx.
Partículas chatas y alargadas	20% máx.	20% máx.

Nota: referido al 100% de la máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5 mm), EG-2013 (MTC, 2013).

2.2.6 Base granular

Los criterios de equipamiento, construcción, control de calidad y CBR se describen tanto en el MTC (2014) como en el EG-2013. Además, los áridos de la capa de base deben estar a la altura de los requisitos descritos en la sección 403 del manual. Una capa bien compactada de material granular procedente de canteras u otra fuente se coloca encima de un área preparada para formar la capa de base.

Tabla 4.

Requerimiento de CBR para una base granular

Clasificación	Requerimiento
Para carreteras de segunda y tercera clase con bajo volumen de tránsito $EE \leq 10 \cdot 10^6$	Mínimo 80%
Para carreteras de primera clase, duales, multicarril o con tráfico superior $> 10 \cdot 10^6$	Mínimo 100%

Nota: (MTC, 2014)

2.2.7 Suelos

El enfoque de la AASHTO divide el suelo, que es el resultado de la meteorización y la descomposición de las rocas, en dos tipos: suelo granular y suelo limoso/arcilloso de grano fino. Estos tipos de suelo dificultan mucho el mantenimiento de los firmes debido a la gran diferencia de contenido de humedad entre las circunstancias secas y húmedas, que puede provocar la rotura de la capa asfáltica. Esto se debe a los procesos atmosféricos a largo plazo.



A) Clasificación AASHTO

Los suelos se clasifican en ocho (8) categorías primarias A-1 a A-8 en el sistema AASHTO, dependiendo de factores como su índice de plasticidad, distribución granulométrica y límite líquido. Los suelos clasificados como de grano grueso son los de los grupos A-1, A-2 y A-3; los clasificados como de grano fino son los de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. Por el contrario, los suelos con una alta concentración de materia orgánica (por ejemplo, turba, compost orgánico, etc.) se identifican visualmente como pertenecientes al grupo A-8. La tabla de aplicación del sistema AASTHO figura en el cuadro 1.

Tamaño de grano:

- Los tamaños inferiores a 75 mm, 2 mm, 0,075 mm y 0,075 mm son grava, arena, limo y arcilla, respectivamente.

Tabla 5.

Clasificación AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

Nota: (Das, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2015, pág. 79)



B) Clasificación de suelos según SUCS

Sistema de clasificación SUCS: En 1948, Casagrande desarrolló por primera vez el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Según este sistema, los suelos se dividen en dos categorías:

- Gruesos: Si la fracción de gravas o arenas retenida por la malla n° 200 es superior al 50% y lleva el prefijo G o S, respectivamente, el material es grueso.
- Finos: Pt para suelos muy orgánicos o turba, M para arcillas y O para limos son los prefijos que deben utilizarse si más de la mitad del material pasa por la malla n° 200 como materia orgánica, limo o arcilla, respectivamente.

Se utilizan diferentes abreviaturas para indicar los distintos grados de plasticidad: (W) bien clasificado, (P) mal clasificado, (L) baja plasticidad (límite líquido inferior a 50) y (H) alta plasticidad (límite líquido superior a 50).

Para comprender este sistema, hay que saber que:

- Grava: Se considera grava cualquier tamaño comprendido entre 4,75 mm y 76,2 mm.
- Arena: definida como partículas con un tamaño comprendido entre 0,075 y 4,75 mm.

Los símbolos de grupos gruesos incluyen: GW, GP, GM, GC, GC-GM, GW-GM, GW-GC, GP-GM, y Y GP-GC. Los símbolos del grupo fino son: CL, ML, OL, CH, MH, OH, CL-ML Y Pt.

Puede ver los nombres de los grupos en los siguientes diagramas. Tenga en cuenta que:

- Fracción fina: % que pasa la malla N° 200.
- Fracción gruesa: % retenido por la malla N° 200.

Figura 5.

Sistema de clasificación según SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACIÓN DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Gravas limpias (sin o con pocos finos)	GW	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% - >GW,GP,SW,SP. >12% - >GM,GC,SM,SC. 5 al 12% ->casos límite que requieren usar doble símbolo.	$C_u = D_{60}/D_{10} > 4$ $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
			GP	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW.
		Gravas con finos (apreciable cantidad de finos)	GM	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)	Arenas limpias (pocos o sin finos)	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		$C_u = D_{60}/D_{10} > 6$ $C_c = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		Quando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW.
		Arenas con finos (apreciable cantidad de finos)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$. Los límites situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		Límites de Atterberg sobre la línea A con $IP > 7$.

2.2.8 Defectos en el Pavimento Flexible

Los pavimentos se deterioran con el tiempo por una variedad de razones; esto impacta en la calidad de la superficie de la carretera y, a su vez, en la capacidad del pavimento para servir a los usuarios de la carretera de una manera agradable, económica y segura.



2.2.9 Tipos de Fallas en el Pavimento

a) Defecto Estructural

Ocurre cuando un número significativo de los componentes estructurales del pavimento colapsan o se rompen, como cuando Defecto el propio pavimento, cuando Defecto la cimentación, la subbase o la subrasante, o cuando una o más capas del pavimento se vuelven demasiado inestables para soportar las cargas que se les aplican.

b) Defecto Funcional

Los usuarios de la carretera experimentan incomodidad o inseguridad debido al mal estado de la superficie de rodadura del pavimento, lo que se traduce en una baja calidad del servicio. Los Defectos funcionales del pavimento se caracterizan por lo siguiente:

- ✓ Deformaciones transversales
- ✓ Cambios de elevación a lo largo del tiempo
- ✓ Número de baches y lugares donde fueron rellenados

Se produce una avería funcional notable, y la calidad del servicio que recibe el usuario de la carretera suele ser inadecuada debido a su gravedad. La sensación de inseguridad e incomodidad durante la conducción es consecuencia de ello. Los fallos de funcionalidad pueden evolucionar a problemas estructurales si no se tratan con prontitud.

2.2.10 Causas de Defectos en el pavimento

El colapso del pavimento puede ser causado por lo siguiente:



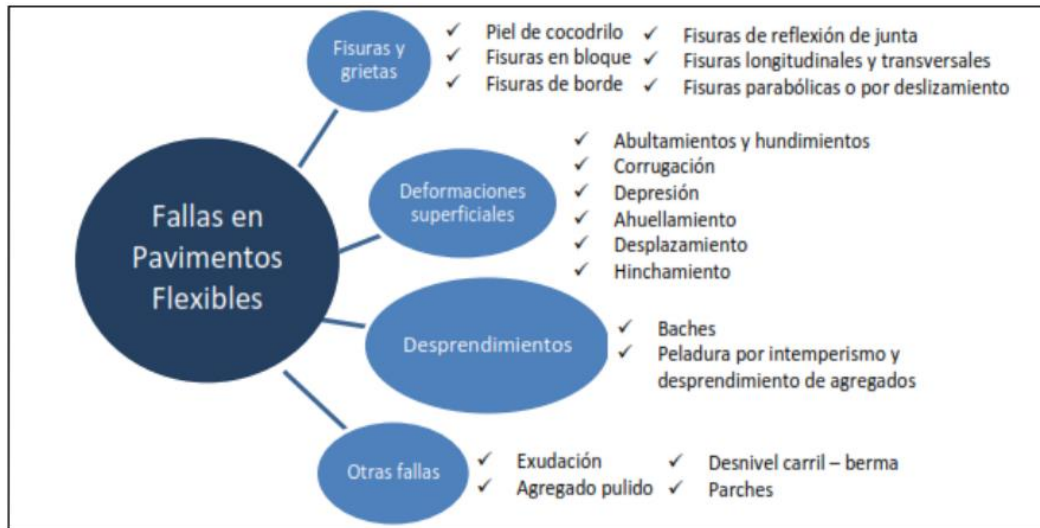
- ✓ **Por Desgaste:** La presión constante de los vehículos sobre el pavimento es lo que finalmente lo desgasta. Porque el tráfico ha aumentado más allá de lo previsto para el diseño inicial del pavimento.
- ✓ **Procedimiento de construcción:** Un pavimento débil es el resultado de utilizar materiales de baja calidad en una dosis inadecuada, lo que a su vez provoca espesores de capa incorrectos y, en ciertos casos, una distribución y compactación desiguales.
- ✓ **Los defectos del proyecto incluyen,** entre otros, un diseño geométrico inadecuado e investigaciones del subsuelo sin resolver. La ejecución inadecuada de las obras, la planificación inadecuada del proyecto y la ausencia de preocupaciones futuras (drenaje de la superficie y/o del subsuelo).
- ✓ **Factores medioambientales:** Las elevaciones del nivel freático y las variaciones climáticas, incluidas las precipitaciones extremas, las bajas temperaturas, las inundaciones y otros fenómenos similares, afectan considerablemente al pavimento flexible.

2.2.11 Defectos en los Pavimentos

Las Defectos más prevalentes y consecuentemente notables en la degeneración y/o deterioro del pavimento flexible, según lo determinado por la técnica del Índice de Condición del Pavimento PCI, son todas de tipo Defecto (19). Existen cuatro tipos principales de Defectos que pueden ocurrir con los pavimentos flexibles: grietas y rajaduras, desintegración del pavimento, deformación de la superficie y afloramientos.

Figura 6.

Tipos de Defectos



Nota: Rodríguez Velásquez, E. (2009)

A) Piel de cocodrilo.

Las grietas por fatiga, también conocidas como piel de cocodrilo, son una red de fisuras que se forman cuando la capa de rodadura de asfalto Defecto debido a los efectos acumulativos del tráfico pesado. La capa de asfalto (o base estabilizada) empieza a agrietarse cerca de la base, donde las tensiones y los esfuerzos unitarios de tracción son mayores cuando la carretera está cargada con ruedas. Cuando las fracturas se combinan para crear polígonos con ángulos agudos después de cargas de tráfico repetitivas, se desarrolla un patrón tipo a la piel de cocodrilo. La formación de surcos es un síntoma común de daños en la piel de cocodrilo, que es una lesión estructural grave. Se mide en metros cuadrados (m²) (página 10) Según Vásquez Varela (2002).

Figura 7.*Piel de cocodrilo**Nota:* Cuba, 2020.**B) Exudación.**

Sobre el pavimento se acumula una capa de sustancia bituminosa llamada exudación. Da a la superficie un aspecto brillante, reflectante y cristalino y a veces se vuelve pegajosa. Ocurre cuando hay demasiado asfalto, demasiado sellador asfáltico o no hay suficientes huecos de aire en la mezcla. Este fenómeno se produce cuando el asfalto se expande tras rellenar los huecos de la mezcla a altas temperaturas ambiente. Se mide en m² (página 12) Según Vásquez Varela (2002).

Figura 8.*Exudación**Nota:* Cuba, 2020.

C) Agrietamiento en bloque.

Las grietas en bloque del pavimento dividen la superficie en fragmentos rectangulares que varían entre 0,30 m x 0,30 m y 3,0 m x 3,0 m. Estas grietas son causadas por la contracción del hormigón asfáltico y las variaciones diarias de temperatura. El daño no progresa gradualmente hacia fragmentos más pequeños, ya que el asfalto se endurece antes de que las grietas sean visibles. Según Vásquez Varela (2002), las fracturas en bloque se miden en m².

Figura 9.

Agrietamiento en bloque



Nota: Cuba, 2020.

D) Abultamiento y hundimientos.

En el pavimento se observan pequeños abultamientos que se levantan un poco. Algunas de las muchas causas potenciales de estos problemas incluyen infiltración y levantamiento de material, congelamiento, expansión, pandeo o elevación de las losas de concreto. Pero los desplomes son esas pequeñas y repentinas depresiones del hormigón que se pueden ver. El metro cuadrado es su medida estándar.

Figura 10.

Abultamiento



Nota: Cuba, 2020.

Figura 11.

Defecto tipo hundimientos



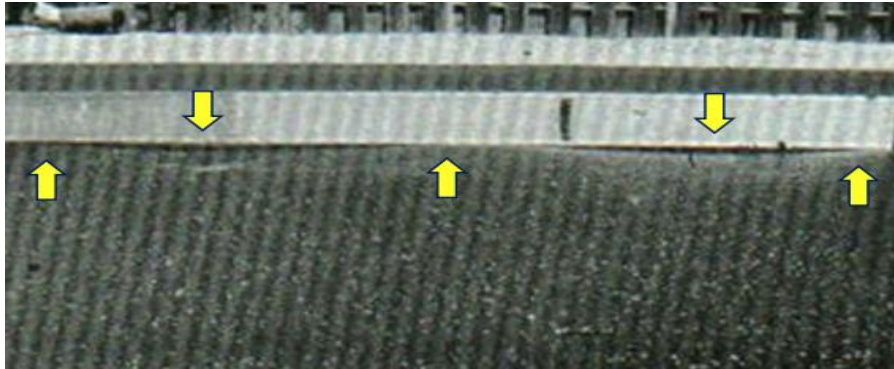
Nota: Cuba, 2020.

E) Corrugación.

La ondulación se caracteriza por un patrón de alternancia de crestas y valles espaciados con cierta regularidad, a menudo a menos de 3,0 m (10 pies) de distancia. Todas las crestas discurren en dirección opuesta a la carretera. En la mayoría de los casos, se produce por una combinación de factores, incluyendo el tráfico y una cimentación o ligante inestable. La ondulación es el tipo de daño que se produce cuando las protuberancias se alinean con menos de 3,0 m de espacio entre cada una. El metro cuadrado es su medida estándar. en Vásquez Varela (2002), página 18.

Figura 12.

Corrugación



Nota: (Leguía & Pacheco, 2016)

F) Depresión.

En varios puntos, el pavimento está un poco más bajo que el resto de la superficie. En bastantes ocasiones, hace falta que llueva para que se aprecien depresiones suaves. Las depresiones pueden verse en el pavimento seco como resultado de fisuras formadas por el agua almacenada. El subsuelo o el propio edificio pueden asentarse, provocando la aparición de depresiones. Hacen que la superficie sea algo rugosa y, si se llenan de agua o se sumergen a una profundidad suficiente, pueden crear hidrodeshlizamientos. Los socavones, a diferencia de las depresiones, se caracterizan por cambios bruscos en el nivel del suelo. Su medida estándar es el metro cuadrado. (Vásquez Varela, 2002, p. 206).

Figura 13.

Depresión del pavimento



Nota: Cuba, 2020.

G) Grietas de borde.

El tráfico puede acelerar las grietas en los bordes, que suelen ser paralelas al borde del pavimento y espaciadas entre 0,30 y 0,60 metros, ya que la subrasante o la base en el borde del pavimento se debilitan por factores relacionados con el clima. La clasificación del área milimétrica entre la grieta y el borde.

Niveles de severidad

- ✓ **L:** Agrietamiento que es moderado en severidad, pero no se rompe o fractura.
- ✓ **M:** Fracturas moderadas con roturas y separaciones dispersas.
- ✓ **H:** Desprendimiento o fragmentación significativa de los bordes.

Figura 14.

Grietas en el borde



Nota: Cuba, 2020.

H) Grieta de reflexión de junta

Sólo los pavimentos asfálticos construidos sobre pavimentos de hormigón de cemento Portland son susceptibles de sufrir este tipo de deterioro. Debajo del hormigón asfáltico, estas fisuras se forman porque la losa de hormigón de cemento Portland se

desplaza debido a los cambios de temperatura o humedad. Aunque las cargas no están relacionadas con estos daños, las cargas del tráfico pueden provocar grietas en el hormigón asfáltico próximo a la fractura. Se mide en milímetros. Página 24 del libro de Vásquez Varela de 2002.

Figura 15.

Grieta de reflexión de junta



Nota: (Leguia & Pacheco, 2016)

I) Desnivel de carril/ berma.

La pendiente de la berma, también conocida como pendiente del carril, es la diferencia de elevación medida en milímetros entre el borde del pavimento y la berma. Resulta de una carretera que se ha asentado, degradado o superpuesto sin alterar el nivel de la berma (Vásquez Varela, 2002).

Niveles de severidad

- ✓ **L:** El diferencial de elevación entre el borde del pavimento y la berma oscila entre 25,0 y 51,0 mm.
- ✓ **M:** 51,0 mm y 102,0 mm son los dos valores que varían.
- ✓ **H:** La diferencia en elevación es mayor que 102.00 mm.

Figura 16.

Desnivel de carril



Nota: (Leguía & Pacheco, 2016)

J) Grietas longitudinales y transversales.

El pavimento puede desarrollar grietas longitudinales debido a juntas de carril mal construidas, contracción del hormigón asfáltico, grietas de reflexión o placas de hormigón de cemento Portland. A diferencia de las grietas transversales, que discurren perpendiculares al eje del pavimento, las fracturas longitudinales no se originan en las juntas del pavimento de hormigón. Se utilizan milímetros para medir todas las dimensiones.

Figura 17.

Grietas longitudinal y transversal



Nota: Cuba, 2020.

K) Parcheo.

Un parche es una sección de pavimento dañado al que se le ha sustituido el material viejo por material fresco. Por muy bien que funcione un parche, sigue considerándose una avería. Es importante medir y registrar cada región de diferente intensidad dentro de un mismo parche de forma independiente. Tomemos como ejemplo un parche de 2,32 m²; de él, 0,9 m² pueden considerarse de gravedad media y 1,35 m² pueden considerarse moderados. Cada una de estas regiones necesita su propia entrada en el registro. Los parches no incluyen ningún otro daño, como desconchones o grietas. en Vásquez Varela (2002), página 30).

Figura 18.

Parches



Nota: Cuba, 2020.

L) Pulimiento de agregados.

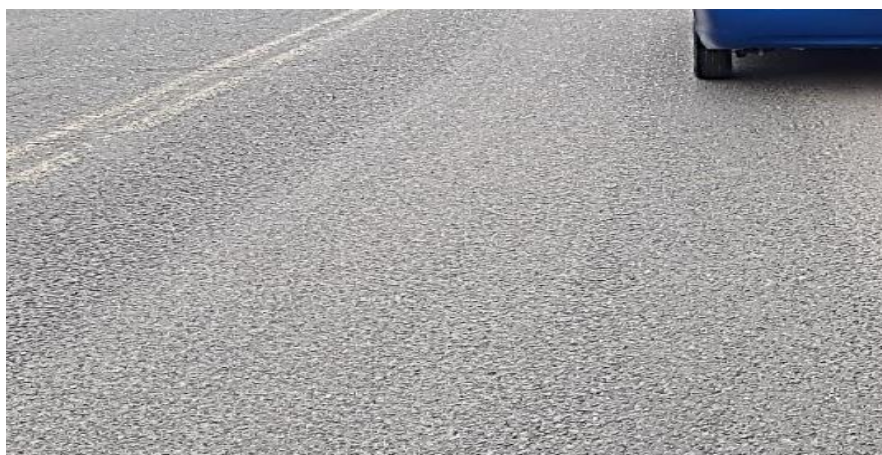
Este daño ocurre por la repetición de las cargas de tráfico. La adherencia de la superficie con los neumáticos del vehículo disminuye drásticamente cuando el árido es demasiado blando al tacto. Según la p. 32 y Vásquez Varela (2002).

Grado de daño

No existe un grado especificado de gravedad. Para ser considerado un defecto en una evaluación de la condición, el nivel de pulido debe ser sustancial.

Figura 19.

Pulimiento de agregados



Nota: Cuba, 2020.

M) Huecos.

Vásquez Varela (2002) expone una técnica para medir la degradación estructural, que se produce cuando el agua se acumula en el pavimento y acelera el desgarro por el tráfico de pequeñas secciones de la superficie del pavimento, formando huecos, que son pequeñas depresiones.

Tabla 6.

Nivel de seguridad

Profundidad Max	Diámetro Medio		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762mm
12.7 a 25.4mm	L	L	M
25.4 a 50.8mm	L	M	H
>50.8mm	M	M	H

Nota: (Vásquez Varela, 2002)

Figura 20.

Defecto tipo Huecos



Nota: Cuba, 2020.

N) Cruce de vía férrea.

Estos defectos se describen como hundimientos o protuberancias que pueden observarse alrededor o entre los raíles. Según Vásquez Varela (2002), su unidad de medida es el metro cuadrado.

Figura 21.

