



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



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA
HUATA – COATA – CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

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

**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE
CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA
HUATA – COATA – CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

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. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

ASESOR DE TESIS

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1768-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 13 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 18529 presentado por el (la) Bachiller: **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE** 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. **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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 mérito 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. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

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: **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Jueves 19 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 11:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 406 - FICP

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interrogado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1348-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 22 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 14842 por el señor (a): **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1216- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 220- 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 señor (a): **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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 **Dr. Arnaldo Yana Torres** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 220- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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 merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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) la), **Mgr. 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.



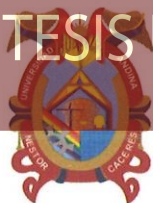
UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

cc.
Archivo
interesado (a)



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

RESOLUCIÓN DECANAL N° 527-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 01 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 6910, presentado el o (la) Bachiller **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 488 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 169 -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: **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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° 169 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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: **SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA 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 Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)

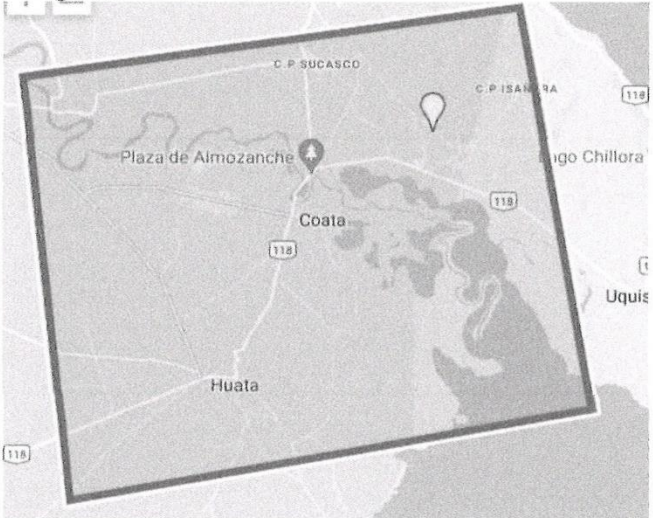


Metadatos Complementarios



Título de la tesis	
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74497269
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0006-5449-3420
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	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



Datos de investigación	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	<p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Puno Distrito: Capachica Localidad: Huata - Coata Latitud: S 15° 38' 26" Longitud: O 69° 49' 28"</p>  <p>https://www.google.com/maps/d/edit?mid=115ktuO6TSL4WvTDcvaDPhUZavMS9PRE&usp=sharing</p>
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 - diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html	Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01 Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNO

DIRECTOR

Dr. Efraim Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA – COATA – CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	7%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
4	dokumen.tips Fuente de Internet	1%
5	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.tesis.uchile.cl Fuente de Internet	<1%
7	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1%



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo Stami Dalmira Arias Coarite, identificado con DNI Nro. 77497269, en mi condición de egresado de:

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

Ingeniería Civil.

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

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFÁLTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO.

Asesorado por: Metr. 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 marzo del 20 25

Firma del Asesor

Firma del Estudiante



Huella



DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza y serenarme frente a la lucha constante de toda mi vida profesional.

A mi familia por ser soporte emocional, y pilar fundamental en la constancia de mi vida profesional, por acompañarme en los buenos y malos momentos, por motivarme en este proyecto a través de sus sinceros deseos de mi desarrollo personal, razón para levantarme cada mañana y esforzarme por el presente y el futuro.

A mis maestros por la paciencia y facilitarme conocimientos y contribuir al alcance de otro escalón en mi formación académica, tanto moralmente como de forma integral. Aquellos que marcaron cada etapa de nuestro camino universitario y que me ayudaron en asesoría y dudas presentada en la elaboración de mi tesis.



AGRADECIMIENTO

El principal agradecimiento a Dios, quien me guio y me ha dado la fortaleza para seguir adelante.

A mis padres Ángel Mario Arias Casilla y Ricardina Ccoarite Ancco, por ser un pilar fundamental en este proceso de mi vida profesional.

A mis hermanos, Yesica, Alura, Yudy, Herick, Yorbi, Eber, Deysi y Mojhameth. Por ser una inspiración en cada paso de mi vida. Por sus críticas constructivas, sus consejos y aliento de superación.

Finalmente agradezco infinitamente a mi pareja Gian que a lo largo de mi vida profesional me sostuvo, motivándome, alentándome, apoyando como solo el lograba hacerlo. Inspirándome a ser mejor persona. Y que cuando uno se propone lo consigue con constancia y mucha dedicación.



ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiv

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 El problema.....	1
1.1.1 Exposición de la situación problemática.....	1
1.2 Formulación del planteamiento del problema.....	3
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos.....	3
1.3 Justificación de la investigación.....	3
1.3.1 Justificación técnica.....	3
1.3.2 Justificación ambiental.....	4
1.3.3 Justificación social.....	4
1.4 Objetivos.....	5



1.4.1	Objetivo general	5
1.4.2	Objetivos específicos.....	5
1.5	Hipótesis.....	5
1.5.1	Hipótesis general	5
1.5.2	Hipótesis específicas	6
1.6	Variables e indicadores	6

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1	Antecedentes de la investigación	8
2.2	Bases teóricas	13
2.2.1	Tratamientos superficiales para pavimentos	13
2.2.2	Tareas constructivas del tratamiento superficial	15
2.2.3	Empleo a tratamientos superficiales.....	17
2.2.4	Desgastes en pavimentos flexibles	19
2.2.5	Fallas en pavimentos flexibles	20
2.2.6	Actividades de mantenimiento	39
2.2.7	Estado funcional en pavimentos flexibles	39
2.2.8	Índice de regularidad superficial (IRI)	39
2.2.9	Índice de serviciabilidad presente	41
2.2.10	Resistencia al deslizamiento (fricción)	41
2.2.11	Textura superficial	42



2.2.12 Factores funcionales complementarios 42

2.2.13 Estado estructural en pavimentos flexibles 43

2.2.14 Deflexiones superficiales 43

2.2.15 Retroanálisis aashto 44

2.3 Marco conceptual 46

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Características de la investigación 50

3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación 51

3.3. Población y muestra 52

3.4. Plan de tratamiento de datos 53

3.5. Sistematización, análisis e interpretación de datos 53

3.6. Información de la carretera a evaluar 54

3.7. Análisis de la superficie del pavimento 59

3.8. Análisis estructural del pavimento 73

3.9 Evaluación de tráfico 114

3.10 Complemento de la evaluación estructural 127

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Generalidades 135

4.2 Análisis de espesor de capas 136



4.3	Altura de nivel freático.....	138
4.4	Análisis de los límites de consistencia	138
4.5	Evaluación granulométrica.....	142
4.6	Evaluación de clasificación de suelos	146
4.7	Análisis de CBR.....	148
4.8	Análisis de compactación.....	153
4.9	Evaluación del estudio de tráfico	155
	CONCLUSIONES.....	158
	RECOMENDACIONES	160
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	161
	ANEXOS.....	164



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de la determinación del PCI	72
Tabla 2 Elección del número de calicatas	76
Tabla 3 Resumen de ensayos en laboratorio humedad natural.....	84
Tabla 4 Resumen de ensayos de la evaluación granulométrica por tamizado.....	88
Tabla 5 Resumen de ensayos en laboratorio LL + LP + IP + Clasificación.....	95
Tabla 6 Resumen de ensayos en laboratorio relación Humedad - Densidad Proctor	101
Tabla 7 Resumen de ensayos en laboratorio "CBR". Nota. Elaboración Propia.....	107
Tabla 8 Resumen de ensayo en campo; densidad del suelo in-situ por el método del cono de arena.....	110
Tabla 9 Requerimiento de calidad para base granular.....	112
Tabla 10 Requerimiento de calidad para sub-base granular.....	113
Tabla 11 Resumen de resultados de ensayos en laboratorio: Base, Sub-Base y Terreno de Fundación	114
Tabla 12 Resumen de tránsito de vehículos en los dos carriles.....	123
Tabla 13 Transito promedio diario semanal.....	125
Tabla 14 Porcentajes para determinar la tasa de crecimiento anual de transito.....	127
Tabla 15 Análisis de espesor de capas	137
Tabla 16 Análisis del Índice de Plasticidad (IP)	139
Tabla 17 Evaluación granulométrica.....	143
Tabla 18 Clasificación de suelos.....	147
Tabla 19 Análisis de valor relativo de soporte "CBR"	149
Tabla 20 Análisis de compactación.....	154
Tabla 21 Resumen de estudio de tráfico	156



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema representativo de un tratamiento superficial simple 14

Figura 2 Esquema representativo de un tratamiento superficial doble..... 14

Figura 3 Desarrollo de un tratamiento superficial doble 16

Figura 4 Gráfico de diseño para pavimentos clase tratamiento superficial en caminos muy requeridos / método neozelandés 18

Figura 5 Gráfico de diseño para pavimentos clase tratamiento superficial, en caminos con menor grado de sollicitación / método neozelandés..... 18