Cruce férreo



Nota: (Vásquez Varela, 2002)

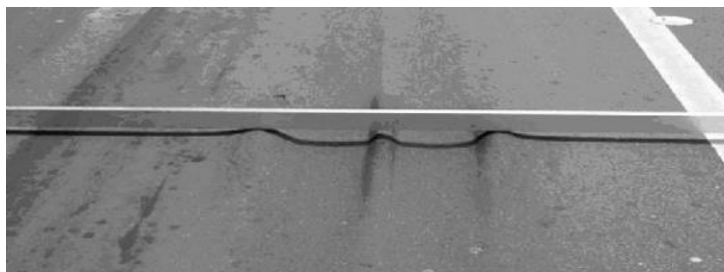
O) Ahuellamiento.

En el ahuellamiento, la superficie de las huellas de los neumáticos se deprime. Puede producirse un levantamiento del pavimento en los bordes del ahuellamiento,

aunque normalmente sólo es perceptible cuando llueve y las huellas se inundan. Cuando la subrasante o cualquiera de las capas del pavimento sufre una distorsión persistente, se produce la oxidación. Las roderas graves pueden provocar la rotura de la estructura del firme. La profundidad de una rodera determina su gravedad, que se cuantifica en metros cuadrados. Se mide por metro cuadrado (p. 37; Vásquez Varela, 2002).

Figura 22.

Defecto tipo ahuellamiento



Nota: Cuba, 2020.

P) Desplazamiento.

Una pequeña porción de la superficie del pavimento es desplazada longitudinal y permanentemente por las cargas del tránsito, fenómeno conocido como desplazamiento. Se crean ondas cortas y agudas en el pavimento a medida que los vehículos lo presionan. Este tipo de daño generalmente se presenta en pavimentos que contienen mezclas inestables de asfalto líquido. (m2)(Vásquez Varela, 2002, p. 39).

Alcance de los daños

- ✓ L: La calidad del tráfico de baja gravedad es causada por el desplazamiento.
- ✓ M: El desplazamiento de gravedad media afecta a la calidad del tráfico.
- ✓ H: La calidad del tráfico se ve muy afectada por el desplazamiento.

Figura 23.*Desplazamiento**Nota:* Cuba, 2020.**Q) Grietas parabólicas.**

Las fracturas en forma de media luna se conocen como grietas de deslizamiento parabólico. Se crean cuando la superficie del pavimento se deforma o se desliza debido al frenado o giro de las ruedas.

Distorsión de la superficie del pavimento. Normalmente, este tipo de daño se produce cuando hay una mezcla asfáltica débil o una conexión inadecuada entre la superficie y la capa posterior del pavimento. El metro cuadrado es su medida estándar. citando a Vásquez Varela (2002) en la página 41.

Figura 24.*Defecto tipo grietas parabólicas**Nota:* Cuba, 2020.

R) Hinchamiento.

El hinchamiento del pavimento provoca una elevación progresiva de más de 3,0 m de longitud, lo que puede generar grietas. Este daño ocurre principalmente en suelos expansivos o por congelación de la subrasante y se mide en metros cuadrados (Vásquez Varela, 2002, p. 43).

Figura 25.

Defecto tipo hinchamiento



Nota: Cuba, 2020.

S) Desprendimiento de agregados.

Cuando las partículas de ligante asfáltico y agregados se desprenden y caen del pavimento, ocurre un proceso denominado meteorización y desprendimiento. El metro cuadrado es su medida estándar. en Vásquez Varela (2002), página 44.

Figura 26.

Desprendimiento de agregados



Nota: Cuba, 2020.

La siguiente tabla resume los 19 fallos utilizados en el Método PCI y los enumera en secuencia, junto con sus respectivas unidades de medida y siglas.

Tabla 7.

Defectos principales por el Método PCI.

N°	Tipo de falla	Unidad
1	Piel de cocodrilo	m2
2	Exudación	m2
3	Agrietamiento en bloque	m2
4	Abultamientos y hundimientos	m2
5	Corrugación	m2
6	Depresión	m2
7	Grieta de borde	m
8	Grieta de reflexión de junta	m
9	Desnivel de carril/berma	m
10	Grietas longitudinales y transversales	m
11	Parcheo	m2
12	Pulimiento de agregados	m2
13	Huecos	Und.
14	Cruce de vía férrea	m2
15	Ahuellamiento	m2
16	Desplazamiento	m2
17	Grieta parabólica	m2
18	Hinchamiento	m2
19	Desprendimiento de agregados	m2

2.2.12 Severidad de Defectos

- ✓ **Bajo (L: Low)** las vibraciones del vehículo son suaves, causando apenas pequeños rebotes y poca molestia al conductor. No es necesario reducir la velocidad para mantener la seguridad y el confort.

- ✓ **Medio (M: Medium)** A este nivel, las vibraciones se intensifican, causando incomodidad al usuario. Se recomienda reducir la velocidad para minimizar estos efectos.
- ✓ **Alto (H: High)** Las vibraciones en este nivel son intensas, provocando gran incomodidad al usuario, daños importantes al vehículo y un alto riesgo de accidentes. Es crucial reducir considerablemente la velocidad para garantizar tanto la seguridad como el confort.

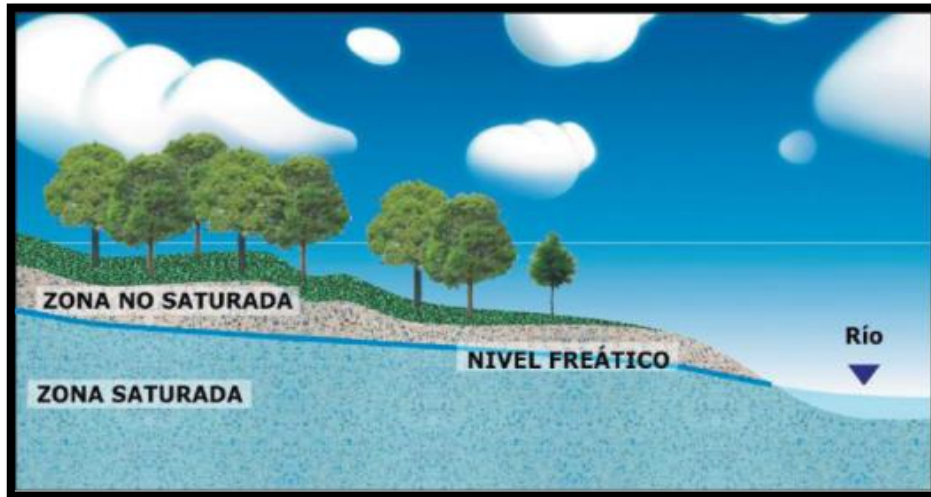
Tabla 8.*Niveles de severidad*

Severidades	
Baja	L (Low)
Media	M (Medium)
Alta	H (High)

Nota: (Vásquez Varela, 2002).

2.2.13 Aguas subterráneas.

La construcción de carreteras que interceptan los acuíferos aflorantes y el desbroce natural que drena estos acuíferos tienen consecuencias diferentes para el agua.

Figura 27.*Agua subterránea*

Nota: (Becerra, 2012)

2.2.14 Características del agua subterránea

El aspecto más crucial de la evaluación de la calidad de las aguas subterráneas es saber qué sustancias hay disueltas en ellas. Las aguas subterráneas se distinguen de las superficiales por la presencia y concentración de determinadas sustancias químicas.

Junto con otras variables que alteran la composición del agua, las aguas subterráneas tienen tendencia a elevar las concentraciones de materiales disueltos a medida que se filtran y amplían su recorrido por los acuíferos.

- a) **Ablandamiento.** El ablandamiento ocurre cuando las características físicas del material de relleno en fracturas o defectos de rocas se ven debilitadas, especialmente por el aumento de humedad.
- b) **Presión de poros.** Es la presión interna del agua saturada en el suelo, la cual disminuye la resistencia al cizallamiento. Factores como el nivel freático y las



condiciones geológicas influyen en su magnitud, siendo mayor dentro de la pendiente.

- c) **Tensión capilar.** Como resultado de la adhesión de las partículas del suelo entre sí, la resistencia aumenta en la zona no saturada del perfil del suelo, lo que se debe a la tensión capilar negativa. El agua del suelo no saturada suele denominarse agua adherida, no gravitacional. Debido a esta adherencia, se elevan las tensiones efectivas. Para describir las tensiones se utiliza un fenómeno de succión interna de agua. La resistencia del suelo disminuye como consecuencia de la reducción de las tensiones capilares y de las presiones negativas cuando el suelo está húmedo.
- d) **Supresión.** La resistencia al cizallamiento se reduce y se ejercen presiones hidrostáticas sobre los contactos de cambio de permeabilidad por el agua subterránea confinada que actúa como supresión sobre las capas impermeables. Las presiones de los poros reducen la resistencia del suelo, y estas tensiones de levantamiento pueden hacer que los materiales se deformen o revienten.
- e) **Fatiga por fluctuaciones del nivel freático.** Las lluvias torrenciales son un desencadenante típico de los derrumbes de taludes. El proceso puede incluir la elevación de la línea piezométrica o la inestabilidad de la capa superior del suelo causada por el agua que fluye perpendicularmente a la pendiente; no obstante, pueden producirse desprendimientos incluso durante episodios de lluvia menos intensos que otros. Como resultado de las presiones cíclicas de los poros, este proceso es descrito por Lacerda y Santos (2000) como fatiga del suelo. Según Lacerda (1989), una contracción de la envolvente de Defecto o una contracción del intercepto de cohesión puede ser el resultado de la fatiga



del suelo causada por fluctuaciones cíclicas de presión a lo largo del tiempo. En este caso, el modo de fallo es una caída de la tensión efectiva como resultado del aumento de la presión de poros, en lugar de un aumento de la tensión desviatoria. Santos et al. (1997) confirmaron este comportamiento de desgaste en ensayos triaxiales de drenaje. Este fenómeno es habitual en taludes de ribera y puede describirse como la degradación de las cualidades del suelo causada por las fluctuaciones del nivel freático.

- f) **El flujo subterráneo.** La reacción del régimen de aguas subterráneas a las precipitaciones varía en función de la pendiente, la formación geológica y otros factores ambientales. Las precipitaciones provocan una infiltración inmediata en las regiones bajas próximas a la pendiente y, más hacia el interior, en toda la zona afluyente alrededor de la colina. Debido a que regulan el equilibrio hidrológico, que puede modificar el nivel de saturación y la altura del nivel freático, el flujo de aguas subterráneas y las variaciones en la cantidad de agua recogida son cruciales para la estabilidad de una ladera.
- g) **Capacidad de infiltración.** Dependiendo de factores como la cubierta vegetal, la pendiente, la textura del suelo, la humedad natural y los métodos agrícolas, la capacidad de infiltración puede oscilar entre dos milímetros por hora en suelos muy impermeables y dos mil quinientos milímetros por hora en suelos extremadamente permeables. La capacidad de infiltración es mayor en los suelos más porosos, como las arenas y las gravas. Las arcillas son mucho menos permeables que las arenas y las gravas.
- h) **El nivel freático.** Es la presión neta en el punto donde se encuentra el nivel freático, que coincide con la línea de presión de poro cero. Los valores de succión o presión negativa del suelo, así como los niveles de presión



hidrostática en las superficies situadas por debajo del nivel freático, vienen determinados por el nivel freático. La recarga por infiltración hace que la línea global del nivel freático se eleve a lo largo de las pendientes pronunciadas, que generalmente discurren paralelas al suelo. Existen zonas de presión de poros positiva y negativa en el agua subsuperficial. El suelo está completamente saturado por debajo del nivel freático, lo que significa que todos los espacios de los materiales subyacentes y los poros del suelo están llenos de agua. El nivel freático es el término utilizado para describir el agua en la superficie de la zona saturada. Es posible que un lugar determinado tenga varios niveles freáticos debido a la presencia de muchas zonas de saturación en zonas con condiciones geológicas y topográficas más complicadas.

2.2.15 Consideraciones hidrológicas.

Aborda los factores hidrológicos pertinentes para la investigación del drenaje:

- a) La cantidad total de lluvia que cae.
- b) El tipo de lluvia que cae.
- c) Dimensiones de la cuenca.
- d) Pendiente de la superficie.
- e) Permeabilidad del suelo y de las rocas.
- f) En caso de saturación.
- g) Tipo y cantidad de vegetación.

A la hora de considerar la cantidad y el tipo de precipitaciones, es importante tener en cuenta cuánta agua cae al año y si se trata de un fuerte chaparrón o de una llovizna



constante. Dado que una sola precipitación puede inundar una cuenca muy pequeña, la superficie que hay que drenar es de suma importancia. Pero si las cuencas son enormes, es posible que la lluvia sólo alcance una parte de ellas, lo que permitiría que se filtrara mucha agua al alejarse de la zona seca. La pendiente de la cuenca también es fundamental porque, a medida que el terreno se hace más recto y empinado, el agua se concentra más rápidamente. Dado que una gran parte del agua se infiltra, la escorrentía se reduce cuando la permeabilidad de las rocas y los suelos es alta como consecuencia de su desarrollo geológico (estratigrafía, fracturación, etc.). Por el contrario, el drenaje es mayor -aunque más lento- en los suelos muy saturados o en los cubiertos por una pradera cerrada. Hoy en día existen varios enfoques hidrológicos empíricos, estadísticos y basados en relaciones para determinar el caudal potencial de una cuenca (Olivera, 2004, p. 897).

En la mayoría de los casos, es necesario conocer el tamaño de la cuenca en cuestión para los enfoques empíricos, que se basan en la experiencia de los planificadores. Para ello se utiliza un factor que tiene en cuenta otras variables. Dado que las fórmulas empíricas sólo pueden utilizarse en contextos muy comparables a su desarrollo original, el planificador tendrá que basarse en su buen juicio y experiencia para elegir los componentes adecuados. Los enfoques estadísticos se basan en datos de precipitaciones y escorrentía a largo plazo que se derivan de los máximos anuales del arroyo. Las cuencas pequeñas que a menudo cruzan carreteras, a excepción de las que necesitan puentes importantes, no suelen incluirse en los estudios estadísticos, ya que estos estudios se han centrado en arroyos muy grandes. Por último, pero no por ello menos importante, los enfoques que se basan en la relación entre precipitaciones y escorrentía necesitan datos sobre las precipitaciones, además de atributos específicos de las cuencas hidrográficas.



Debido al desarrollo de las técnicas para regiones de hasta 50 km², su aplicabilidad está restringida a cuencas pequeñas (Olivera, 2004, p.899).

A la luz de lo anterior, es evidente que los supervisores y diseñadores de carreteras deben poseer la experiencia necesaria y el buen juicio para aplicar los coeficientes o modificar las técnicas empíricas en función de las regiones geográficas que atravesarían las carreteras. Los enfoques de campo, como los que implican vertederos, cambios de pendiente y estrechamientos, son complementarios a los métodos hidrológicos para determinar los caudales de los arroyos (Olivera, 2004, p.901).

2.2.16 Clasificación.

Dependiendo de si el agua drena a través de las capas de la corteza terrestre o no, el drenaje artificial puede caracterizarse como superficial o subsuperficial. La orientación de las obras en relación con el eje de la carretera determina si el drenaje superficial es longitudinal o transversal. El drenaje longitudinal está diseñado para recoger la escorrentía y desviarla lejos de las carreteras, donde podría causar daños. Los canales de zanja, contrazanja, bordillo y canal son ejemplos de este estilo de drenaje. Debido a su alineación con el eje de la carretera, estas cunetas se conocen como drenaje longitudinal. Diversas formas de drenaje transversal, como tuberías, losas, cajones, bóvedas, sumideros, vados, sifones invertidos, puentes y bombeos de coronación, permiten que el agua se desplace rápidamente de un lado a otro de la carretera o se elimine de la coronación lo antes posible. Los drenajes mayores y menores se clasificarán en función de la longitud de la sección transversal de las obras de drenaje. Las obras con una luz superior a 6 metros son necesarias para el drenaje mayor. Los puentes son las formas más significativas de infraestructura de drenaje, mientras que las alcantarillas son las más modestas. El drenaje de las carreteras suele construirse con materiales tradicionales como



mampostería, acero estructural, hormigón hidráulico, chapa de acero y mortero de cal y cemento. Siempre que es posible, se utiliza madera y piedra de la zona. Todos los materiales y métodos de construcción utilizados están a la altura de las normas actuales del sector. Para garantizar que los materiales utilizados en las obras de drenaje son de alta calidad, se utilizan laboratorios in situ. Según Kraemer (2005), en la página 368.

2.2.17 Características del agua subterránea

- a. **Cunetas.** Son canales en la carretera que recogen y desvían la escorrentía hacia arroyos o estructuras cercanas. El cálculo de su área hidráulica requiere analizar las características de la zona que drenan. Normalmente, se considera adecuada una sección transversal triangular de 33 cm de profundidad por 1 m de anchura con una pendiente lateral de coronación de 3:1 y la pendiente lateral de corte adecuada en función de la sustancia que se vaya a recuperar. Las longitudes de las zanjas no deben superar los 250 m; si lo hacen, deben construirse obras de alivio para acortarlas recogiendo y desviando el flujo de la zanja aguas abajo, lejos de la carretera. Aunque se han utilizado piezas rectangulares y trapezoidales, suelen plantear problemas de seguridad y molestias a los conductores cuando se colocan en calzadas pequeñas debido a su inestabilidad. Dado que su mantenimiento es más sencillo mediante equipos mecánicos, se suele emplear la sección triangular (Kraemer, 2005, p.358).

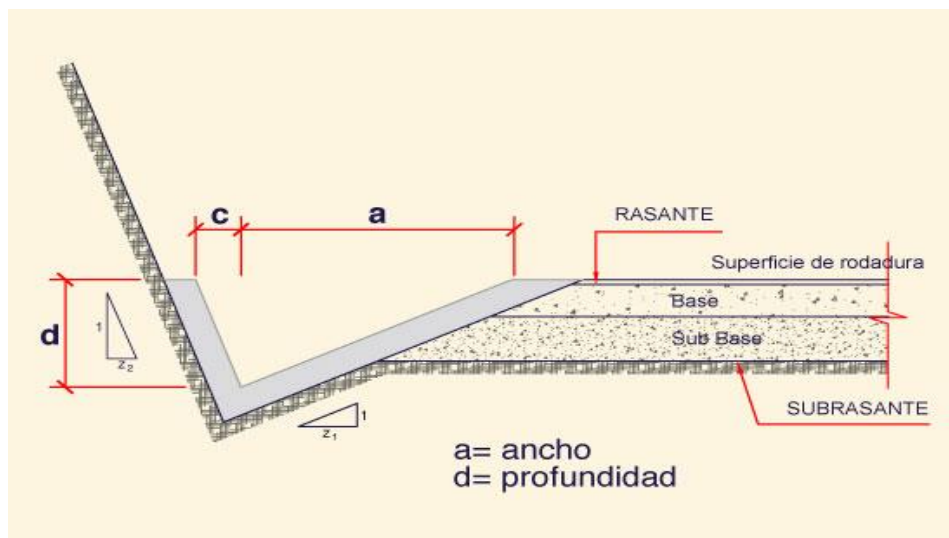
Es importante tomar precauciones para evitar cambios bruscos de velocidad, lo que puede conseguirse mediante cambios de sección y transiciones adecuadas, para que el agua no salga por las cunetas cuando la calzada se retuerce o cambia la pendiente longitudinal. Para ralentizar el flujo de agua en

materiales de cunetas erosionables, una opción es rebajar la pendiente de la cuneta y crear caídas, manteniendo el fondo de la cuneta por debajo de la subrasante en todo momento; otra es ensanchar el canal y revestirlo en general.

En la página 257, Kraemer afirma (2005, p.).

Figura 28.

Sección típica de una cuneta



- b. Contracunetas.** La finalidad de las cunetas de contención, que también se conocen como cunetas de coronación, es desviar la escorrentía de las laderas hacia un barranco cercano o hacia la parte baja del terreno. De este modo se evita la erosión de las laderas y aumenta el caudal de las zanjas. Los expertos opinan que las contrazanjas no deberían construirse de forma rutinaria en las zonas cortadas porque, en la mayoría de los casos, hacen más mal que bien y son responsables de una parte desproporcionada de los fallos de los taludes en la red nacional. Esto puede deberse a que los materiales utilizados son de baja calidad o a que las ubicaciones son inadecuadas. Cuando el agua se filtra en las contra cunetas no impermeabilizadas y desestabiliza los cortes, esto se hace



mucho más evidente. La erosión de los taludes puede no ser una preocupación importante en los cortes de carreteras de poco tráfico, ya que no suelen ser muy elevados. Es importante recordar que el objetivo principal de la construcción de contra cunetas es evitar que el agua entre en ellas. Si esto ocurriera, los terraplenes se mojarían, la capa de revestimiento perdería su eficacia y se interrumpiría el tráfico. Esto iría en contra del objetivo general de estas carreteras, que es mantener el tráfico todo el año (Kraemer, 2005, p.741). La Nota citada es Kraemer (2005) en la página 741.