Figura 6 CBR mínimo de la sub-base para pavimentos clase tratamiento superficial en caminos muy sollicitados / método neozelandés..... 19

Figura 7 CBR límite de la sub-base para pavimentos clase tratamiento superficial en caminos con menor grado de sollicitación / método neozelandés..... 19

Figura 8 Sistema bicapa equivalente del pavimento – sub-rasante 45

Figura 9 Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación..... 65

Figura 10 Determinación de fallas y nivel de severidad 68

Figura 11 Gráfico de valor de deducción..... 70

Figura 12 Valor de deducción corregido (VDC)..... 71

Figura 13 Espesores de capas para la toma de muestras 77

Figura 14 Cuarteo de muestras en laboratorio 82

Figura 15 Contenido de humedad 84

Figura 16 Curva granulométrica 87

Figura 17 Determinación del Limite Liquidó 95

Figura 18 Equipo para ensayo de Proctor Modificado..... 97

Figura 19 Relación humedad densidad 100

Figura 20 Equipo de CBR..... 102



Figura 21 Procedimiento de ensayo de CBR	105
Figura 22 Análisis de espesores	137
Figura 23 Análisis de “IP”	140
Figura 24 Análisis granulométrico.....	144
Figura 25 Análisis de “CBR“.....	149
Figura 26 Análisis de “Compactación”.....	154
Figura 27 Estudio de tráfico.....	156



RESUMEN

Este proyecto de investigación, actualmente en ejecución y cuyo título de trabajo es “Evaluación del Estado del Pavimento Flexible con Tratamiento Superficial Asfáltico de la Carretera Huata - Coata - Capachica en la Región Puno”, posee como finalidad analizar el plan de pavimentación, hallar las cualidades estructurales del sistema de pavimentación y evaluar estas características mediante la aplicación de métodos de evaluación destructiva. Dicho proyecto tiene lugar con la intención con la intención de hallar las condiciones que condujeron a las fallas estructurales en el pavimento. La meta de este proyecto es evaluar la condición de esta carretera en términos de su durabilidad. La investigación se realizó a lo largo del camino que unía Huata, Coata y Capachica. Fue a lo largo de este camino que se realizó el estudio. La longitud del camino que se utilizó para la investigación es de 1622 metros, lo cual es una diferencia significativa si se compara con la longitud total de la travesía, que fue de alrededor de 42 kilómetros.

Este estudio se presenta en el siguiente formato, que se estructura de la siguiente manera:

En el primer capítulo, ofreceremos una visión general de los aspectos generales del tema de investigación. Estos aspectos incluirán el problema de investigación, los antecedentes, el motivo, los objetivos y la hipótesis del tema de investigación.

En este capítulo de la tesis se ofrecerá una visión general del marco conceptual, así como de la base normativa, los fundamentos teóricos y las bases teóricas del tema estudiado. Dentro de esta parte, se ofrecerá una visión general del marco conceptual y teórico que sirve de base al tema de estudio.

La finalidad de este cap es ofrecer un resumen de las características básicas del proceso metodológico, así como una descripción de la metodología que se ha propuesto para la investigación. Se desarrollará un análisis y evaluación de los datos con la meta de brindar



una visión completa de la información relativa a la ruta. La conclusión se obtendrá después de realizar una evaluación superficial utilizando el método PCI para identificar el estado de durabilidad del pavimento. Esta evaluación dará lugar a la conclusión. En el complemento de la evaluación, que se lleva a cabo, los objetos de la evaluación son los sistemas de mantenimiento y control de calidad. Para conocer las características estructurales del sistema de pavimento, se realizó una evaluación estructural basada en investigaciones geotécnicas. Esta evaluación se llevó a cabo con el objetivo de identificar sus características. Se llevó a cabo una investigación del flujo de tráfico para calcular la disposición de carga de la carretera, así como el número de coches que circulan por ella.

Una vez examinados los datos obtenidos, se procedió a compararlos con las normas existentes en la actualidad, que se analizaron en el Capítulo IV. A la luz de los resultados de esta comparación, quedó claro que los dos conjuntos de criterios no son intercambiables entre sí. El Capítulo V es una presentación de los resultados a los que se llegó como consecuencia del análisis y la evaluación del material que se obtuvo a lo largo del método de investigación.

La sección de anexos, que incluye información adicional, pone fin a este estudio una vez concluido. Este material sirve de base para explicar los diversos temas que se tratan en los seis capítulos del estudio.

Palabras clave: Pavimento flexible, durabilidad, estructura del pavimento, estudio de tráfico.