En su diseño y construcción deben tenerse en cuenta las siguientes consideraciones para que las contra cunetas no se conviertan en elementos perjudiciales; al fin y al cabo, son obras que constituyen elementos de protección de la carretera. Sólo deben construirse en lugares donde la escorrentía fluya por encima de la carretera y se origine en una enorme cuenca, pudiendo superar la capacidad de la cuneta. Su posicionamiento y trazado se ven afectados por la formación geológica del terreno, la topografía y la cubierta vegetal (Kraemer, 2005, p.743).

Las precipitaciones, la superficie a drenar, la forma y la pendiente de la ladera, la cubierta vegetal y el tipo de suelo son algunos de los elementos que influyen en el diseño de la sección de una contrazanja. Normalmente, la forma de las contrazanjias es trapezoidal y, para este tipo de vías, se ha determinado que las dimensiones deben ser de 0,8 m en la plantilla y 0,5 m de profundidad para garantizar un funcionamiento adecuado. Una pendiente importante aguas abajo evitará el hundimiento, mientras que una pendiente equivalente o mayor aguas arriba evitará la erosión causada por la escorrentía. Se dejará una berma



de 50 cm aguas abajo para alojar el material que se vaya a recuperar. Al menos 5 metros, o la misma altura del desmonte si es superior, deben separar la contrazanja del borde del desmonte en toda su longitud. No debe permitirse que las excavaciones u otras variaciones de pendiente alteren la pendiente longitudinal, por lo que ésta debe ser uniforme desde la entrada hasta la salida. Siguiendo las directrices establecidas para las cunetas, hay que asegurarse de que esta pendiente uniforme no supere un cierto límite establecido por la velocidad de socavación del material. Esto según Kraemer (2005), en la página 744.

Al acercarse a un barranco u otro desagüe escarpado, incluso con la mayor pendiente que sea aceptable con el tipo de terreno, se implementará una caída rápida para salvaguardar el terreno natural, utilizando tepes o un revestimiento de hormigón, si es necesario. Una vez que los ramales de la contra cuneta estén suficientemente alejados de la carretera, el agua tendrá vía libre de escape. La impermeabilización del canal mediante el método más rentable o su sustitución por un terraplén formado con material de préstamo que no impacte con la carretera y tenga la pendiente longitudinal adecuada es la mejor actuación cuando la posibilidad de fallos en los taludes está asociada al tipo de materiales y a la contrazanja. (Página 756) (Kraemer, 2005).

- c. **Canales de encauzamiento.** Para construir una obra transversal y un cruce, se deben excavar canales para desviar el agua lejos de los caminos y hacia lugares predeterminados en áreas extremadamente planas con escurrimiento pesado y sin canales establecidos (como es el caso en ciertas partes de la nación). Los terraplenes pueden construirse con el material recuperado de estos canales si es de calidad suficiente. Para diseñar la pendiente del canal se



tuvieron en cuenta varias consideraciones, entre ellas el hecho de que la descarga se produciría en el lugar ya establecido y la necesidad de evitar la construcción de largos canales de salida. ("Kraemer, 2005, p. 563).

- d. Bombeo.** Consiste en inclinar transversalmente la carretera desde el centro hacia los arcenes, con la corona alineada horizontalmente. Su propósito es desviar el agua de lluvia del pavimento y alejarla del terreno. En curvas, se eleva el arcén exterior sobre el interior para contrarrestar la fuerza centrífuga. Además de proteger ciertas secciones de la vía de los escombros, la sobreelevación permite que el agua fluya fuera de la vía y hacia el arcén interior. El bombeo máximo en los carriles con corona revestida es del 4%; sin embargo, en caso de pendientes longitudinales elevadas o de erosión en las superficies de apoyo o en los terraplenes de los balcones, debe aplicarse a la corona una pendiente transversal continua de hasta el 5% hacia el lado del corte. La sobreelevación máxima que puede tolerarse es del 10%; con ello se pretende garantizar el rápido desplazamiento del agua hacia la zanja. Una vez afinado el movimiento de tierras e instalado el revestimiento necesario, se procederá al bombeo y a la sobreelevación. Kroemer (2005) afirma en la página 589.

2.2.17.1 Drenaje transversal.

- a. Vados.** Cuando hay una pequeña cantidad de drenaje de agua temporal o permanente en un cruce, se emplea un vado como estructura del firme. Suelen utilizarse en zonas donde los coches pueden atravesar arroyos violentos durante la mayor parte del año, a pesar de que el tráfico suele sufrir retrasos de entre dos y cuatro horas. La superficie del terreno y la topografía natural



deben tenerse en cuenta en el diseño geométrico del vado. Debe seguir una forma de catenaria o parábola con una pendiente de entrada máxima del 4% y conectarse a la autopista usando curvas verticales opuestas a las del vado.

Clavar pies de madera de 1,5 m de largo y 1 m de saliente en el inicio y final del vado es el método más práctico para dar forma de catenaria a la construcción. Los desniveles previstos en la entrada y la salida se consiguen colocando una cuerda encima y estirándola adecuadamente. Arrastrando una hacia abajo en línea recta paralela a la forma de la cuerda se crean las excavaciones necesarias.

Otros 30 cm de material granular, compactado a mano, deben apuntalar la losa o la mampostería que formará la superficie de apoyo. En términos de diseño hidráulico, el nivel máximo excepcional del agua determinará la longitud máxima del vado; no debe haber obstrucciones a la circulación del agua ni arrastres que puedan ensanchar la corriente. Cualquier parte del vado que sobresalga por encima de la tierra, por pequeña que sea, funcionará como aliviadero de la escorrentía y agravará la socavación, por lo que es fundamental que la superficie de apoyo del vado esté a ras de suelo.

La construcción de un vado seco sobre un arroyo de caudal permanente es posible con el uso de canales temporales o bordillos que separen la zona de trabajo del agua. Cuando el éxito económico de la región no justifica una carretera con mejores estándares geométricos, el vado se convierte en la última pieza de la infraestructura en rutas de poco tráfico, sustituyendo a puentes (medianos o pequeños) y alcantarillas masivas.



b. Alcantarillas. Una alcantarilla es una estructura de sección transversal que conduce y desvía el agua fuera de los barrancos y otras zonas bajas donde se cruzan las carreteras. Los cajones, las losas sobre estribos, las bóvedas y los tubos son las cuatro categorías principales. Las alcantarillas, a diferencia de los vados, tienen un canal pequeño y están situadas dentro del propio terraplén. La erosión en la entrada y salida de las obras puede deberse a la contracción del canal y al aumento del caudal provocado por la acumulación de volumen en zanjas y contradiques. Los aleros, que actúan como muros de contención y guías de conducción del agua, crean una estructura de transición en la entrada y salida de cualquier tipo de alcantarilla, mejorando su función. Se aconseja construir losas de hormigón hidráulico y estribos de bóveda sobre cimientos escalonados en pequeñas plataformas de 1 a 2 metros de longitud a lo largo de toda la longitud de la alcantarilla en terrenos con fuertes pendientes transversales. Deben construirse capas consolidadas de 15 a 20 cm de espesor para cubrir la alcantarilla, y ambos lados deben trabajarse al mismo tiempo.

Existen varios tipos de alcantarillas, como tubos, bóvedas, losas sobre estribos y cajones. Para diseñarlas, se consideran factores como la ubicación, el cálculo del área hidráulica, la elección del tipo de obra, cálculos estructurales y el drenaje en tramos de 5 km. La elección del tipo de alcantarilla depende de su funcionalidad hidráulica, estructural y de aspectos económicos (Olivera, 2004, p. 436).

Para el diseño de alcantarillas se consideran factores como la altura del terraplén, la forma de la sección en el cruce, la pendiente de la obra, la capacidad de sustentación del terreno y los materiales de construcción disponibles en la zona.



c. **Puentes.** Para determinar el área hidráulica de los puentes se suelen utilizar el enfoque de la sección y la pendiente y la fórmula de Manning, sobre todo en los casos en que los cauces están bien delimitados y hay indicios de caudales punta. Los factores importantes a tener en cuenta son el tamaño de la sección de escorrentía, la pendiente del cauce y el coeficiente de rugosidad del canal. Para estudiar adecuadamente los puentes, hay que conocer el caudal máximo bajo ellos, la duración de retorno de la crecida (25-50 años), la velocidad del agua y el mayor nivel alcanzado como resultado de la constricción del remanso causada por la existencia del puente. El caudal máximo no debe aumentar en más de 0,40 m con respecto a los valores anteriores a la construcción. El caudal máximo puede determinarse calculando el área hidráulica y la velocidad media en varias partes del arroyo mediante la fórmula dada.

$$Q = A \times V$$

Donde:

A = Sección hidráulica en m².

V = Velocidad de la corriente en m/s.

Q = Gasto en m³/s.

A intervalos de 300-500 metros, los estudios se realizan en tres partes: en el lugar del cruce, aguas arriba y aguas abajo. Las secciones hidráulicas se elaboran cuando están disponibles, y las secciones transversales se obtienen mediante un enfoque topográfico. Para hallar áreas pueden utilizarse tanto métodos geométricos como planímetros. Para obtener la velocidad de la corriente se pueden utilizar técnicas directas, como flotadores o molinetes, o



métodos indirectos, como la sección y la pendiente, que son bastante populares.

Para utilizar este método se eligen secciones del arroyo o río con las siguientes condiciones:

1. Cauce lo menos sinuoso posible.
2. Ausencia de zonas de inundación lateral, incluso en los momentos de máxima crecida.
3. Pendiente longitudinal más o menos uniforme.

“Estas condiciones son similares a las requeridas para localizar la zona de cruce de la carretera; sin embargo, si no se cumplen, es aconsejable elegir las zonas más adecuadas para el estudio» (Olivera, 2004, p.125)”.

Los estudios que se habrán de realizar son los siguientes:

1. La colocación de estacas cada 20 metros en el fondo de la corriente y su tendido desde el origen de la carretera permite realizar un levantamiento del perfil cada 20 metros desde el fondo del río o la superficie del agua.
2. La investigación incluye el trazado y nivelación de tres secciones transversales perpendiculares al eje del arroyo, una de las cuales está cerca del cruce de la carretera; las otras dos secciones transversales están aguas arriba y aguas abajo, separadas entre sí de 300 a 500 metros. Se crea una zona cerrada de escorrentía hidráulica ampliando el plano y nivelando para asegurarse de que los extremos están por encima del nivel máximo excepcional del agua.
3. Solicitar información a la población local, especialmente a los ancianos o al personal de los organismos técnicos, o examinar las huellas de



inundación en la vegetación son dos formas de calcular el nivel máximo excepcional de agua (NOMBRE). Zacatón, basura o caspa de animales alojada en las ramas de los árboles pueden ser algunos de los elementos que componen estas huellas. Nivelamos las huellas y los puntos de ambas orillas, y luego utilizamos los datos adquiridos para determinar la altura que corresponde al NOMBRE de cada segmento.

4. En cada una de las tres partes elevadas y en el perfil del fondo del arroyo se traza la línea NAME. Estos segmentos se subdividen en zonas parciales en función del radio hidráulico, el perímetro mojado y el área hidráulica, así como del diseño del cruce. Para determinar el caudal máximo se utilizan:

$$Q = AV$$

Fórmula de Manning para el cálculo de V:

$$V = \frac{1}{n} r^{2/3} s^{1/2}$$

Donde:

V = Velocidad m/s.

r = Radio hidráulico en m.

s = Pendiente.

n = Coeficiente de rug.

- a. **Socavación en puentes.** - Los materiales del canal sufren diversos cambios como resultado de la velocidad del agua, como la erosión de las orillas y la socavación del lecho. El proceso de socavación se produce cuando el rápido movimiento del agua arrastra los desechos del fondo del canal. Pero también se utiliza para describir cualquier



cosa que se queda en suspensión, es decir, cosas que no sufren la socavación pero que, sin embargo, se quedan sin presiones efectivas. Los soportes de un puente que se desplazan fuera de la zona de socavación para una crecida concreta se asentarán cuando llegue la crecida, dañando el puente. A lo largo de la escorrentía, hay socavación amplia, y también hay socavación de estrechamiento y socavación local. Estos dos últimos efectos se deben a la presencia del puente, que aumenta la velocidad global de la corriente y, por tanto, la profundidad de la socavación bajo el puente. Además, en la zona aguas arriba, las velocidades aumentan y en la zona aguas abajo, respectivamente, alrededor de los pilares como consecuencia de su presencia y, lo que es más importante, de su forma. El alcance de la socavación ha sido objeto de numerosas investigaciones. A menudo se utilizan criterios empíricos para este cálculo, ya que los estudios técnicos tienden a ofrecer conclusiones demasiado optimistas. A continuación se presenta la fórmula del criterio de socavación de Kennedy, que es el más utilizado de estos criterios para la sección del canal: En la página 562 de la novela de Olivera de 2004.

$$V_c = md^{0.64}$$

Donde:

V_c = Velocidad crítica m/s.

D = Tirante en m.

M = Factor del tipo de material.



b. El campo de la mecánica de suelos. - La investigación en mecánica de suelos identifica la capacidad portante del suelo, el grado de asentamiento del suelo y los mejores tipos de cimentación para obras de drenaje, especialmente puentes. Para empezar a planificar una investigación, es necesario identificar la formación geológica del cauce. Si se dispone de materiales de alta calidad, se excavan sondeos a cielo abierto hasta una profundidad de dos o tres metros. Si no es posible realizar sondeos, se utilizan perforadoras rotatorias. El diseño preciso de los cimientos se consigue mediante la medición de la penetración estándar y la extracción de muestras. Estas muestras pueden cambiarse para clasificarlas o dejarse sin cambios. A continuación, el ingeniero decide qué pruebas de laboratorio realizar. Las pruebas triaxiales y de consolidación son la práctica habitual. A partir de los resultados de estas investigaciones, se determina la capacidad portante y la profundidad óptima de asentamiento para los distintos tipos de cimentación. Los datos mencionados se incluyen en un informe junto con un perfil estratigráfico que incluye información sobre tipos de materiales, penetración estándar, contenido de humedad, etc.(Olivera, 2004,pag.568)

2.3 Marco conceptual

1. **Drenes subterráneos.** Están rodeados de material permeable y filtro, compactado correctamente, y aislados de aguas superficiales mediante una capa impermeable en la parte superior de la zanja (Murdock, 2001, p. 538).



2. **Nivel freático.** La presencia de un nivel freático elevado exigirá una investigación cuidadosa de sus causas y naturaleza. (Murdock, 2001, pag.542)
3. **Ascensión capilar.** La interacción intermolecular entre las moléculas de un líquido y el aire provoca tensión superficial en la superficie del líquido en el aire.
4. **Riego de impregnación.** El riego de impregnación crea una transición entre la base natural y la capa asfáltica (Escudero, 2001, p. 452).
5. **Cunetas.** Las cunetas son canales excavados en los bordes del lecho de la carretera; recogen el agua de escorrentía de la corona y la dirigen lejos de la carretera. Así lo afirma Escudero (2001, p.467).
6. **Contracunetas.** Las contrazanjas, a menudo conocidas como cunetas de coronación, son zanjas construidas aguas arriba de las laderas cortadas para desviar la escorrentía de esas laderas. Página 468 de la obra de Hernández de 1987.
7. **Canales de encauzamiento.** En el diseño de la pendiente del canal se tuvieron en cuenta varias consideraciones, entre ellas el hecho de que la descarga se produciría en el lugar ya establecido y la necesidad de evitar la construcción de largos canales de salida. Hernández (1987), página 476.
8. **Bombeo.** Añadir una pendiente transversal desde el centro de la carretera hasta sus arcenes -en las intersecciones de la línea horizontal- hasta la corona de la carretera es en lo que consiste el proceso de bombeo. (Juárez, 1995, p. 485) informa.
9. **Vados.** Los vados son estructuras que cruzan corrientes de agua poco profundas, temporales o permanentes (Juarez, 1995, p. 492).



- 10. Alcantarillas.** La finalidad de las alcantarillas, que pueden adoptar diversas formas, es desviar rápidamente el agua de las zonas bajas del terreno que se extienden a ambos lados de las carreteras y barrancos (Juárez, 1995, página 493).
- 11. Compactación.** Una vez extendido, el material se compacta a la cota del proyecto, que suele ser el 95% del CBR, aunque últimamente se ha pedido que sea el 100%. Es importante señalar que pasar de una compactación del 95% al 100% requiere mucho trabajo o energía, lo que eleva el precio; sin embargo, la resistencia apenas sube. (Página 441) (Escudero, 2001).
- 12. Puentes.** El área hidráulica de los puentes se calcula generalmente usando el método de sección y pendiente, aplicando la fórmula de Manning, especialmente en arroyos con cauces bien definidos y marcas de corrientes máximas (Rico, 1995, p. 259).
- 13. Drenaje de los firmes.** El objetivo del drenaje en los firmes es reducir el tiempo de saturación, limitando así los daños causados durante ese periodo (Rico, 1995, p. 263).
- 14. Capa drenante.** Debe ser mucho más permeable que las capas con las que está en contacto y resistir el paso del agua sin arrastre de sus finos. (Rico, 1995, pag.264)



CAPITULO III

METODOLÓGIA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

Para que los resultados sean fiables y precisos es fundamental que el estudio se base en métodos científicos. La importancia de los hechos y fenómenos se establece siguiendo un enfoque metódico. El trabajo es meticuloso, basado en pruebas empíricas, inferencial, problemático-hipotético, autocrítico y fundamentado en la teoría científica. Para garantizar que los resultados son pertinentes y precisos, es empírico, fundado en la teoría científica, problemático-hipotético, autocrítico y preciso.

Enfoque : Cuantitativo.

Nivel : Explicativo.

Tipo : Aplicada.



3.1.1 Nivel de investigación

En el tramo Paucarcolla-Collana-Yunguyo-Tinicachi, las vías asfaltadas se degradan debido a las inundaciones subterráneas y al ascenso capilar. Este estudio pretende explicar estas razones utilizando un método de nivel explicativo.

3.1.2 Tipo de investigación

Es aplicada, ya que usa conocimientos teóricos para controlar la ascensión capilar del agua subterránea en el tramo Paucarcolla – Collana – Yunguyo – Tinicachi.

3.1.3 Enfoque de investigación

El enfoque es cuantitativo, empleando el método deductivo y resultados cuantificados de ensayos de laboratorio en ciencias físico-naturales.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Será el pavimento flexible de la vía Yunguyo – Tinicachi, sector Tapoje - Región Puno

3.2.2 Muestra

Tramo de la Carretera Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región de Puno (Análisis de la influencia del agua subterránea a la estructura a la vía asfaltada)

CARRETERA : Yunguyo – Tinicachi.

LONGITUD TOTAL : 3.00 Km.

ANCHO VÍA : 8.50 MT.



PROF. NAPA FREÁTICA : 0.40 mt.

3.3 Técnicas e instrumentos de recolección de información

3.3.1 Técnicas de la investigación

✓ **Técnicas e instrumentos de medición del comportamiento hidráulico de las aguas subterráneas en el área de estudio.**

Para ello se considera:

- Características y comportamiento de aguas subterráneas en el tramo en estudio.
- Estratificación de suelos en el terreno natural de la zona en estudio.
- Características físicas y mecánicas de los suelos del terreno natural.

✓ **Técnicas e instrumentos de las características geométricas de la vía en estudio.**

- Características de la estructura de la vía.
- Características de la sub base.
- Características de la base.

✓ **Técnicas e instrumentos de medición de la calidad de materiales y procesos constructivos de la estructura de la vía**

- Características físicas y mecánicas de la sub base y base del tramo en estudio.
- Calidad de procesos constructivos de la sub base y base del tramo en estudio.
- Calidad de procesos constructivos de la superficie de rodadura.