ABSTRACT

This research project, which is currently underway and has the working title "Evaluation of the Condition of the Flexible Pavement with Asphalt Surface Treatment of the Huata - Coata - Capachica Road in the Puno Region," has the objective of evaluating the paving system, determining the structural characteristics of the paving system, and evaluating these characteristics through the application of destructive assessment methods. This study is being conducted with the intention of determining the conditions that led to the structural failures in the pavement. The goal of this research is to analyze the status of this road in terms of its durability. The research was conducted along the trail that linked Huata, Coata, and Capachica. It was along this way that the study happened. The length of the road that was used for the research is 1622 meters, which is a significant difference when compared to the whole length of the voyage, which was around 42 kilometers.

This study comes in the following format, which is structured as follows:

In the first chapter, we will provide an overview of the overarching features of the research subject. These aspects will include the research problem, the background, the reason, the goals, and the hypothesis of the research topic.

This chapter of the dissertation will provide an overview of the conceptual framework, as well as the normative basis, theoretical underpinnings, and theoretical foundations of the studied subject. Within this part, we will provide an overview of the conceptual and theoretical framework that serves as the basis for the subject matter of the study.

The purpose of this chapter is to offer a summary of the basic features of the methodological process, as well as a description of the methodology that has been suggested for the investigation. We will be developing an analysis and evaluation of the data in order to offer a full overview of the information that pertains to the route. The conclusion will be



reached after a superficial assessment is carried out using the PCI method in order to identify the status of the pavement's durability. This evaluation will result in the conclusion. In the complement to the assessment, which is carried out, the objects of the evaluation are maintenance and quality control systems. In order to ascertain the structural characteristics of the pavement system, a structural assessment was carried out on the basis of geotechnical investigations. This evaluation was carried out for the goal of identifying their features. An investigation of the flow of traffic was carried out in order to ascertain the load capacity of the path as well as the number of cars that go along it.

After the data that were obtained were examined, a comparison was made between them and the standards that are now in existence, which were discussed in Chapter IV. In light of the findings of this comparison, it became clear that the two sets of criteria are not interchangeable with one another. Chapter V is a presentation of the results that were arrived at as a consequence of the analysis and evaluation of the material that was obtained over the course of the research method.

The annexes section, which includes additional information, brings this study to an end after it has been completed. For the purpose of providing an explanation of the several topics that are covered in the study's six chapters, this material serves as the basis.

Keywords: Flexible pavement, durability, pavement structure, traffic study.



INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, varias empresas de todo el mundo han elaborado métodos más efectivos para el modelo de pavimentos con la finalidad de reducir los costes asociados a la ejecución. Además de eso, se han implementado los procedimientos necesarios para la reconstrucción del pavimento. Esto se debe a que es esencial para un país preservar su historia, que incluye sus carreteras, y dado que los gastos que implica la reconstrucción suelen ser mayores que los relacionados con la creación de un nuevo pavimento, es por eso que esto es así. Con el fin de determinar la cantidad de deterioro y pérdida de transitabilidad que han sufrido estas carreteras como consecuencia del paso del tiempo, el incremento del tránsito y el efecto de los factores climáticos, hoy por hoy, se están realizando estudios de análisis de pavimentos en varias vías. Estos estudios se llevan a cabo con el fin de garantizar que las carreteras se encuentren en buenas condiciones. Es posible identificar los pasos necesarios para ampliar la disposición de servicio del sistema del pavimento al completar estas evaluaciones, lo que permite la identificación de dichas actividades. Esto es posible porque es posible identificar las actividades.

Para establecer las fallas estructurales que se han presentado en la integridad del pavimento, se han realizado investigaciones utilizando procesos destructivos como parte de la Evaluación Estructural de Pavimentos. Estas investigaciones tuvieron lugar con la meta de calcular las fallas estructurales. De acuerdo a estas evaluaciones, la cantidad de fallas superficiales que presenta el pavimento, el grado de serviciabilidad y lo más importante, el daño estructural son todos los factores que se toman en cuenta. En algunas situaciones, es esencial realizar estudios para realizar un examen integral de la condición del área alrededor del pavimento donde se encuentra el pavimento. La importancia de las carreteras y las funciones que cumplen son los factores principales que deciden las clases que se utilizan



para las carreteras en nuestra nación. Existen algunas clasificaciones distintas que se utilizan. Las rutas que unen a los pueblos de Huata, Coata y Capachica son de considerable relevancia debido a la función vital actual que brindan. Esta es la razón por la que son tan importantes. Como resultado de esto, es de suma necesidad diseñar una red que no sólo sea suficiente sino también amigable y segura para mantener el flujo de tráfico.

La ruta que une Huata, Coata y Capachica, por su proximidad a Juliaca, tiene una serie de cualidades que la hacen única. Es vital para la conexión en varios puntos diferentes debido al papel significativo que desempeña en términos de ubicación, función, composición, tráfico y degradación de la carretera. Esta ruta es esencial para la conexión. Es necesario que se realice una evaluación estructural urgente en la ruta debido a la gran cantidad de tráfico. Esto se debe a que el pavimento asfáltico parece tener problemas estructurales y es vital que este examen se complete lo antes posible. El deterioro del pavimento comienza muy inmediatamente después de que se completa la construcción del mismo. El deterioro puede atribuirse a una variedad de influencias externas, cada una de las cuales es provocada por un conjunto diferente de circunstancias. El mantenimiento oportuno, la calidad del diseño original, el estándar de los insumos, la calidad de los requisitos técnicos y la calidad de la gestión del proceso de construcción son todos criterios que caen dentro de esta categoría. Con el fin de determinar las cualidades estructurales, las cuales serán evaluadas mediante la utilización de procesos de evaluación que incluyen técnicas destructivas, la finalidad de este proyecto es dar lugar a un análisis del estado de durabilidad del pavimento que ha sido tratado en la superficie a lo largo de la ruta Huata – Coata – Capachica. Esto permitirá determinar las cualidades estructurales.

En este trabajo se hace uso de la técnica PCI (Índice de Condición del Pavimento) para realizar una evaluación del suelo. Mediante este método, se puede determinar el índice



de condición del pavimento y reconocer los diversos tipos de defectos que se presentan en la superficie del pavimento. Además, en este artículo se proporciona la justificación técnica para su evaluación en una amplia gama de disciplinas. Hacer uso de este enfoque es la base sobre la cual se construye este trabajo. Se utilizará una técnica destructiva para analizar el sistema de las cualidades que se están explotando para determinar estas cualidades. En este enfoque, se realizan experimentos para el sistema del pavimento en el terreno de cimentación, la subbase y la base del pavimento. Estos datos se vinculan luego con las circunstancias que ya existen para el objetivo.

Como parte del estudio de tráfico que se está realizando para calcular el Índice Medio Diario Anual, se llevará a cabo un recuento de los diferentes tipos de vehículos. Esto se hará a lo largo de toda la investigación.

Se prevé que los resultados arrojen, al final del día, luz sobre las situaciones que condujeron al colapso del sistema del pavimento en la vía Huata - Coata - Capachica. La utilización de modelos matemáticos para el cálculo de la misma y su evaluación de acuerdo a las leyes vigentes para la construcción de carreteras será el medio por el cual se concretará este objetivo.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 El problema

1.1.1 Exposición de la situación problemática

Durante el proceso de evaluación del desempeño del pavimento, se tienen en cuenta tanto los aspectos estructurales como los funcionales del mismo. Además de estar estrechamente relacionados entre sí, cada uno de estos comportamientos también está intrínsecamente conectado con la utilidad del pavimento para la persona que lo utiliza. Durante el transcurso del proceso de diseño, el grado de utilidad que ofrece un pavimento es el componente más significativo que afecta el ciclo de vida del mismo. Hay una serie de elementos que contribuyen al deterioro de la utilidad del pavimento. Estos factores incluyen la cantidad de tráfico, la edad del pavimento, la calidad del material y las condiciones del medio ambiente. Como resultado de la disminución significativa en el uso y la funcionalidad del pavimento, es esencial tener en cuenta las posibilidades de conservación, rehabilitación, reparación y/o mantenimiento del pavimento. Para ello, es requerido realizar un proyecto de estudio de la usabilidad del pavimento, determinar el comportamiento estructural del mismo y realizar una evaluación precisa del grado de deterioro que ha alcanzado el estado



estructural del mismo. En el marco de esta inspección se revisarán los espesores que hay de las capas estructurales, tal cual el suelo, la subbase y la base de la cimentación. Adicionalmente, se analizará la cimentación. La frase “evaluación estructural del pavimento” para referirse al uso de tecnología que no resulte en ningún tipo de daño al pavimento. En el pasado, y particularmente en nuestra situación, la realización de uno de estos tipos de actividades requiere la excavación de pozos de ensayo y la realización de un estudio del pavimento. Ambas actividades implican el uso de métodos nocivos para el medio ambiente.