✓ **Técnicas y diseño para el control del fenómeno de ascensión capilar en el tramo en estudio.**

- Mejoramiento de obras de drenaje.
- Construcción de canales de drenaje para la vía.

✓ **Técnicas e instrumentos de medición de las Defectos superficiales en la vía en estudio.**

Para ello se tomará en cuenta una valuación, empleando la metodología del PCI, en la longitud del tramo en estudio.

- Evaluación de Defectos superficiales.
- Actividades de mantenimiento.
- Plan de conservación de la vía en estudio.

3.3.2 *Instrumentos de la investigación*

- ✓ Notas de información y de estudio

3.3.3 *Ensayos de mecánica de suelos*

a. **Ensayo de contenido de humedad**

La prueba de contenido de humedad mide la cantidad de humedad del suelo, tanto en su estado original como modificado, tras secar la muestra en un horno a 110 °C y comparar su masa inicial y final (Neyra, 2016).

La fórmula utilizada para calcular este porcentaje es la siguiente:

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100\% \dots \dots \dots Ec N^{\circ} 1$$

Donde

Ww: peso de agua en la masa

Ws: peso de los sólidos

El contenido de humedad es el contenido óptimo para poder compactar.

b. Análisis granulométrico:

Hasta que la muestra de suelo alcanza una malla de 200 (0,074 mm), se hace pasar por una sucesión de tamices. Para obtener la proporción de suelo por debajo del tamaño de malla, se suma el peso de las retenciones en cada malla a los porcentajes retenidos en todas las mallas mayores y, a continuación, se suma ese total al 100%. Utilizando esta técnica, podemos determinar qué puntos de la curva acumulativa corresponden a qué aperturas. El uso de agua para facilitar el paso hace que este procedimiento no sea el ideal para entradas estrechas. El método del hidrómetro es una estrategia muy apreciada y en parte observable para suelos con granulometrías inferiores.

Porcentaje retenido parcial:

$$\% \text{Retenido Parcial} = \frac{\text{Peso Retenido Parcial}}{\text{Peso Total}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 2$$

Porcentaje retenido acum:

$$\% \text{Ret. Acumulado} = \% \text{Ret. Acumulado} + \% \text{Ret. Parcial} \dots \text{Ec N}^\circ 3$$

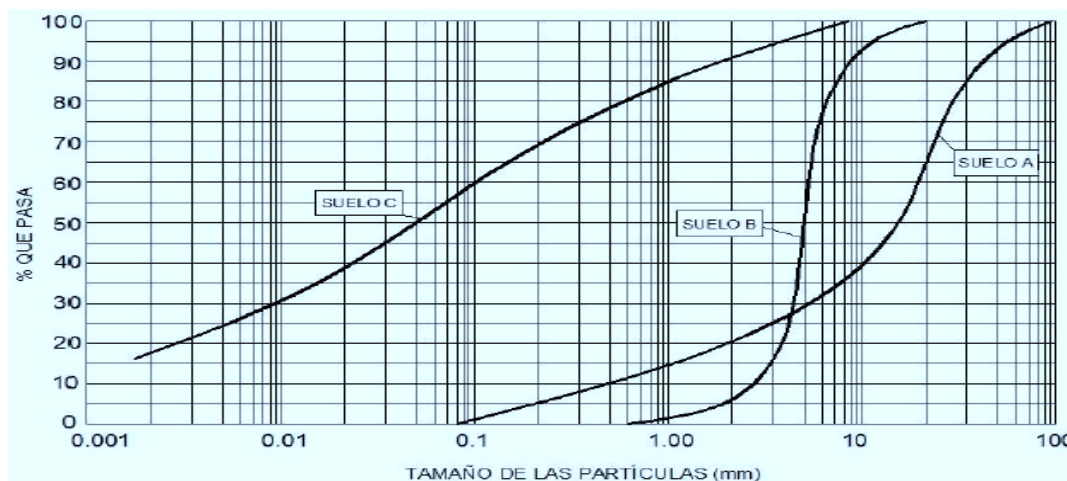
Proporción que pasa:

$$\% \text{Pasa Tamiz} = 100 - \% \text{Ret. Acumulado} \dots \dots \text{Ec N}^\circ 4$$

En suelos homogéneos y bien granulados, una curva pronunciada representa una amplia gama de tamaños, mientras que una línea vertical representa un suelo con partículas de un solo tamaño.

Figura 29.

Curvas granulométricas



Nota: Juárez Badillo, Rico Rodríguez.

Tabla 9.

Significado

Tipo de curva	Descripción
A	Suelo bien gradado y de grano grueso
B	Suelo mal gradado, poco uniforme
C	Suelo arcilloso o limoso

c. Límite líquido:

El porcentaje de humedad, basado en el peso seco de la muestra, indica el punto en que el suelo pasa de estado líquido a plástico (Crespo, 2004, p. 70). Para determinar el límite líquido, se requiere la olla Casa Grande, un ranurador, una balanza precisa, un horno de secado y un calibrador de 0,1 cm. Además, se utilizan tamices n.º 40, recipientes para medir la humedad y una espátula (Botía, 2015, p. 42). Se puede recolectar entre 150 y 200 g de material que pase por el tamiz n.º 40, seleccionando una muestra



representativa. El despiece puede ayudar a minimizar las muestras que fluyen libremente (MTC, 2016, p. 68).

$$LL(\%) = \left(\frac{N}{25}\right)^{0.121} \dots \dots \dots Ec N^{\circ} 5$$

Donde:

LL = Límite líquido.

$w*n$ = % de humedad.

N = Cantidad de golpes

d. Límite plástico e índice de plasticidad IP:

Con este nivel de humedad se pueden hacer barritas de tierra de unos 3 mm (1/8") de diámetro enrollándolas entre la palma de la mano y una superficie plana sin que se desintegren (Crespo, 2004, p. 77).

La cantidad de arcilla del suelo determina el índice plástico, que es diferente de las limitaciones líquidas y plásticas, que se basan en el tipo y la cantidad de arcilla del suelo (Crespo, 2004, p. 78).

$$Limite\ Plastico(\%) = \frac{Peso\ del\ agua}{Peso\ seco\ del\ horno} * 100 \dots \dots Ec\ N^{\circ}\ 6$$

$$Indice\ plastico = Limite\ Liquido - Limite\ Plastico \dots \dots Ec\ N^{\circ}\ 7$$

Tabla 10.*Índice de Plasticidad*

Índice de plasticidad (IP)	Plasticidad	Características
IP>20	Alta	Suelo muy arcilloso
20>IP>7	Media	Suelo arcilloso
IP<7	Baja	Suelo poco arcilloso
IP=0	No plástico (NP)	Suelo exento de arcilla

Nota: (MTC, 2014).**e. Ensayo de Proctor Modificado:**

La NTP 339.141 establece que este ensayo mide la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo compactado en un molde de 4 pulgadas, usando un pisón que cae desde 18 pulgadas para compactar.

$$\text{Densidad húmeda } (P_m), \text{ en } (g/m^3) = 1000 * \frac{(M_T - M_{md})}{V} \dots \dots \text{Ec. 8}$$

$$\text{Densidad seca } (P_d), \text{ en } \left(\frac{g}{m^3}\right) = 1000 * \frac{P_m}{1 + \frac{W}{100}} \dots \dots \text{Ec. 9}$$

$$\text{Contenido de humedad } (W), \text{ en } (\%) = 1000 * \frac{M_w}{M_s} \dots \dots \text{Ec. 10}$$

Donde:

Mt = Peso del suelo húmedo más el molde (kg).

Mmd= Masa del molde compactado (kg).

V = Volumen del molde.

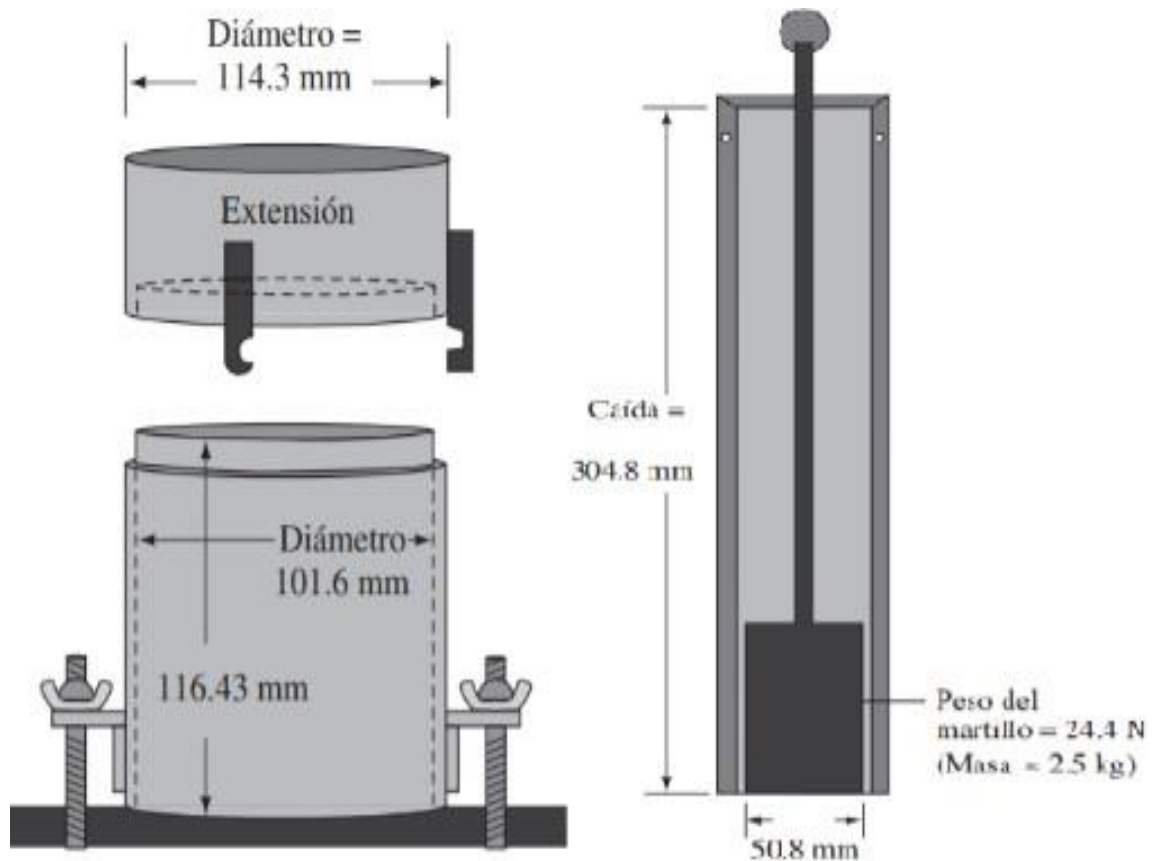
W = Contenido de humedad.

Mw = Masa del suelo húmedo.

M_s = Masa del suelo seco.

Figura 30.

Proctor Modificado



f. Ensayo CBR en laboratorio:

Este ensayo, según Hernández (2008), mide cuánto peso pueden soportar suelos y agregados compactados con la humedad adecuada, evaluando la resistencia al cizallamiento y calculando la relación de soporte. Creada en 1929 por la División de Carreteras de California, se utiliza para determinar la idoneidad del suelo en carreteras y aeropuertos.

Las infraestructuras de pavimentación suelen clasificarse en la siguiente tabla:

Tabla 11.*Clasificación de suelos de acuerdo al CBR*

CBR	Clasificación general	Usos	Clasificación	
			SUCS	AASHTO
0 - 3	Muy pobre	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A5, A6, A7
3 - 7	Pobre a regular	Subrasante	OH, CH, MH, OL	A4, A5, A6, A7
7 - 20	Regular	Sub-base	OL, CL, ML, SC, SM, SP	A2, A4, A6, A7
20 - 50	Bueno	Base, sub-base	GM, GC, W, SM, SP, GP	A1b, A2-5, A3, A2-6
> 50	Excelente	Base	GW, GM	A1-a, A2-4, A3

Nota: Carlos Crespo Villalaz, 2004.

$$CBR(\%) = \frac{\text{Presion en el suelo}}{\text{Presion en el suelo patron}} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 11$$

$$(\%) \text{ de expansion} = \frac{\text{lectura inicial} - \text{lectura final}}{127 (\text{altura del molde})} * 100 \dots \dots \text{Ec N}^\circ 12$$

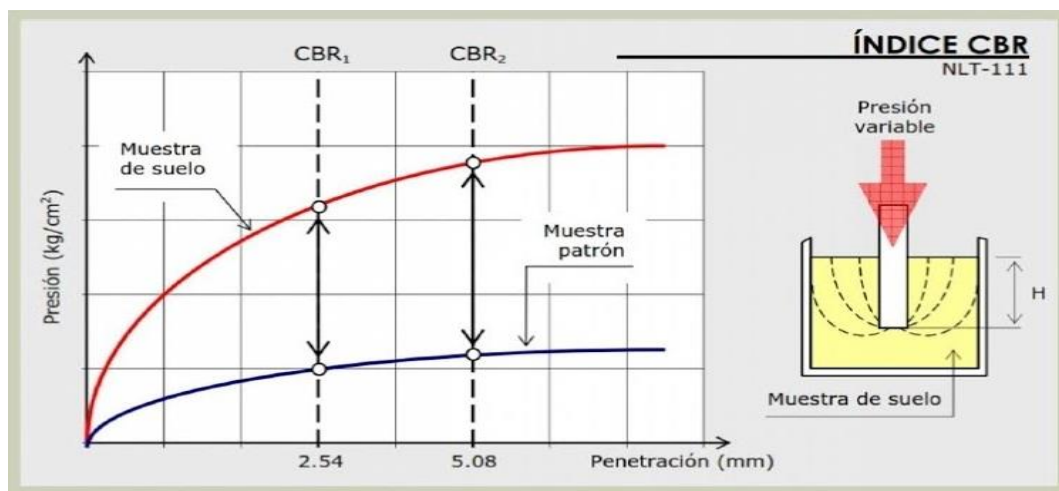
Procedimiento del CBR:

- ✓ La malla de 19,05 mm (3/4") y la malla de 4,76 mm (N°4) están ambas especificadas en la norma técnica peruana 339.145. Se utilizará otro material entre 3/4« y la malla N° 04 para reemplazar el material retenido en el 3/4» con el mismo peso.
- ✓ Se utilizará un proceso de proctor modificado junto con un gran pisón y un molde CBR para determinar el contenido de humedad ideal y la densidad seca, de acuerdo con la norma técnica peruana 339.145. Cada capa recibirá 12, 25 o 56 golpes en uno de cinco niveles de compresión diferentes. El proceso de compactación de las muestras adicionales será

- idéntico al utilizado para determinar la humedad y la densidad seca óptimas.
- ✓ Una vez que la muestra se haya cargado con sobrecargas, será necesario colocar un disco espaciador de 5 cm de grosor. Se retirarán y volverán a colocar partes de la parte superior e inferior para controlar el contenido de humedad de esta muestra.
 - ✓ La aplicación de una sobrecarga, que simula la presión de contacto de una capa de pavimento encima de la base, subbase y subrasante, es ordenada por la norma técnica peruana 339.145.
 - ✓ El proceso para realizar una prueba de penetración se detalla en la NTP 339.145. Se utiliza un pistón para penetrar el material a una velocidad de 0,05 pulgadas por minuto, después de haber sido compactado y preparado con sobrecarga. Se puede lograr una variedad de penetraciones, desde 0,025 pulgadas hasta 12,70 mm por minuto, tomando mediciones de carga en diferentes puntos.

Figura 31.

Curva humedad - densidad seca





CAPITULO IV

RESULTADOS Y ANALISIS

4.1 Resultados de la investigación

Se analizó los suelos de manera separada y se indica a continuación:

- Estudio de suelo subrasante del pavimento flexible.
- Estudio de suelos de la base del pavimento flexible.

4.1.1 Características físicas y mecánicas de los suelos de la base del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi "Sector tapoje".

Para el estudio correspondiente se efectuó los siguientes de los suelos en laboratorio:

- ✓ % de humedad
- ✓ Análisis de granulometría.
- ✓ Límites atterberg.



- ✓ Clasificación de suelos.
- ✓ Densidad seca.
- ✓ (CBR).

Se han realizado tres ensayos, y la muestra fue extraída a una profundidad de 0.40 m.

Los resultados muestran a continuación.

4.1.2 *Ensayos de contenido natural (humedad)*

Resultados del contenido natural de humedad de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 12.

Resumen del contenido de humedad

Muestras	MTC E – 108 EG – 2013 (COA %)	Contenido natural de humedad (W %)
Calicata 01 - base	10.78	11.21
Calicata 02- base	10.78	10.55
Calicata 03- base	10.78	10.70
Calicata 04- base	10.78	10.58
Promedio	10.78	10.76

4.1.3 *Ensayos del análisis granulométrico*

Resultados del análisis granulométrico de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 13.*Resumen del análisis granulométrico*

Muestras	MTC E – 107	Granulometría			Cu
	EG – 2013	Grava (%)	Arena (%)	Fino (%)	
	Cu				
Calicata 01 - base	1 - 3	77.71	19.63	2.66	25.40
Calicata 02- base	1 - 3	79.82	15.24	4.94	35.50
Calicata 03- base	1 - 3	80.87	12.15	6.98	30.10
Calicata 04- base	1 - 3	80.77	14.22	5.01	30.50
Promedio	1 - 3	79.79	15.31	4.90	30.38

4.1.4 Ensayos de suelos para determinar los límites de consistencia

Resultados de los límites de consistencia en los suelos de la base del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 14.*Resumen de límites de consistencia*

Muestras	MTC E – 107	Límites de consistencia		
	EG – 2013	LL (%)	LP (%)	IP (%)
	IP			
Calicata 01 - base	< 7.00	36.10	23.52	12.58
Calicata 02- base	< 7.00	33.65	21.76	11.89
Calicata 03- base	< 7.00	33.41	21.28	12.13
Calicata 04- base	< 7.00	32.40	20.39	12.01
Promedio	< 7.00	33.89	21.74	12.15

4.1.5 Ensayo de suelos para determinar la clasificación de suelos

Resultados de la clasificación de suelos de la base del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 15.

Resumen de clasificación del suelo

Muestras	MTC E – 107 EG – 2013 AASHTO	Clasificación	
		SUCS	AASHTO
Calicata 01 - base	A - 1	GW	A -2-6 (0)
Calicata 02- base	A - 1	GW – GC	A -1-a (0)
Calicata 03- base	A - 1	GW – GC	A -1-a (0)
Calicata 04- base	A - 1	GW - GC	A -1-a (0)
Promedio	A - 1	GW - GC	A -1-a (0)

4.1.6 Ensayo de suelos para determinar la densidad seca máxima

Resultados de la densidad seca máxima con Proctor Modificado de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 16.

Resumen del ensayo de Proctor modificado

Muestras	MTC E – 107 EG – 2013 Ds (gr/cm3)	Clasificación	
		Ds (gr/cm3)	COA (%)
Calicata 01 - base	> 1.95	1.542	11.21
Calicata 02- base	> 1.95	1.553	10.55
Calicata 03- base	> 1.95	1.537	10.70
Calicata 04- base	> 1.95	1.525	10.58
Promedio	> 1.95	1.539	10.76

4.1.7 Ensayos de suelos para determinar la Relación Soporte California (CBR)

Resultados (CBR) en los suelos de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 17.

Resumen del ensayo de CBR

Muestras	MTC E – 107 EG – 2013 Ds (gr/cm ³)	CBR	
		95 (%)	100 (%)
Calicata 01 - base	> 50.00	23.61	34.99
Calicata 02- base	> 50.00	47.27	70.22
Calicata 03- base	> 50.00	47.27	70.22
Calicata 04- base	> 50.00	47.27	70.22
Promedio	> 50.00	23.63	35.03

4.1.8 Análisis comparativo de características físicas y mecánicas del suelo de la base

Resumen de resultados de los suelos de la base del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Tabla 18.

Resumen los resultados de las propiedades físicas y mecánicas de la base

Muestras	MTC EG – 2013	Suelo de la Base
Contenido natural de humedad. (%)	7.20	35.11
Análisis granulométrico. (C_u)	1 – 3	30.38
Límites de consistencia. (I_p)	< 7.00	12.15
Clasificación de suelos.	A – 1	A – 3
Densidad seca máxima por compact.	> 1.950	1.537
Relación Soporte California (CBR)	> 50.00	35.03



4.1.9 Evaluación del pavimento flexible de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi

“Sector tapoje”, con el método PCI

Datos generales.

- a. El tramo en estudio corresponde al "Sector Tapoje", donde la vía asfaltada Yunguyo-Tinicachi presenta estancamiento de agua superficial y afloramiento de agua subterránea.
- b. La estructura del pavimento es flexible, con una carpeta asfáltica de aproximadamente dos pulgadas sobre la base.
- c. En cuanto al medio ambiente y drenaje, el "Sector Tapoje" está en una zona plana con una pendiente menor al 1%, lo que favorece el estancamiento de aguas superficiales.

Información técnica para la aplicación de la metodología PCI.

Longitud de la vía	: 730.00 m
Ancho prom	: 7.50 m.
Ancho x carril	: 7.50 m
Long de la muestra	: 30.00 m
Área sugerida (PCI)	: 230+90 m ²
Área de la muestra	: 225.00 m ²

**A) Relación para determinar el N° de unidades de muestra.**

$$N = \frac{\text{Longitud de la via}}{\text{longitud de la muestra}}$$

$$N = \frac{730.00 \text{ ml.}}{30.00 \text{ ml.}}$$

$$N = 24.33 = 24 \text{ ml.}$$

B) Unidades de muestras a ser evaluadas.

Se emplea la siguiente relación:

$$n = \frac{N(\sigma)^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2}$$

Donde:

n: Muestra a evaluar.

E: Error admisible recomendado por PCI 5%

σ : Desviación estándar del PCI recomendado 10 para pavimentos asfálticos

N: Numero de la muestra.

Aplicación:

$$n = \frac{N(\sigma)^2}{\frac{e^2}{4}(N-1) + \sigma^2}$$

$$n = \frac{2433.33 \text{ ml.}}{245.83 \text{ ml.}}$$

$$n = 9.90 = 10 \text{ ml.}$$



C) Selección de unidades de muestreo.

Se emplea la siguiente formula:

$$i = \frac{N}{n}$$

Donde:

i: Unidad de muestreo.

N: Número de unidades.

n: Unidades a ser evaluadas.

Aplicación:

$$i = \frac{N}{n}$$

$$n = 2.46$$

$$n = 2$$

Evaluación.

Longitud total de la vía	:730.00 ml
Ancho de carril	:7.50 ml.
Número de carriles	:1
Longitud de la muestra	:30.00ml.
Área de la muestra	:225.00 m ² .



Número de unidades de la muestra	:24
Unidades de muestra a ser evaluadas por carril	:10
Total, unidades de muestra a ser evaluadas	:10

4.1.10 Rangos PCI

Tabla 19.

Rangos de calificación PCI

Rango	Clasificación
100 - 85	Excelente
85 - 70	Muy bueno
70 - 55	Bueno
55 - 40	Regular
40 - 25	Malo
25 - 10	Muy malo
0 - 10	Fallado

Nota. En la tabla 3 se puede apreciar los rangos de calificación para condición del pavimento, datos tomados de (Manual de PCI, 2002).

Para cuantificar el tipo, el grado y el alcance de la degradación del pavimento mediante inspecciones visuales, se desarrolló el Índice de Estado del Pavimento (PCI). Para evaluar con más detalle la integridad estructural del firme, es útil saber de dónde proceden los daños y cómo están relacionados con las cargas y la intemperie.

Tabla 20.

Clasificación para cada rango de clasificación del PCI

Categoría de acción	Rango	Clasificación	Simbología
Subsistencia provisoria	100 - 85	Excelente	
Subsistencia provisoria frecuente	85 - 70	Muy bueno	
	70 - 55	Bueno	
Conservación correctiva	55 - 40	Bueno	
Restitución- asistencia estructural	40 - 25	Regular	
Restitución- asistencia total	25 - 10	Malo	
	0 -10	Muy malo	

Nota. La tabla 4 muestra las medidas de intervención correspondientes a cada rango de clasificación del PCI, según los datos de Huamán (2020)

Tabla 21.

Resumen de condición actual del tramo vial

Tramo	Abscisa		Área (m ²) 25	Rango	Condición	Tipo
	Inicial	Final				
1	320+260	320+290	225.00	33.22		Malo
2	320+320	320+350	225.00	33.40		Malo
3	320+380	320+410	225.00	33.76		Malo
4	320+440	320+470	225.00	30.03		Malo
5	320+500	320+530	225.00	27.39		Malo
6	320+560	320+590	225.00	15.49		Muy malo
7	320+620	320+650	225.00	26.60		Malo
8	320+680	320+710	225.00	41.28		Regular

9	320+740	320+770	225.00	15.79		Muy malo
10	320+800	320+830	225.00	23.49		Muy malo
PCI Promedio =				28.05		Malo

Nota. La tabla 21 resume la condición actual de cada tramo, mostrando que el pavimento tiene una calificación de "MALO" con un valor de 28.05. Según el PCI, este valor corresponde a una condición mala, por lo que se recomienda implementar un plan de mantenimiento rutinario y periódico para su mejora.

4.1.11 Propuesta de un sistema de gestión y conservación de la Vía asfaltada

Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Existen dos niveles generales en la gestión de carreteras que facilitan su comprensión. Uno es el nivel de programa, que se ocupa de las redes de carreteras en general, y el segundo es el nivel de proyecto, que se refiere a las estrategias utilizadas para proyectos individuales. En el nivel de proyecto se han establecido sistemas formales de gestión de firmes. Últimamente se ha avanzado mucho en la gestión, y eso significa que podemos crear sistemas de gestión de firmes más completos. Estos sistemas pueden contener más actividades y pueden acoplarse entre sí y con las demás capas de la red mediante interfaces explícitas.

4.1.12 Sistema de gestión, reparación y mantenimiento de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

El Sistema de Gestión de Pavimentos (SGP) es un conjunto de herramientas y metodologías que ayuda a los responsables a tomar decisiones sobre cómo suministrar, evaluar y mantener los pavimentos en buenas condiciones a lo largo del tiempo. Un SGP abarca la investigación, planificación, programación, análisis, diseño y construcción, enfocándose principalmente en el mantenimiento y rehabilitación de las carreteras

existentes. Aunque históricamente ha incluido también la construcción de nuevas vías, no suele considerar el aumento de la capacidad vehicular, que es más propio de los sistemas de gestión del tráfico.

4.1.13 Importancia del SGP de la Vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi “Sector tapoje”.

Al proyectar el efecto sobre el rendimiento futuro del firme, los sistemas de gestión de firmes (SGP) permiten evaluar diferentes planes de rehabilitación y mantenimiento. Esto ayuda a determinar qué zonas necesitan reparación, así como cuándo aplicar los mejores tratamientos para mantener el pavimento en las condiciones de servicio esperadas gastando lo menos posible. Además, los sistemas de gestión permiten organizar sistemáticamente todos los datos relativos a la red de carreteras, lo que a su vez facilita el almacenamiento y la recuperación de los datos necesarios para determinar opciones de mantenimiento que sean rentables. Los gastos de reparación de carreteras pueden respaldarse y justificarse mejor utilizando los datos proporcionados por los SPG.

4.1.14 Mantenimiento de pavimentos.

Una carretera existente puede ver prolongada su vida útil o mejorada su capacidad de servicio mediante el uso de un enfoque de tratamiento rentable conocido como mantenimiento del firme. El objetivo de esta técnica es mejorar el estado funcional o estructural del pavimento, ralentizar su degeneración y posponer su eventual rotura.

4.1.15 Importancia del mantenimiento de pavimentos.

El mantenimiento preventivo por sí solo no es suficiente para hacer frente a los numerosos problemas que surgen a medida que envejecen los pavimentos. Los pavimentos gravemente dañados y estructuralmente defectuosos necesitan una solución



de conservación que sea rentable y eficaz. Entre los efectos que pueden derivarse de un retraso en la aplicación figuran los siguientes

El aumento innecesario de los costes de explotación de los vehículos debido a una mala gestión del mantenimiento de las carreteras puede suponer entre el 0,5% y el 1% del PIB de una región o país. Por cada dólar que no se gaste en mantenimiento de carreteras con prontitud, habrá que gastar otros dos o tres dólares en rehabilitación o reconstrucción.

Las ventajas de conservar el pavimento también incluyen:

- ✓ Mejorar el transporte
- ✓ Hacer que el pavimento dure más en servicio.
- ✓ Hacer la carretera más segura y cómoda para los usuarios.
- ✓ Disminución de los gastos de mantenimiento durante toda la vida útil del pavimento.
- ✓ Aumentar los niveles de felicidad entre los usuarios.
- ✓ Mejorar el método de toma de decisiones.
- ✓ Mejorar la coherencia del estado de la red de carreteras en su conjunto.
- ✓ Utilización más eficaz de los fondos.
- ✓ La aplicación de las normas de mantenimiento debe ser más uniforme e imparcial.

4.2 Análisis de resultados

El contenido de humedad ideal para la compactación es del 10,76%, correspondiente al nivel natural, mientras que los suelos base presentan un 35,11% de humedad, lo cual es elevado e insuficiente para la compactación. En cuanto al análisis granulométrico, siguiendo las normas del MTC y el manual (EG-2013 y MTC E-107), el coeficiente de uniformidad (Cu) recomendado debe estar entre 1 y 3. Sin embargo, los suelos base tienen un Cu insuficiente de 30,38.



Los límites de permeabilidad de los suelos base fueron calculados siguiendo el manual EG-2013 y MTC E-110 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Según estas normas, el índice plástico (Lp) debe ser inferior al 7%, pero los suelos base presentan un Lp de 12,15, lo que es demasiado alto. En cuanto a la clasificación de suelos, conforme a los reglamentos EG-2013 y MTC E-145, los suelos deben clasificarse según el sistema AASHTO, que en su mayoría corresponde a la categoría A-1. Sin embargo, los suelos de cimentación suelen estar en la categoría A-3, lo que indica que el sistema de clasificación AASHTO es inadecuado para estos casos.

Para elevar la densidad seca de los suelos de cimentación, se siguieron los manuales EG-2013 y MTC E-115 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, que establecen una densidad seca máxima de 1,53 gr/cm³. Sin embargo, esta densidad es baja e inadecuada. En cuanto al Coeficiente de Soporte de California (CBR), calculado según las normas EG-2013 y MTC E-132, el valor debe ser superior al 50%, pero los suelos base muestran un promedio de 35,03%, lo que también es insuficiente.

Finalmente, la carretera asfaltada «Sector Tapoje» entre Yunguyo y Tinicachi tiene suelos de mala calidad en su base para el pavimento flexible.

El índice de Defecto del pavimento (ICP) se determina para cada unidad de muestreo utilizando los datos obtenidos mediante el examen visual de las zonas afectadas del pavimento. En los apéndices del informe se incluyen fotografías del trabajo de campo y se utilizan las curvas analíticas del valor determinado. El objetivo de esta explicación es ofrecer una explicación exhaustiva de la técnica de evaluación del firme, del Índice de Estado del Firme y del estado del firme, ya que el valor cuantificable de 28,05,0 indica un estado general de tipo MALO. Para determinar el PCI, se utiliza una unidad de muestreo elegida al azar.



CONCLUSIONES

Efectuando la evaluación de las Defectos superficiales del pavimento flexible según el rango su resultado es 40 – 25 se manifiesta que su estado de clasificación es MALO por lo tanto requiere la propuesta de ejecución pronto de un sistema de gestión y conservación.

Los resultados de los ensayos para determinar las características físicas y mecánicas de los suelos de la base. El contenido de humedad (%) como promedio MTC EG – 2013 es 10.76 y el suelo de la base 32.11, Análisis granulométrico como promedio MTC EG – 2013 es 1 - 3 y el suelo de la base 30.38, Límites de consistencia como promedio MTC EG – 2013 es <7.00 y el suelo de la base 12.15, clasificación de suelos como promedio MTC EG – 2013 es A - 3 y el suelo subrasante A - 4, densidad seca máxima por compact como promedio MTC EG – 2013 es >1.95 y el suelo subrasante 1.537, Relación Soporte California (CBR) como promedio MTC EG – 2013 es > 50.00 y el suelo subrasante 35.03, se concluyen en decir que son suelos de baja calidad, más aun que se encuentran dentro de aguas estancadas, por lo que son causa del deterioro del pavimento estudiado

Cuando las carreteras con escaso volumen de tráfico presentan problemas de capacidad portante o daños, suele deberse a un exceso de humedad. La capacidad portante y el contenido de humedad de las aguas subterráneas pueden reducirse cuando el lecho rocoso, el suelo helado o los objetos impermeables obstruyen su movimiento bajo terrenos con pendiente lateral. De ahí que los sistemas de drenaje de las carreteras no deban funcionar sólo durante un breve periodo de tiempo, sino durante toda la vida útil del pavimento.



RECOMENDACIONES

Cuando un pavimento está permanentemente expuesto a aguas superficiales y subterráneas, su diseño y construcción deben considerar un pedraplén. En el presente estudio, la implementación de un pedraplén podría ser necesaria, pero su diseño específico podría tratarse en una investigación futura.

Conocer el estado de un pavimento es importante por razones de seguridad vial; vehículos, ciclistas y peatones corren peligro cuando los pavimentos están en mal estado. Los fallos pueden provocar accidentes de tráfico o caídas. Del mismo modo, la congestión del tráfico y los tiempos de viaje se ven aliviados por un pavimento en buen estado. De hecho, los retrasos de tráfico y los atascos pueden ser consecuencia de la degradación del pavimento o de los baches. El mal estado del pavimento puede dañar los componentes del coche, especialmente la suspensión y los neumáticos. Como resultado, los propietarios de automóviles pueden acabar gastando más dinero en reparaciones y sustituciones más a menudo. Al fin y al cabo, una avenida y sus alrededores parecen mejores cuando el pavimento está bien cuidado.

Dado que el asfalto y otros pavimentos flexibles se degradan con el tiempo por factores como el tráfico y el clima, se recomienda un plan de mantenimiento regular para prolongar su vida útil. Al identificar y solucionar problemas de forma temprana, se evita que los daños empeoren, mejorando la seguridad al prevenir fallos como baches o deslizamientos que podrían causar accidentes. Además, un mantenimiento adecuado asegura una superficie lisa, optimizando el tráfico y mejorando la eficiencia y resistencia a la rodadura de los vehículos.



REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- JICA. (2005). Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental del Nuevo Aeropuerto Internacional de Guatemala. Agencia japonesa para el Desarrollo Internacional.
- JUÁREZBADILLO, E y RICO, A. (1995) Mecánica de Suelos, Tomo I.
- JUÁREZ BADILLO,E y RICO, A. (1995) Mecánica de Suelos, Tomo II.
- JUÁREZ BADILLO,E y RICO, A. (1995) Mecánica de Suelos, Tomo III. Flujo de agua en suelos.
- KRAEMER, Carlos. Los Pavimentos de Hormigón. Características, Tipos y Aplicaciones.
- LAMBE, T.W. y WHITMAN, R.V. (1982) Mecánica de Suelos (Traducción J.A. Jiménez Salas y J.M. Rodríguez), Capítulo I. Limusa. México.
- LOWWESJOSEPH E. (2001) Propiedades Geofísicas de los Suelos, Me. Graw Hill México.
- MONZÓN, Andrés y ALCAIDE, Teresa. (1994). Metodologías de Evaluación de Impactos Ambientales en Autovías.
- UNESCO-ORCYT,(1995). Aspectos Geológicos de Protección Ambiental. Fernando L. Repetto y Claudia Santiago Karez Editores
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC], M. (2016). *Manual De Ensayo De Materiales*.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/m



anuales/Manual Ensayo de Materiales.pdf

Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. (2014). Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, Perú.

MTC E 107. (2000). Análisis Granulométrico de Suelos Por Tamizado (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 108. (2000). Método de Ensayo Para Determinar el Contenido de Humedad de un Suelo (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 110. (2000). Determinación del Limite Liquido de Suelos (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 111. (2000). Determinación del Limite plástico e Indice de Plasticidad (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 115. (2000). Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando Energia Modificada (Laboratorio). Lima: ICG.

MTC E 132. (2000). CBR de Suelo (Laboratorio). Lima: ICG.

Norma técnica de Estabilizadores químicos MTC E 1109 – 2004. Lima – Perú.

Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”. Lima – Perú.



ANEXOS



ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA



Matriz de consistencia

TIULO: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VIA ASFALTADA YUNGUYO – TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO					
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Pregunta general:</p> <p>¿Cuál es la influencia del agua subterránea en la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?</p> <p>Preguntas específicas:</p> <p>¿Qué tipos de fallas existen en el pavimento flexible aplicando la metodología PCI Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?</p> <p>¿Cuál son las propiedades físicas y mecánicas de la base en la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?</p> <p>¿Cuál es el comportamiento del Agua subterránea a la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno?</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>Analizar la influencia del agua subterránea en la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <p>Identificar los tipos de fallas en el pavimento flexible aplicando la metodología PCI Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.</p> <p>Determinar las propiedades físicas y mecánicas de la base en la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.</p> <p>Examinar el comportamiento del Agua subterránea a la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno.</p>	<p>Hipótesis general:</p> <p>La influencia del agua subterránea en la estructura de la vía asfaltada Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región Puno, se debe tener las características técnicas, un adecuado drenaje, a fin de lograr su vida útil.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <p>Las fallas más predominantes en el pavimento flexible de la vía Yunguyo – Tinicachi son producidas por la presencia de humedad.</p> <p>Las propiedades físicas y mecánicas son deficiente a la calidad de material empleado a la base, debe de controlarse el contenido óptimo de humedad.</p> <p>El comportamiento del agua subterránea asciende por el fenómeno de ascensión capilar, que logran saturar la estructura debilitándola</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Estado actual del pavimento flexible</p> <p>Variable dependiente:</p> <p>Fallas superficiales</p>	<p>Propiedades físicas y mecánicas de la base</p> <p>Comportamiento del agua subterránea</p> <p>Rango de calificación</p> <p>Evaluación del pavimento deteriorado</p>	<p>Tipo: Aplicada</p> <p>Nivel: Explicativo</p> <p>Enfoque: Cuantitativo</p> <p>Método: Deductivo</p> <p>Población: Será el pavimento flexible de la vía Yunguyo – Tinicachi, sector Tapoje - Región Puno</p> <p>Muestra: Tramo de la Carretera Yunguyo – Tinicachi, Sector Tapoje de la región de Puno (Análisis de la influencia del agua subterránea a la estructura a la vía asfaltada)</p>



ANEXO 02

ENSAYOS DE LABORATORIO



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEZCLA ASFALTICA

TESIS : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA

YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. YANETH ROJAS GONZALO

UBICACIÓN : VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE

MUESTRA : M-1

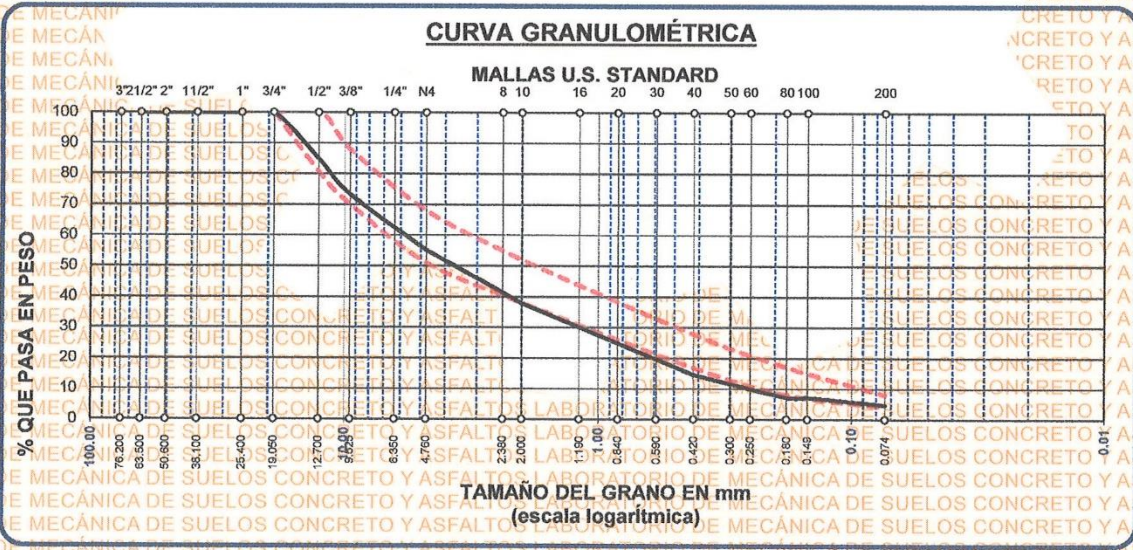
LUGAR : PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO

FECHA : 10 DE ABRIL DEL 2024

PESO ANTES DEL LAVADO ASFALTICO : 890.00 g **% DE ASFALTO** : 3.245

PESO LUEGO DEL LAVADO ASFALTICO : 861.12 g

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. "NIC"	TAMAÑO MAXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 890.00
2 1/2"	63.500						P.L.= 849.88
2"	50.600						P.P.= 40.12
1 1/2"	38.100						
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100%	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	80 - 100%	
1/2"	12.700	128.75	15.11	15.11	84.89	70 - 88%	
3/8"	9.525	98.56	11.56	26.67	73.33		
1/4"	6.350						
No4	4.760	155.26	18.22	44.89	55.11	51 - 68%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.380						D10= 0.271 Cu= 22.3
No10	2.000	147.15	17.26	62.15	37.85	38 - 52%	D30= 1.468 Cc= 1.32
No16	1.190						
No20	0.840						
No30	0.590						
No40	0.420	198.62	23.30	85.45	14.55	17 - 28%	CLASIFICACIÓN:
No 50	0.300						
No60	0.250						SUSCS : SW
No80	0.180	62.32	7.31	92.76	7.24	8 - 17%	ASSTHO : A-1-a (0)
No100	0.149						
No200	0.074	21.55	2.53	95.29	4.71	4 - 8%	OBSERVACIONES:
BASE		40.12	4.71	100.00	0.00		
TOTAL		852.33	100.00				
% PERDIDA		4.71					



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE : Bach. YANETH ROJAS GONZALO
UBICACIÓN : VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE
MUESTRA : CALICATA N° 02 - M-1 **CAPA** : BASE
LUGAR : PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO
PROFUNDIDAD : 0.40 m
FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	244.70
SUELO SECO + TARRO	gr	195.16
PESO DEL TARRO	gr	48.04
PESO DEL AGUA	gr	50.43
PESO DEL SUELO SECO	gr	147.12
HUMEDAD %	%	34.28

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°	C	D
SUELO HUMEDO + TARRO	gr 28.60	27.85
SUELO SECO + TARRO	gr 25.44	24.78
PESO DEL TARRO	gr 15.62	15.66
PESO DEL AGUA	gr 3.16	3.07
PESO DEL SUELO SECO	gr 9.83	9.12
HUMEDAD %	% 32.16	33.66
N° DE GOLPES	30	30

LÍMITE PLASTICO

3	4
21.10	20.15
18.45	17.66
6.27	6.22
2.65	2.49
12.18	11.44
21.76	21.77

LÍMITE LIQUIDO % : 33.65 **LÍMITE PLASTICO %** : 21.76
INDICE PLASTICO % : 11.89

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

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B.N° 006-00297558



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

TESIS: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA

YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAJOJE DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE: Bach. YANETH ROJAS GONZALO

UBICACIÓN: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAJOJE

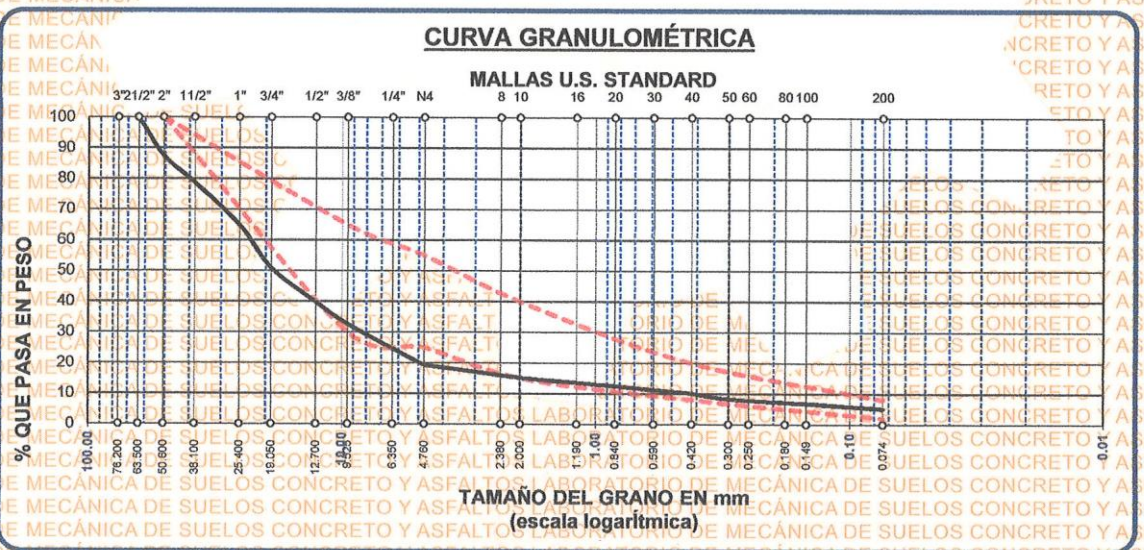
MUESTRA: CALICATA N° 02 - M-1 CAPA: BASE

LUGAR: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO

PROFUNDIDAD: 0.40 m.

FECHA: 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200					100%	P.L.= 6800.00
2 1/2"	63.500	450.16	6.62	6.62	93.38		P.L.= 6450.00
2"	50.600	400.15	5.88	12.50	87.50		P.P.= 350.00
1 1/2"	38.100	601.25	8.84	21.35	78.65		% W = 34.28
1"	25.400	941.10	13.84	35.19	64.81		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	949.35	13.96	49.15	50.85		L.L.= 33.65
1/2"	12.700	752.30	11.06	60.21	39.79		L.P.= 21.76
3/8"	9.525	485.26	7.14	67.35	32.65	30 - 65%	I.P.= 11.89
1/4"	6.350					25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	914.20	13.44	80.79	19.21		D10= 0.414 Cu= 56.1
No8	2.380					15 - 40%	D30= 8.585 Cc= 7.67
No10	2.000	278.60	4.10	84.89	15.11		
No16	1.190					8 - 20%	CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	180.33	2.65	87.54	12.46		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : GP
No40	0.420	161.20	2.37	89.91	10.09		ASSTHO : A-2-6 (0)
No50	0.300	122.33	1.80	91.71	8.29		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	98.30	1.45	93.15	6.85		
No200	0.074	115.47	1.70	94.85	5.15	2 - 8%	
BASE TOTAL		350.00	5.15	100.00	0.00		
% PERDIDA		6800.00	100.00				



UANCV FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558



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



TESIS: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE: Bach. YANETH ROJAS GONZALO
UBICACIÓN: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE
MUESTRA: CALICATA N° 03 - M-1 **CAPA:** BASE
LUGAR: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO
PROFUNDIDAD: 0.40 m
FECHA: 08 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	279.98
SUELO SECO + TARRO	gr	219.90
PESO DEL TARRO	gr	51.74
PESO DEL AGUA	gr	60.08
PESO DEL SUELO SECO	gr	168.16
HUMEDAD %	%	35.73

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°	E	F
SUELO HUMEDO + TARRO	28.14	29.15
SUELO SECO + TARRO	25.23	25.75
PESO DEL TARRO	15.71	15.91
PESO DEL AGUA	2.91	3.40
PESO DEL SUELO SECO	9.52	9.85
HUMEDAD %	30.57	34.54
N° DE GOLPES	31	31

LÍMITE PLASTICO

5	6
21.30	21.80
18.65	19.15
6.18	6.71
2.65	2.65
12.47	12.44
21.25	21.30

LÍMITE LIQUIDO % : 33.41 **LÍMITE PLASTICO % :** 21.28
INDICE PLASTICO % : 12.13

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



UANCV - VICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mg. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558



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



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

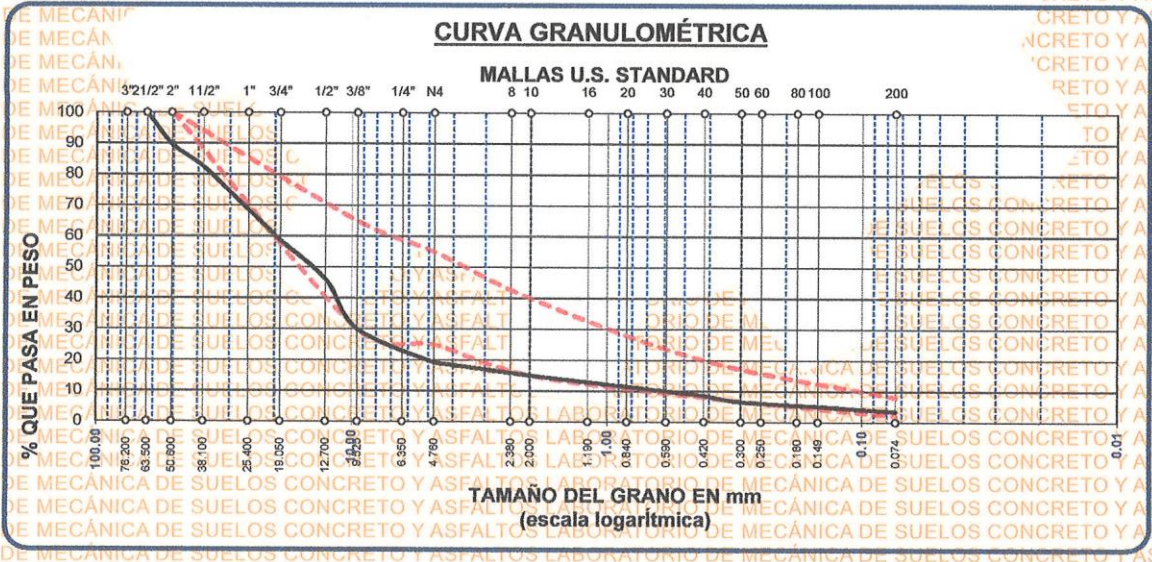
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (D422 - D2216 - D4318 - D427 - D2487)

TESIS : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE : Bach. YANETH ROJAS GONZALO
UBICACIÓN : VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE
MUESTRA : CALICATA N° 03 - M-1
LUGAR : PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO
PROFUNDIDAD : 0.40 m.
FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

CAPA : BASE

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES
3"	76.200					100%
2 1/2"	63.500	279.46	4.11	4.11	95.89	
2"	50.600	419.23	6.17	10.27	89.73	
1 1/2"	38.100	499.26	7.34	17.62	82.38	
1"	25.400	937.11	13.78	31.40	68.60	
3/4"	19.050	678.99	9.99	41.38	58.62	30 - 65%
1/2"	12.700	855.66	12.58	53.97	46.03	
3/8"	9.525	1089.55	16.02	69.99	30.01	
1/4"	6.350					25 - 55%
No4	4.760	739.56	10.88	80.87	19.14	
No8	2.380					15 - 40%
No10	2.000	283.60	4.17	85.04	14.96	
No16	1.190					8 - 20%
No20	0.840	238.10	3.50	88.54	11.46	
No30	0.590					
No40	0.420	198.06	2.91	91.45	8.55	
No 50	0.300	135.44	1.99	93.44	6.56	
No60	0.250					
No80	0.180					
No100	0.149	97.30	1.43	94.87	5.13	
No200	0.074	112.10	1.65	96.52	3.48	2 - 8%
BASE TOTAL		236.58	3.48	100.00	0.00	
TOTAL		6800.00	100.00			
% PERDIDA		3.48				

TAMAÑO MÁXIMO:
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
P.I.= 6800.00
P.L.= 6563.42
P.P.= 236.58
% W = 35.73
LIMITES DE CONSISTENCIA:
L.L.= 33.41
L.P.= 21.28
I.P.= 12.13
CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
D10= 0.629 Cu= 31.7
D30= 9.520 Cc= 7.23
D60= 19.93
CLASIFICACIÓN:
I.G. =
SUSCS : GP
ASSTHO : A-2-6 (0)
OBSERVACIONES:



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP / 103257

B. N° 006-00297558



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



TESIS : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
SOLICITANTE : YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
UBICACIÓN : Bach. YANETH ROJAS GONZALO
MUESTRA : VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE
LUGAR : CALICATA N° 04 - M-1 **CAPA** : BASE
PROFUNDIDAD : PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO
FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	264.22
SUELO SECO + TARRO	gr	210.22
PESO DEL TARRO	gr	53.72
PESO DEL AGUA	gr	54.00
PESO DEL SUELO SECO	gr	156.50
HUMEDAD %	%	34.50

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

LÍMITE LIQUIDO

TARRO N°		G	H
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	28.40	29.20
SUELO SECO + TARRO	gr	25.20	25.73
PESO DEL TARRO	gr	14.78	15.03
PESO DEL AGUA	gr	3.20	3.47
PESO DEL SUELO SECO	gr	10.42	10.70
HUMEDAD %	%	30.71	32.43
N° DE GOLPES		31	31

LÍMITE PLASTICO

7	8
21.77	21.45
19.11	18.88
6.12	6.22
2.66	2.57
12.99	12.66
20.48	20.30

LÍMITE LIQUIDO %	32.40	LÍMITE PLASTICO % :	20.39
INDICE PLASTICO % :			12.01

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

UANCV FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



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

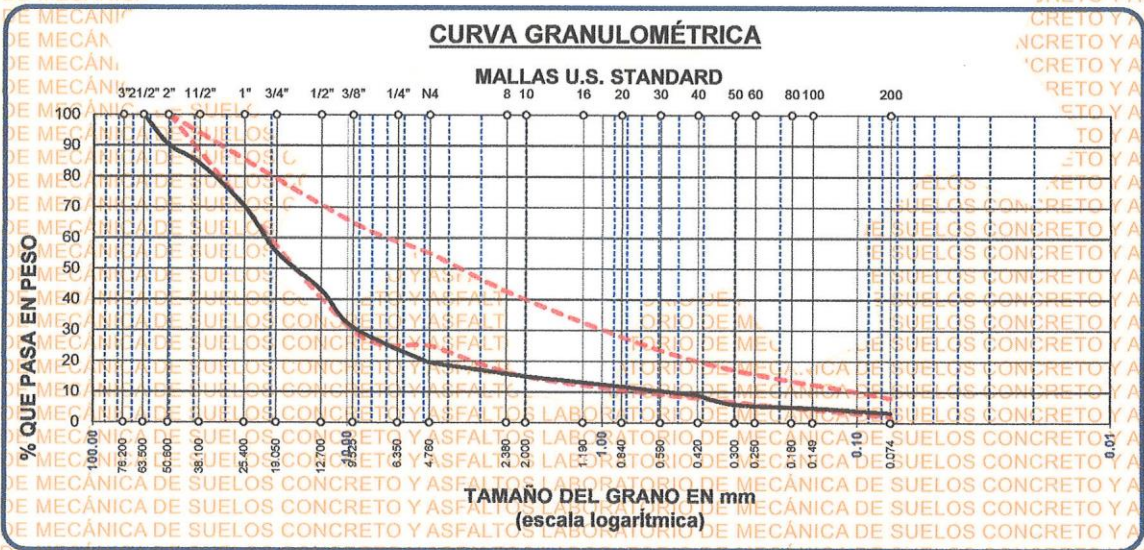


ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA
YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE : Bach. YANETH ROJAS GONZALO
UBICACIÓN : VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE
MUESTRA : CALICATA N° 04 - M-1
LUGAR : PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO
PROFUNDIDAD : 0.40 m.
FECHA : 08 DE ABRIL DEL 2024

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	TAMAÑO MÁXIMO: DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76.200						P.I.= 6800.00
2 1/2"	63.500	245.18	3.61	3.61	96.39	100%	P.L.= 6582.97
2"	50.600	415.71	6.11	9.72	90.28		P.P.= 217.03
1 1/2"	38.100	418.96	6.16	15.88	84.12		% w = 34.50
1"	25.400	945.26	13.90	29.78	70.22		LIMITES DE CONSISTENCIA:
3/4"	19.050	1005.56	14.79	44.57	55.43		L.L.= 32.40
1/2"	12.700	845.26	12.43	57.00	43.00	30 - 65%	L.P.= 20.39
3/8"	9.525	816.15	12.00	69.00	31.00		I.P.= 12.01
1/4"	6.350					25 - 55%	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No4	4.760	784.50	11.54	80.54	19.46		D10= 0.575 Cu= 36.5
No8	2.380					15 - 40%	D30= 9.112 Cc= 6.87
No10	2.000	302.55	4.45	84.99	15.01		
No16	1.190					8 - 20%	CLASIFICACIÓN:
No20	0.840	217.84	3.20	88.19	11.81		I.G. =
No30	0.590						SUSCS : GP
No40	0.420	195.20	2.87	91.06	8.94		ASSTHO : A-2-6 (0)
No 50	0.300	201.30	2.96	94.02	5.98		OBSERVACIONES:
No60	0.250						
No80	0.180						
No100	0.149	77.14	1.13	95.16	4.84		
No200	0.074	112.36	1.65	96.81	3.19	2 - 8%	
BASE		217.03	3.09	99.90	0.10		
TOTAL		6800.00	100.00				
% PERDIDA		3.19					

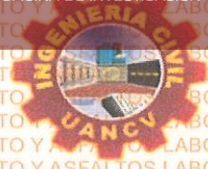


UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



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

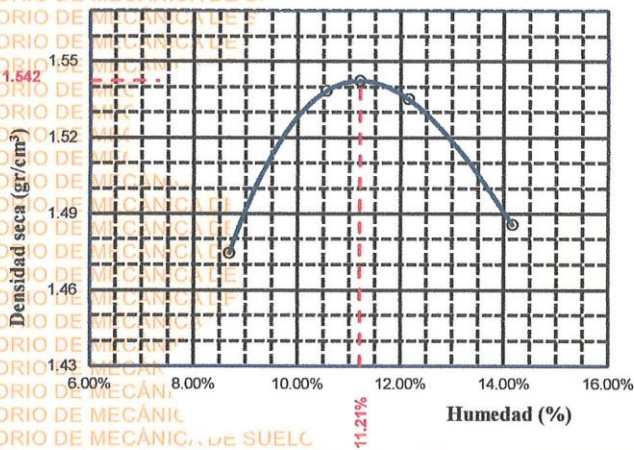


CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO)

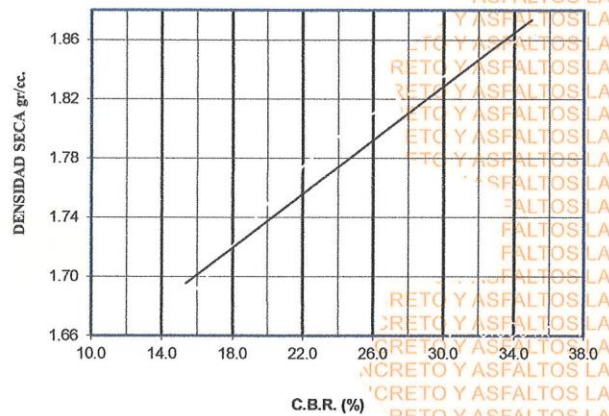
NORMA ASTM D-1883; MTC E 132

TESIS	: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: Bach. YANETH ROJAS GONZALO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.542
MUESTRA	: CALICATA N° 01 - M-1	HUMEDAD OPTIMA (%)	11.21%
UBICACIÓN	: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	34.99
LUGAR	: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	23.61
FECHA	: 12 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN	CAPA : BASE
		AASHTO	: : A-2-6 (0)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS

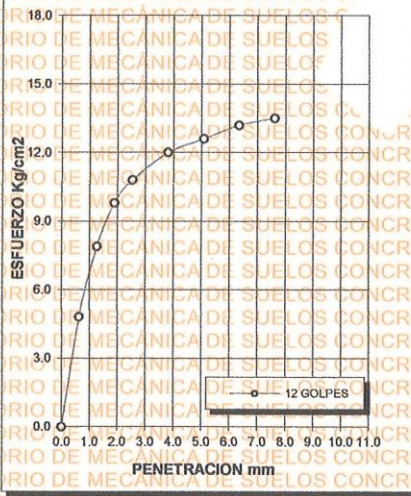
RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