A medida que se vayan pavimentando paulatinamente las vías de la región Puno, se espera que los habitantes de las comunidades que se hallan cercanas a Puno puedan aprovechar las ventajas que traerá este desarrollo. El tratamiento superficial asfáltico es uno de los diversos tipos de pavimentos que se utilizan debido a su versatilidad.

A pesar de ello, estos pavimentos, que fueron diseñados para calles con escaso volumen de tráfico, están sometidos a un tráfico intenso y frecuente, lo que provoca que se degraden a un ritmo acelerado. Esto es particularmente pertinente o valioso en circunstancias en las que existe una deficiencia en la cantidad de actividades efectivas de conservación y mantenimiento continuo. La carretera asfaltada que forma la conexión entre Huata, Coata y Capachica será el foco principal de esta investigación. El lugar donde se tendrán lugar las acciones de conservación, mantenimiento y restauración será esta ruta, que se caracteriza por un importante volumen de actividad turística. Una de las características distintivas de esta carretera en concreto es el tipo de pavimento con tratamiento superficial de dos capas que presenta. El estado de la carretera, que es lo que determina su clasificación y tipo, tiene la capacidad de reportar ventajas económicas y sociales a las personas que la utilizan. Hay



un propósito clave de este programa de investigación, que es identificar respuestas fundamentales para la conservación y restauración de los pavimentos que actualmente están dañados.

1.2 Formulación del planteamiento del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál es el grado de deterioro del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica de la Región Puno?

1.2.2 Problemas específicos

1. ¿Qué tipo de fallas superficiales se evidencian en el pavimento con tratamiento superficial asfáltico en la vía Huata – Coata – Capachica?
2. ¿Cuál es la condición de durabilidad del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica?
3. ¿Cuál es el nivel de mantenimiento del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación técnica

Entre los problemas críticos que requieren una acción inmediata se encuentran el deterioro de la infraestructura vial en la Región Puno y las ramificaciones que se han derivado de este deterioro. Ambos problemas requieren atención inmediata. Con la intención de proponer respuestas alternativas, nos comprometemos a abordar este problema que persiste desde hace mucho tiempo. Es necesario cumplir con las directivas emitidas por el



MTC en relación con el análisis de la integridad estructural y el estado del suelo de la carretera Huata – Coata – Capachica, realizar un inventario completo de los defectos y determinar las tareas de conservación y mantenimiento correctas para garantizar la utilización más eficiente de los vehículos. Para lograr esto, es necesario cumplir con las directivas.

1.3.2 Justificación ambiental

Existe una relación entre los eventos que ocurren en una región del mundo y los que ocurren en otra región del mundo. Esto se debe a que todos somos residentes del mismo planeta y compartimos un hogar similar. Al circular por la carretera que une a Huata, Coata y Capachica, es muy necesario tomar precauciones para disminuir la cantidad de contaminantes que son liberados a la atmósfera por los vehículos que pasan por esta ruta. En vista de que se encuentran en mal estado, el tiempo que se tarda en viajar entre ambos sitios es mucho mayor de lo que sería en otras circunstancias. Esto hace que el proceso de combustión en el motor tome más tiempo, lo que a su vez conduce a un aumento en la cantidad de contaminantes que se liberan al ambiente.

1.3.3 Justificación social

Como resultado de que la carretera que une a Huata, Coata y Capachica es una ruta turística, está sujeta a una cantidad sustancial de tráfico. La mayoría de los vehículos que circulan por esta carretera son automóviles ligeros, y solo en raras ocasiones llegan vehículos de mayor tamaño. Las personas que buscan comodidad en esta travesía se transportan por la ruta que se ha asignado, junto con otros pasajeros, negocios y actividades que son de utilidad para la población que se encuentra en los alrededores. Existen varios pueblos que brindan ventajas a los indígenas, entre ellos los que residen en Illpa, los que residen en el pueblo de Huata, los que residen en el pueblo de Coata y los que residen en el pueblo de Capachica. El



lago Titicaca, que se encuentra muy cerca de estos pueblos, es un conocido destino turístico que atrae a un número significativo de personas cada año. Los turistas en cuestión necesitan una amplia gama de servicios, todos los cuales pueden ser accesibles a través de una carretera que se encuentre en perfectas condiciones. Debido a esto, es absolutamente necesario emprender la rehabilitación de los tramos de la carretera que se han deteriorado. Esta es una responsabilidad que no se puede eludir.

1.4 Objetivos

1.4.1 *Objetivo general*

Determinar el grado de deterioro del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica de la Región de Puno.

1.4.2 *Objetivos específicos*

1. Identificar los tipos de fallas superficiales que se presentan en el pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica.
2. Determinar la condición de durabilidad del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica.
3. Determinar el nivel de mantenimiento del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica.

1.5 Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis general*

El grado de deterioro del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica, es alto debido a la severidad de daños que presenta.



1.5.2 Hipótesis específicas

1. Las fallas superficiales que se evidencian en el pavimento rígido de la vía Huata – Coata – Capachica son de un alto grado de deterioro debido a la mala concepción estructural del pavimento.
2. La condición de durabilidad del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica es bajo debido al nivel de severidad de daños.
3. El nivel de mantenimiento del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica, es bajo debido a los daños que presentan, pudiendo ser rehabilitado planteando una alternativa de solución efectiva.

1.6 Variables e indicadores

VARIABLES INDEPENDIENTES

VARIABLE 1 : CONDICIÓN DEL PAVIMENTO

INDICADORES :

- Cualidades mecánicas de la sub-base.
- Cualidades mecánicas de la base.
- Cualidades del suelo de rodadura.
- Cualidades del tráfico vehicular.

VARIABLE 2 : DETERIORO DEL PAVIMENTO

INDICADORES :

- Cualidades de las fallas del pavimento.



- Causa de fallas del pavimento.
- Propuesta de remediación del deterioro.

VARIABLE DEPENDIENTE

VARIABLE : ESTADO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO

INDICADORES :

- Problemas estructurales.
- PSI: Identificación de tipos de fallas, basado. en el método PCI.
- Índice Medio Diario (IMD).
- Control de calidad en procesos constructivos.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la investigación

El análisis del estado de la superficie de la vía Huata – Coata – Capachica, que ha sido sometida a tratamiento superficial, es de crucial vitalidad en vista de que la vía es de acceso público y que existen varios modos de transporte disponibles para estas regiones. Las conclusiones de esta investigación sobre el tema presentarán importantes oportunidades de progreso, entre las que podemos destacar una gran cantidad de características vitales o que son realmente destacables:

1. QUEIROLO, A., (2003), en la Tesis para título profesional titulada: “Seguimiento de un Doble Tratamiento Superficial para Camino de Alto Tránsito”, (Universidad de Chile Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas Departamento de Ingeniería Civil), dentro de sus conclusiones se entendió que:
 - El desempeño estructural del DTS, que se construyó en el año 2004 como medida de reparación de la Ruta 5 Norte, Sector Chañaral – Límite Regional, se ve afectado



como consecuencia de la composición teórica de su construcción, que incluye una capa asfáltica debajo de la cimentación. Esta capa es un componente del DTS. Esta clase de pavimento típicamente tiene protectora. Esta es la disposición típica para este tipo de pavimento. El edificio en cuestión, en cambio, no está construido según ese plan.

- Por otra parte, la evaluación de las cualidades funcionales de la superficie del DTS para este proyecto también se evalúa mediante aplicaciones de lechada asfáltica basadas en inspecciones visuales, además de los trabajos que tuvieron lugar en el sitio durante las inspecciones técnicas que tuvieron lugar en septiembre de 2008.
- Los resultados de los ensayos de deflectometría de impacto que tuvieron lugar con el FWD demuestran que la estructura del DTS, que ha estado bajo escrutinio desde que se reparó el sector, ha mantenido un estado excepcional durante los últimos cinco años de operación. Esto se demuestra por el hecho de que la estructura del DTS se ha mantenido en un estado asombroso.
- Los valores hallados del análisis de tráfico señalan que se anticipa que las deformaciones que se impusieron al pavimento entre los años 2004 y 2008 serían menores que las que se tuvieron en cuenta durante la fase de diseño. Esta es la conclusión que se puede extraer de los hallazgos de la investigación. Como consecuencia de esto, el pavimento continúa demostrando un desempeño estructural positivo incluso después de que el proceso de restauración haya terminado. Por otra parte, los datos de diseño a los 5, 10 y 20 años, que se pueden consultar en la tabla 4.19 de la página 55, se ofrecen únicamente a modo de referencia. Es imposible que