RELACIÓN CBR - DENSIDAD SECA

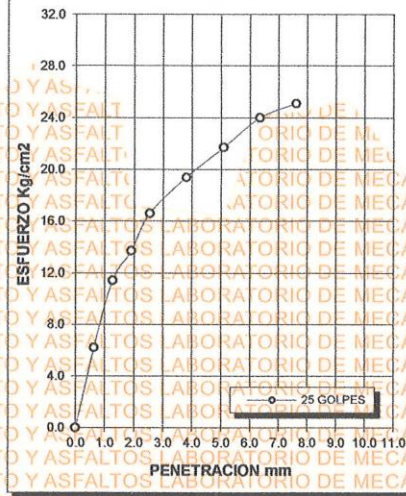


12 GOLPES



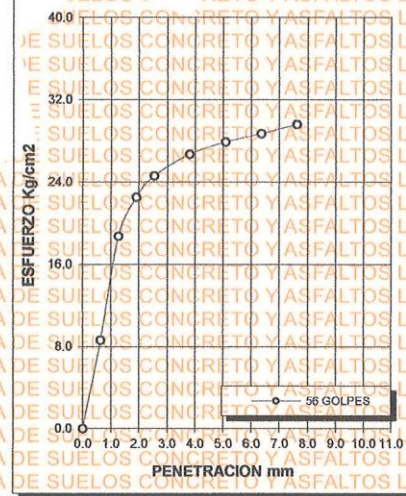
CBR 15

25 GOLPES



CBR 24

56 GOLPES



CBR 35



YANGUAYO, 12 DE ABRIL DEL 2024
 UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 MSc. ARNALDO YANETH ROJAS GONZALO
 CIP/103257

B. N° 006-00297558



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

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE: Bach. YANETH ROJAS GONZALO
MUESTRA: CALICATA N° 01 - M-1
UBICACIÓN: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE
LUGAR: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO
FECHA: 12 DE ABRIL DEL 2024
PROFUNDIDAD: 0.40 m
CAPA: BASE

MOLDE No	LTOS III	MECÁNICA II	CONCRETO I	ASFALTOS I
No DE CAPAS	5	5	5	5
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	12	25	56	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	11068	10551	11205	10890	11315	11225
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	4273	3756	4461	4146	4530	4440
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	2.030	1.784	2.122	1.972	2.161	2.118

Capsula No	No	4									
Suelo Humedo + Capsula	gr.	202.28	254.47	317.00	267.30	272.59	315.00	247.17	276.50	337.00	
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	174.20	217.60	290.80	231.51	236.20	286.14	218.52	243.96	304.89	
Peso del Agua	gr.	28.08	36.87	26.20	35.79	36.39	28.86	28.65	32.54	32.11	
Peso de la Capsula	gr.	37.53	38.88	39.00	39.06	38.16	37.00	37.99	38.69	39.24	
Peso del Suelo Seco	gr.	136.67	178.72	251.80	192.45	198.04	249.14	180.53	205.27	265.65	
% de Humedad	%	20.55%	20.63%	10.41%	18.60%	18.38%	11.58%	15.87%	15.85%	12.09%	
Promedio de Humedad	%	20.59%	10.41%	18.49%	11.58%	15.86%	12.09%				
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.684	1.616	1.791	1.768	1.865	1.889				

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
08/04/2024	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
09/04/2024	10:00: a.m.	24:00:00	0.62	0.02	0.01	0.56	0.01	0.01	0.54	0.01	0.01
10/04/2024	10:00: a.m.	48:00:00	0.69	0.02	0.01	0.59	0.01	0.01	0.58	0.01	0.01
11/04/2024	10:00: a.m.	72:00:00	0.83	0.02	0.02	0.62	0.02	0.01	0.60	0.02	0.01
12/04/2024	10:00: a.m.	96:00:00	0.92	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.61	0.02	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I				
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		2.20	34.5	4.8		5.20	47	6.2	7.30	56	8.6			
1.27	01:00		6.10	51.0	7.9		9.60	66	11.4	13.50	82	18.7			
1.91	01:30		9.70	66.3	9.8		13.60	83	13.7	18.10	102	22.5			
2.54	02:00	70.31	11.10	72.2	10.8		18.30	103	16.6	23.20	124	24.6			
3.81	03:00		15.60	91.3	12.0		24.00	127	19.4	30.40	154	26.7			
5.09	04:00	105.00	18.60	104.1	12.6		28.60	147	21.7	38.80	190	27.9			
6.35	05:00		20.90	113.8	13.2		32.80	164	24.0	43.60	210	28.7			
7.62	06:00		23.80	126.1	13.5		36.40	180	25.1	48.40	231	29.6			
8.84	07:00														
10.16	08:00														



UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANATORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

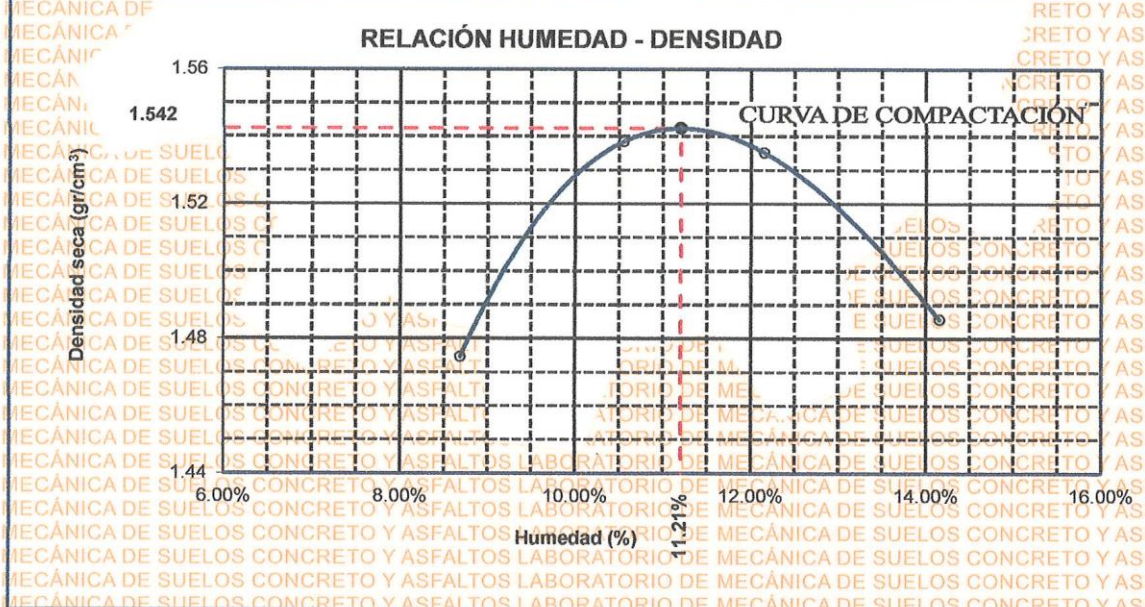
TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO TINIACACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	Bach. YANETH ROJAS GONZALO		
MUESTRA	CALICATA N° 01 - M-1		
UBICACIÓN	VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINIACACHI SECTOR TAPOJE	PROFUNDIDAD	0.40 m
LUGAR	PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CAPA	BASE
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2109 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9380	9587	9631	9577
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3380	3587	3631	3577
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.603	1.701	1.722	1.696

Capsula No	No	SUELO HÚMEDO + CAPSULA		SUELO SECO + CAPSULA		AGUA		CAPSULA	
		SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	342.56	364.56	344.02	377.59	374.34	350.01	520.39	474.38
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	319.48	337.25	315.67	344.37	338.48	315.93	460.55	420.24
Peso del Agua	gr.	23.08	27.31	28.35	33.22	35.86	34.08	59.84	54.14
Peso de la Capsula	gr.	39.25	38.38	38.71	38.90	39.10	39.34	38.66	37.27
Peso del Suelo Seco	gr.	280.23	298.87	276.96	305.47	299.38	276.59	421.89	382.97
% de Humedad	%	8.24%	9.14%	10.24%	10.88%	11.98%	12.32%	14.18%	14.14%
Promedio de Humedad	%	8.69%		10.56%		12.15%		14.16%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.475		1.538		1.535		1.486	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	1.542 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	11.21%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

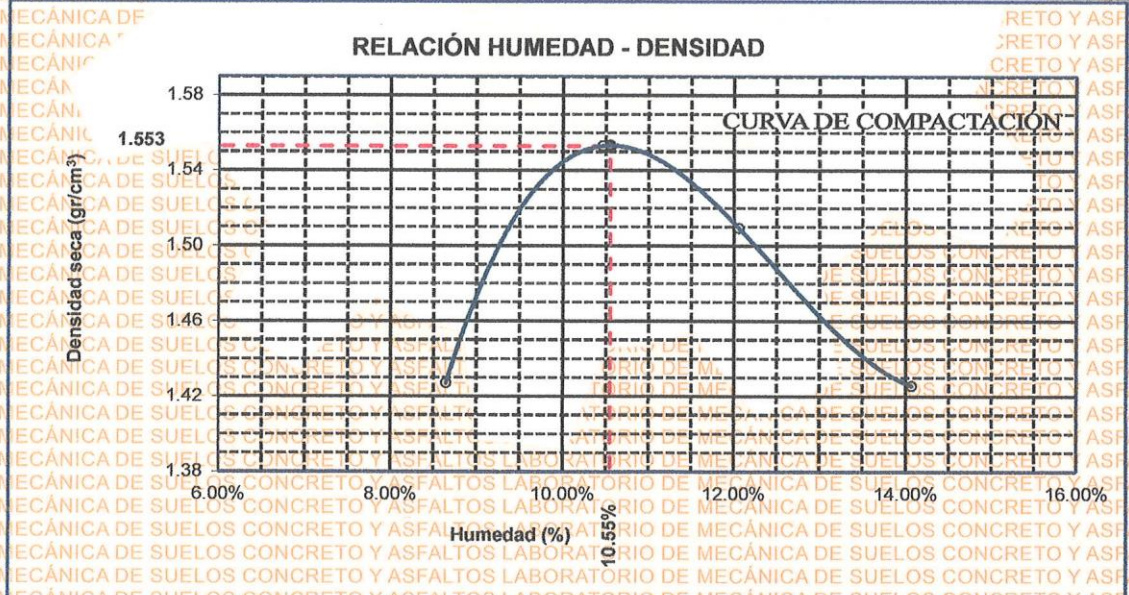
TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	Bach. YANETH ROJAS GONZALO		
MUESTRA	CALICATA N° 02 - M-1		
UBICACIÓN	VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE	PROFUNDIDAD	: 0.40 m
LUGAR	PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CAPA	: BASE
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024		

MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2109 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9270	9618	9567	9430
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3270	3618	3567	3430
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.550	1.716	1.691	1.626

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	345.67	367.67	347.13	380.70	377.35	353.12	523.50	477.49
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	322.48	340.19	318.72	347.41	341.53	318.81	463.57	423.30
Peso del Agua	gr.	23.19	27.48	28.41	33.29	35.82	34.31	59.93	54.19
Peso de la Capsula	gr.	39.25	38.38	38.71	38.90	39.10	39.34	38.66	37.27
Peso del Suelo Seco	gr.	283.23	301.81	280.01	308.51	302.43	279.47	424.91	386.03
% de Humedad	%	8.19%	9.11%	10.15%	10.79%	11.84%	12.28%	14.10%	14.04%
Promedio de Humedad	%	8.65%		10.47%		12.06%		14.07%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.427		1.553		1.509		1.426	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.553 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.55%



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 Mgr. ARVALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE : Bach. YANETH ROJAS GONZALO
MUESTRA : CALICATA N° 02 - M-1
UBICACIÓN : VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE **PROGRESIVA km** : 0+880
LUGAR : PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO **CAPA** : DE BASE
FECHA : 12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III		II		I	
	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
No DE CAPAS	5		5		5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr. 10849	10391	10937	10672	11120	10972
Peso del Molde	gr. 6691	6691	6740	6740	6750	6750
Peso del Suelo Humedo	gr. 4158	3700	4197	3932	4370	4222
Volumen del Suelo	cc. 2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc. 1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

Capsula No	No	4								
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	290.33	261.17	324.01	282.29	268.33	276.03	266.39	280.49	306.11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22
Peso del Agua	gr.	24.46	18.31	13.08	18.26	14.75	11.11	14.94	14.84	11.89
Peso de la Capsula	gr.	38.75	39.17	39.02	39.96	39.40	38.01	38.50	38.69	38.02
Peso del Suelo Seco	gr.	227.12	203.69	271.91	224.07	214.18	226.91	212.95	226.96	256.20
% de Humedad	%	10.77%	8.99%	4.81%	8.15%	6.89%	4.90%	7.02%	6.54%	4.64%
Promedio de Humedad	%	9.88%	4.81%	7.52%	4.90%	6.78%	4.64%			
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.801	1.680	1.847	1.773	1.933	1.906			

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/11/2023	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
16/11/2023	10 00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
17/11/2023	10 00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
18/11/2023	10 00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
19/11/2023	10:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1		66.00	301	15.0	
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5		123.10	548	27.7	
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1		183.40	804	40.6	
2.54	02:00	70.31	56.30	264.1	13.3		149.00	658	33.2		224.20	977	49.4	
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	38.4		263.20	1142	57.7	
5.09	04:00	105.00	85.30	387.2	19.6		189.00	827	41.8		302.30	1308	66.1	
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4		341.50	1475	74.5	
7.62	06:00		102.60	460.6	23.3		215.30	939	47.5		362.20	1562	79.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

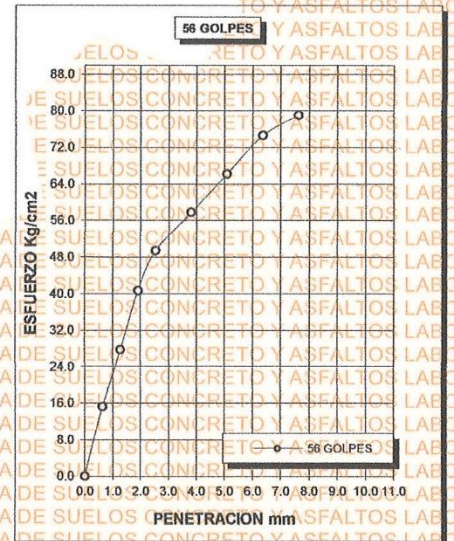
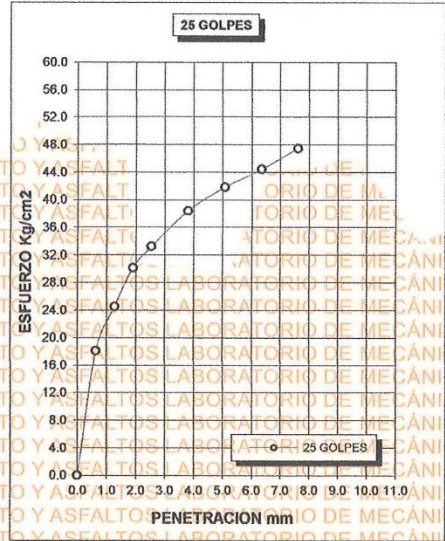
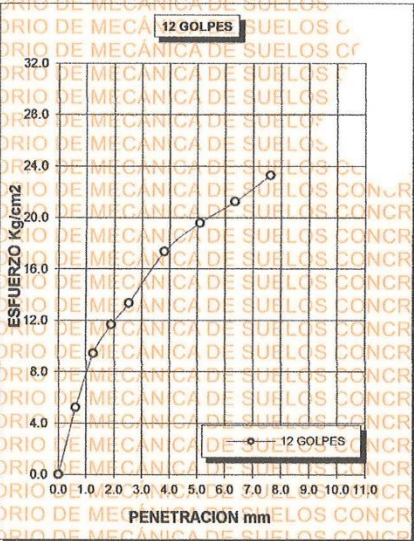
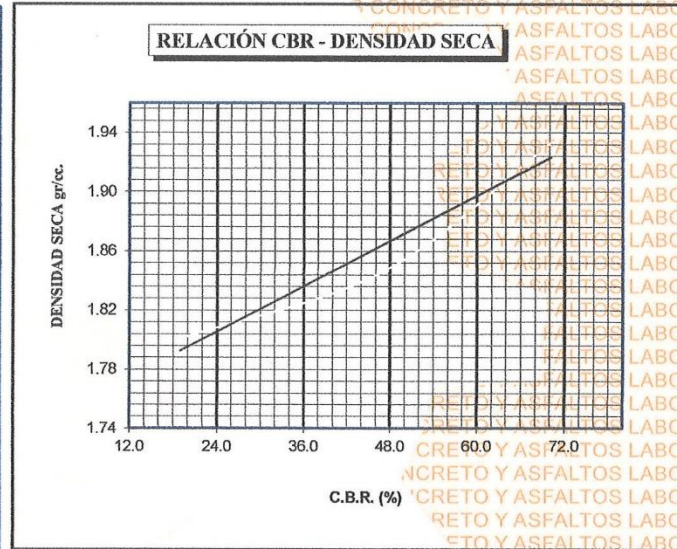
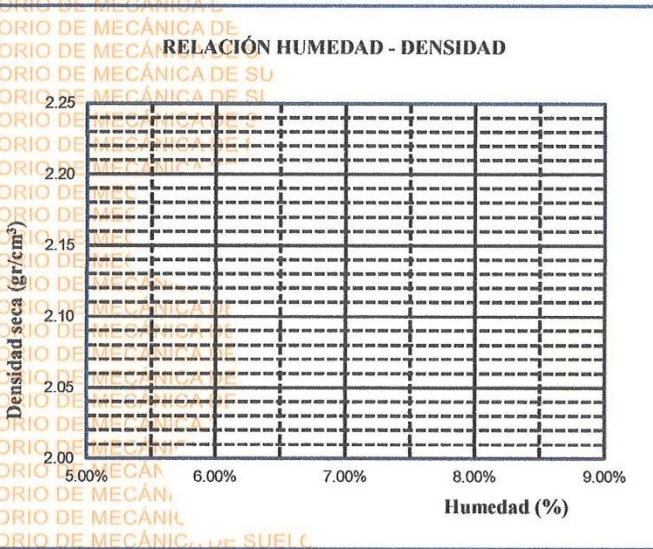
UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558



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

TESIS	: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91
SOLICITANTE	: Bach. YANETH ROJAS GONZALO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.) 1.553
MUESTRA	: CALICATA N° 02 - M-1	HUMEDAD OPTIMA (%) 10.55%
UBICACIÓN	: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%) 70.22
LUGAR	: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%) 47.27
FECHA	: 12 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN : ANICA
		AASHTO : A-1-a(0)
		EMBEBIDO : 4 DIAS



CBR 19

CBR 47

CBR 70



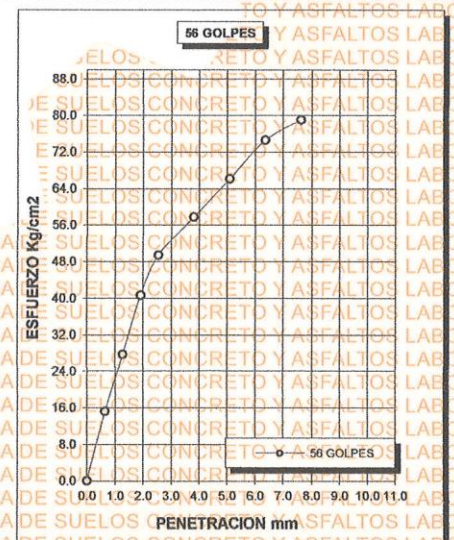
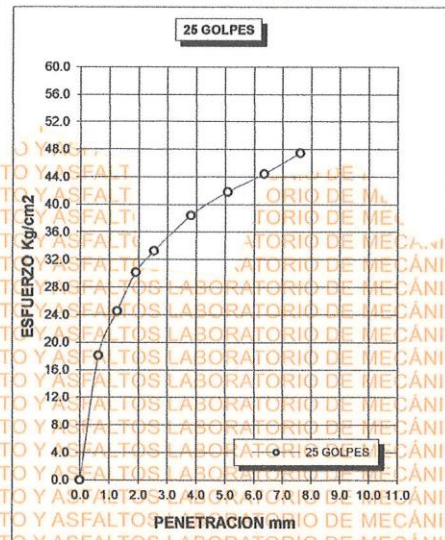
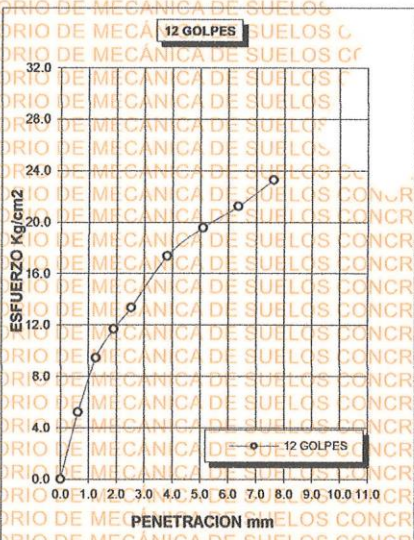
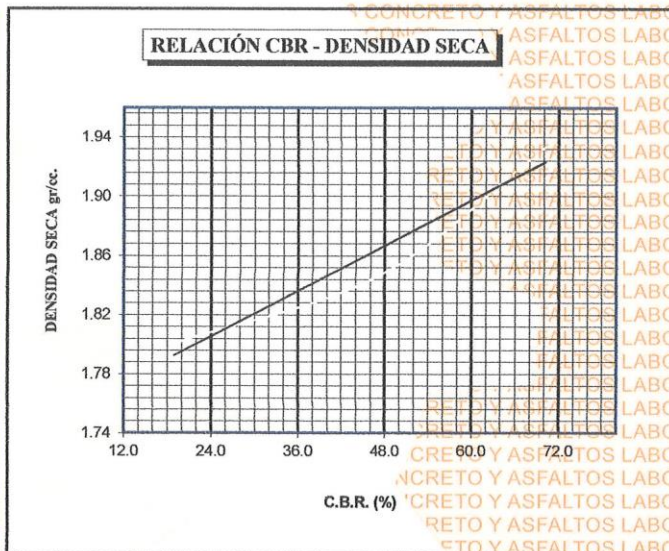
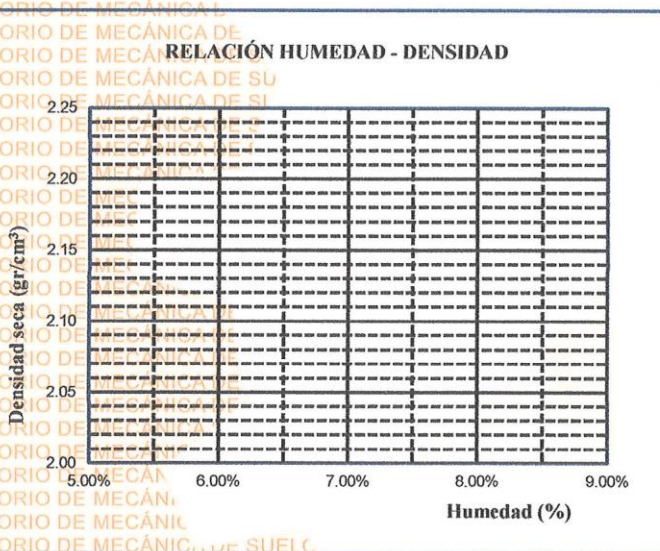
UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 M^o ARNALDO YANATORRES
 CIP 168257

B. N° 006-00297558



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

TESIS	: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: C. Bach. YANETH ROJAS GONZALO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.537
MUESTRA	: CALICATA N° 03 - M-1	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.70%
UBICACIÓN	: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE SUELOS CONCRET	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	70.22
LUGAR	: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	47.27
FECHA	: 12 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



CBR 19

CBR 47

CBR 70

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANATORRES

B. N° 006-00297558



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE: Bach. YANETH ROJAS GONZALO
MUESTRA: CALICATA N° 03 - M-1
UBICACIÓN: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE PROGRESIVA km : 0+880
LUGAR: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO CAPA DE BASE
FECHA: 12 DE ABRIL DEL 2024

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

CONDICIONES DE LA MUESTRA		SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
Peso del Molde	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
Peso del Suelo Humedo	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
Volumen del Suelo	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

Capsula No	No	4										
Suelo Humedo + Capsula	gr.	290.33	261.17	324.01		282.29	268.33	276.03		266.39	280.49	306.11
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	265.87	242.86	310.93		264.03	253.58	264.92		251.45	265.65	294.22
Peso del Agua	gr.	24.46	18.31	13.08		18.26	14.75	11.11		14.94	14.84	11.89
Peso de la Capsula	gr.	38.75	39.17	39.02		39.96	39.40	38.01		38.50	38.69	38.02
Peso del Suelo Seco	gr.	227.12	203.69	271.91		224.07	214.18	226.91		212.95	226.96	256.20
% de Humedad	%	10.77%	8.99%	4.81%		8.15%	6.89%	4.90%		7.02%	6.54%	4.64%
Promedio de Humedad	%	9.88%		4.81%		7.52%		4.90%		6.78%		4.64%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.801		1.680		1.847		1.773		1.933		1.906

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/11/2023	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
16/11/2023	10 00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
17/11/2023	10 00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
18/11/2023	10 00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
19/11/2023	10:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1	65.00	301	15.2		
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5	123.10	548	27.7		
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1	183.40	804	40.6		
2.54	02:00	70.31	56.30	264.1	13.3		149.00	658	33.2	224.20	977	49.4		
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	38.4	263.20	1142	57.7		
5.09	04:00	105.00	85.30	387.2	19.6		189.00	827	41.8	302.30	1308	66.1		
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4	341.50	1475	74.5		
7.62	06:00		102.60	480.6	23.3		215.30	939	47.5	362.20	1562	79.0		
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANATORRES
M.S.C. JEFATURA
CIP 103257

B. N° 006-00297558



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	Bach. YANETH ROJAS GONZALO		
MUESTRA	CALICATA N° 03 - M-1		
UBICACIÓN	VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE	PROFUNDIDAD	0.40 m
LUGAR	PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CAPA	BASE
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024		

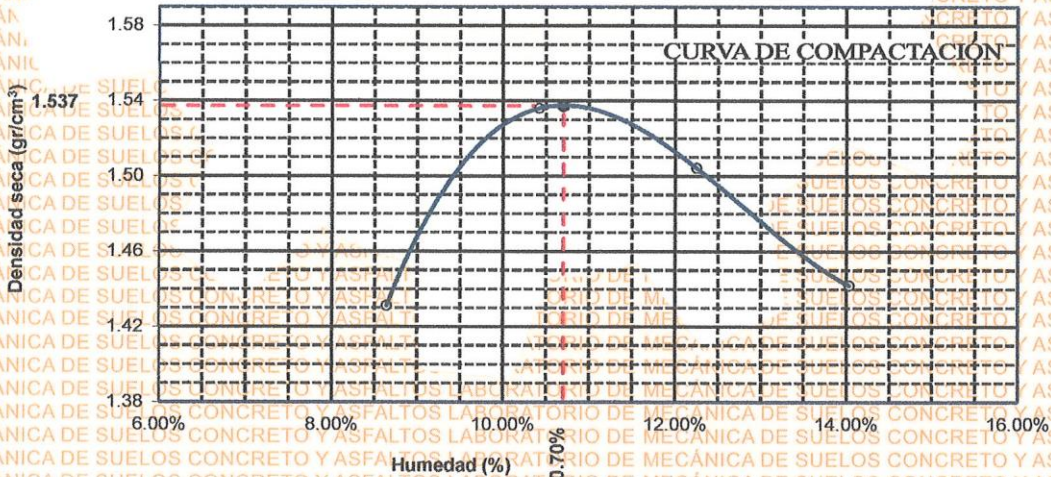
MOLDE No.	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2109 cm ³
No DE CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9279	9577	9561	9468
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3279	3577	3561	3468
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.555	1.696	1.688	1.644

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Húmedo + Capsula	gr.	350.61	372.72	352.23	385.65	384.76	358.20	528.83	482.92
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	326.60	345.23	323.44	352.03	346.64	323.78	468.49	428.07
Peso del Agua	gr.	23.91	27.49	28.79	33.62	38.12	34.42	60.34	54.85
Peso de la Capsula	gr.	39.25	38.38	38.71	38.90	39.10	39.34	38.66	37.27
Peso del Suelo Seco	gr.	287.35	306.85	284.73	313.13	307.54	284.44	429.83	390.80
% de Humedad	%	8.32%	8.96%	10.11%	10.74%	12.40%	12.10%	14.04%	14.04%
Promedio de Humedad	%	8.64%		10.42%		12.25%		14.04%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.431		1.536		1.504		1.442	

MÉTODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.537 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.70%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

TESIS	ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	Bach. YANETH ROJAS GONZALO		
MUESTRA	CALICATA N° 04 - M-1		
UBICACIÓN	VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE	PROFUNDIDAD	: 0.40 m
LUGAR	PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CAPA	: BASE
FECHA	12 DE ABRIL DEL 2024		

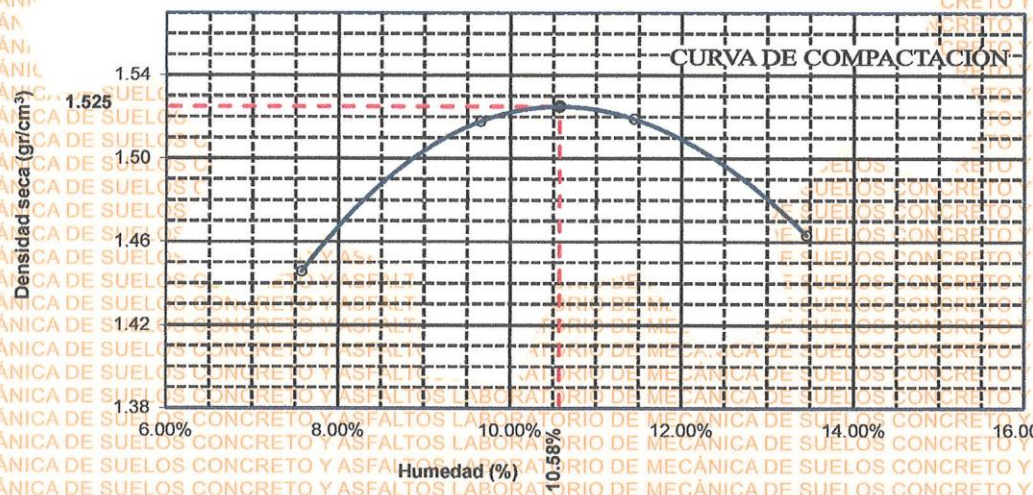
MOLDE No	1	VOLUMEN DEL MOLDE	2109 cm ³
No de CAPAS	5	GOLPES POR CAPA	56 golpes

Peso Suelo Húmedo + Molde	gr.	9280	9510	9570	9501
Peso del Molde	gr.	6000	6000	6000	6000
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3280	3510	3570	3501
Densidad del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	1.555	1.664	1.693	1.660

Capsula No	No	SUP.		INF.		SUP.		INF.	
		gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Suelo Húmedo + Capsula		340.78	359.81	342.15	374.15	372.15	348.15	518.41	470.81
Peso del Suelo Seco + Capsula		319.48	337.25	315.67	344.37	338.48	315.93	460.55	420.24
Peso del Agua		21.30	22.56	26.48	29.78	33.67	32.22	57.86	50.57
Peso de la Capsula		39.25	38.38	38.71	38.90	39.10	39.34	38.66	37.27
Peso del Suelo Seco		280.23	298.87	276.96	305.47	299.38	276.59	421.89	382.97
% de Humedad	%	7.60%	7.55%	9.56%	9.75%	11.25%	11.65%	13.71%	13.20%
Promedio de Humedad	%	7.57%		9.65%		11.45%		13.46%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.446		1.518		1.519		1.463	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.525 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 10.58%

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES: LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS POR EL SOLICITANTE EN EL LABORATORIO

UANCV - FICP
 CAP INGENIERIA CIVIL
 M^{te}. ARNALDO YANA TORRES
 CIP 103257

B. N° 006-00297558



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO
SOLICITANTE: Bach. YANETH ROJAS GONZALO
MUESTRA: CALICATA N° 04 - M-1
UBICACIÓN: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE PROGRESIVA km : 0+880
LUGAR: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO **CAPA:** BASE
FECHA: 12 DE ABRIL DEL 2024

MOLDE No	III		II		I		
No DE CAPAS	5		5		5		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	12		25		56		
CONDICIONES DE LA MUESTRA	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	
Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	10849	10391	10937	10672	11120	10972
Peso del Molde	gr.	6691	6691	6740	6740	6750	6750
Peso del Suelo Humedo	gr.	4158	3700	4197	3932	4370	4222
Volumen del Suelo	cc.	2101.36	2101.36	2113.98	2113.98	2116.87	2116.87
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.979	1.761	1.985	1.860	2.064	1.994

Capsula No	No	4																	
Suelo Humedo + Capsula	gr.	290.33	261.17	324.01	282.29	268.33	276.03	266.39	280.49	306.11									
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	265.87	242.86	310.93	264.03	253.58	264.92	251.45	265.65	294.22									
Peso del Agua	gr.	24.46	18.31	13.08	18.26	14.75	11.11	14.94	14.84	11.89									
Peso de la Capsula	gr.	38.75	39.17	39.02	39.96	39.40	38.01	38.50	38.69	38.02									
Peso del Suelo Seco	gr.	227.12	203.69	271.91	224.07	214.18	226.91	212.95	226.96	256.20									
% de Humedad	%	10.77%	8.99%	4.81%	8.15%	6.89%	4.90%	7.02%	6.54%	4.64%									
Promedio de Humedad	%	9.88%			4.81%			7.52%			4.90%			6.78%			4.64%		
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.801			1.680			1.847			1.773			1.933			1.906		

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
15/11/2023	10:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
16/11/2023	10 00: a.m.	24:00:00	0.53	0.01	0.01	0.48	0.01	0.01	0.30	0.01	0.01
17/11/2023	10 00: a.m.	48:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.33	0.01	0.01
18/11/2023	10 00: a.m.	72:00:00	0.59	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01	0.35	0.01	0.01
19/11/2023	10:00: a.m.	96:00:00	0.60	0.02	0.01	0.53	0.01	0.01	0.34	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración mm	Tiempo	Carga Est.	MOLDE No III				MOLDE No II				MOLDE No I			
			Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.	Dial	Kg	Kg/cm2	Correc.
0.00	0:00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	00:30		18.40	103.2	5.2		78.60	359	18.1		65.00	301	15.2	
1.27	01:00		38.10	186.8	9.4		108.30	485	24.5		123.10	548	27.7	
1.91	01:30		48.50	231.0	11.7		134.60	596	30.1		163.40	804	40.6	
2.54	02:00	70.31	58.30	264.1	13.3		149.00	658	33.2		224.20	977	49.4	
3.81	03:00		74.90	343.0	17.3		173.20	760	38.4		263.20	1142	57.7	
5.09	04:00	105.00	85.30	387.2	19.6		189.00	827	41.8		302.30	1308	66.1	
6.35	05:00		93.00	419.9	21.2		201.20	879	44.4		341.50	1475	74.5	
7.62	06:00		102.80	460.6	23.3		215.30	939	47.5		362.20	1562	79.0	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES
CIP 103257

B. N° 006-00297558

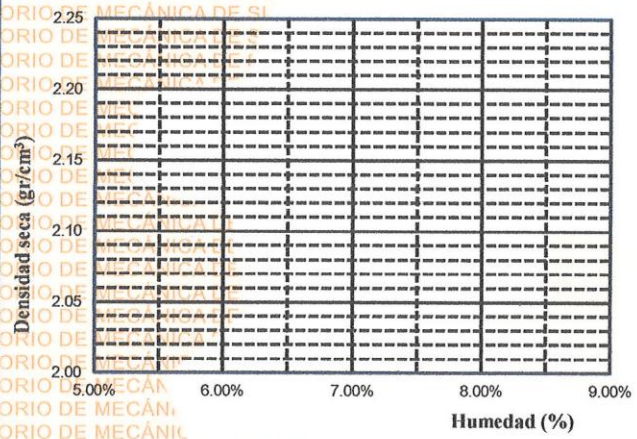


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

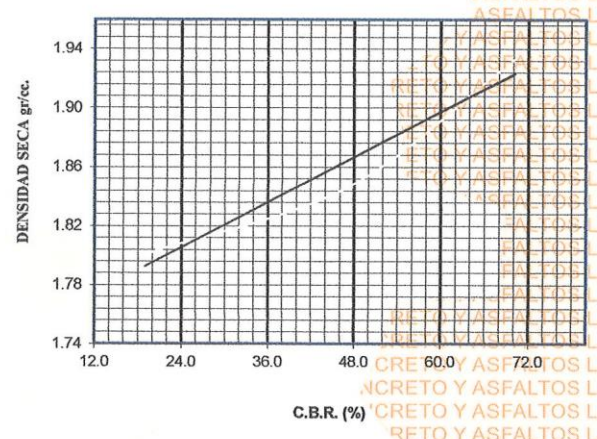


TESIS	: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: C: Bach. YANETH ROJAS GONZALO	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.525
MUESTRA	: CALICATA N° 04 - M-1	HUMEDAD OPTIMA (%)	10.58%
UBICACIÓN	: VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI SECTOR TAPOJE	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	70.22
LUGAR	: PROVINCIA DE YUNGUYO - REGIÓN PUNO	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	47.27
FECHA	: 12 DE ABRIL DEL 2024	CLASIFICACIÓN	
		AASHTO	: : A-1-a (0)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS

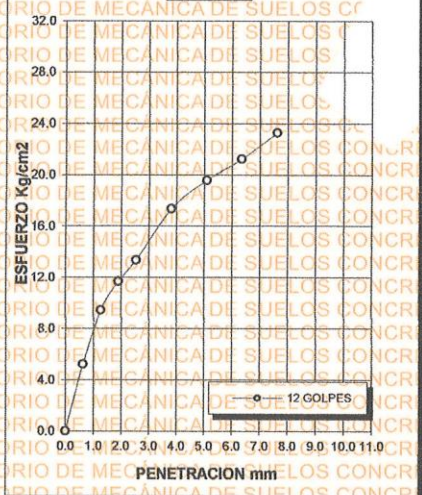
RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



RELACIÓN CBR - DENSIDAD SECA

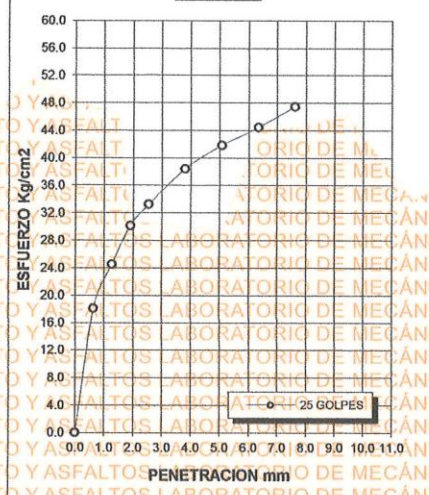


12 GOLPES



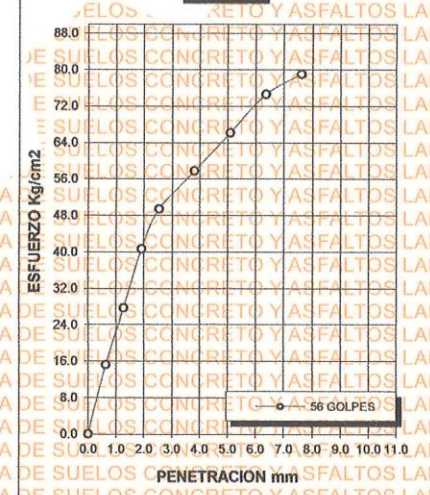
CBR 19

25 GOLPES



CBR 47

56 GOLPES



CBR 70

UANCV - FICP
C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

B. N° 006-00297558



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital [X]

Fecha de entrega: 03/10/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: YANETH ROJAS GONZALO

Dirección: Jr. Arasaya s/n - Yunguyo - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77702544

Teléfono: 910368428 email: dylanenriquerojas@gmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

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

Título: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA ESTRUCTURA DE LA VÍA ASFALTADA YUNGUYO - TINICACHI, SECTOR TAPOJE DE LA REGIÓN PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Agua subterránea, base, fallas superficiales

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

1, 2

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 Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



03 DE OCTUBRE DEL 2024

Firma de Autor

huella digital

Fecha