- el método tradicional realice una evaluación precisa de la vida útil restante efectiva si no se dispone de datos sobre la estructura real que se encuentra detrás del DTS.
- Todas las mediciones, incluidas la prueba de resistencia al deslizamiento, la medición del IRI y la medición de la rugosidad superficial, se mantuvieron dentro de los límites permitidos. Esto demuestra que el pavimento muestra un rendimiento funcional adecuado. Esto se debe a que los valores no solo hacen que el individuo se sienta seguro, sino que también le brindan una sensación de confort.
 - Es de suma importancia enseñar a la gente que la información que se ha presentado contiene fallas o deficiencias que no son aceptables en el contexto de un programa de monitoreo de obras. Esto es de suma importancia. (Queirolo, 2003).
2. VALENZUELA, M., (2003), en la Tesis para título profesional titulada: “El Asfalto, en la Conservación de Pavimentos”, (Universidad Austral de Chile Facultad de Ciencias de la Ingeniería Escuela de Construcción Civil), concluyeron que:
- La cantidad de investigación real que implica que la conservación de la vida útil de los pavimentos, también conocida como gestión o conservación de pavimentos, es mucho más rentable que reconstruir el mismo pavimento es ahora insuficiente. Esto se debe a que existe una cantidad inadecuada de investigación que respalde este punto. Además, tiene la capacidad de mejorar la comodidad y la facilidad de servicio del conductor, lo que potencialmente puede resultar en ahorros de millones de pesos. Esta es una ventaja significativa.
 - Existe una serie de situaciones en las que los diferentes componentes de la carretera necesitan diferentes periodicidades, y el tiempo que se necesita para trabajar en cada



componente también varía. Debido a este hecho, no es esencial que los inspectores centren su atención en evaluar el estado de todos los tramos de la carretera al mismo tiempo. Se podría designar una inspección para el sistema de drenaje y el trabajo de cimentación en general, otra inspección podría designarse para los pavimentos o capas de rodadura granulares y bermas, una inspección separada podría designarse para evaluar las condiciones de todos los elementos de seguridad vial y, finalmente, se podría designar una inspección adicional para evaluar la estructura del pavimento. Este es un ejemplo de un criterio muy genérico.

- Existen algunas regiones en Chile donde el uso de asfaltos modificados es más ventajoso que el uso de asfaltos comunes. Si bien estos asfaltos son más costosos, pueden usarse durante todo el año, lo que elimina la necesidad de esperar a la primavera o el verano para realizar reparaciones en el pavimento. Esto se debe a que pueden usarse durante todo el año.
- Inmediatamente después de abrirse al tráfico, un pavimento recién creado comienza a deteriorarse como consecuencia de los impactos del peso que soportan los automóviles y las condiciones climáticas que se presentan en esa zona. Además, como resultado de esto, es de suma importancia llevar a cabo el mantenimiento requerido para alargar la vida útil funcional del pavimento.
- Como consecuencia del hecho de que los pavimentos continúan degradándose, lo que eventualmente conduce a condiciones de conducción peligrosas, es de suma importancia que las reparaciones se realicen tan pronto como se reconozca la necesidad de mantenimiento.



- En un escenario ideal, las tareas de mantenimiento se deben realizar durante las estaciones más cálidas (primavera y verano), cuando las temperaturas son más altas. Esto se debe a que las temperaturas son más altas durante estas estaciones. Esto ocurre a pesar de que materiales de asfalto modificado de calidad superior se introdujeron en el mercado solo unos años antes de que ocurriera este incidente específico. Estos objetos son adecuados para su uso en cualquier área en la que decida colocarlos.
 - Hay una serie de elementos que contribuyen a estos defectos, los más importantes de los cuales son la enorme carga que se está colocando en esta carretera, la falta de asfalto y el descuido en el mantenimiento del drenaje. (Valenzuela, 2003).
3. CEA, D., GUINEA, K., Y ROSA, E., (2009), en la Tesis para título profesional titulada: “Guía de Diseño Estructural, Construcción y Mantenimiento en Caminos de Baja Intensidad de Transito Usando Tratamientos Superficiales Asfálticos”, (Universidad de el Salvador Facultad de Ingeniería y Arquitectura Escuela de Ingeniería Civil), concluyeron que:
- El uso de la mecánica de suelos, que es una rama importante de la ciencia, es necesario para la realización de un proyecto de ejecución de carreteras. Cuando tengamos un mayor conocimiento del desempeño y las cualidades mecánicas de ésta, podremos llegar a soluciones que no sólo sean efectivas sino también prácticas, lo que a la larga se traducirá en una reducción de los gastos conectados con la construcción de proyectos viales.



- La Sociedad Americana de Ingenieros de Tráfico en Carreteras (ASHTO) sugiere que las rutas con baja intensidad de tráfico utilicen una técnica condensada para encontrar ejes equivalentes. Esta recomendación también se aplica a las rutas que tienen un alto volumen de tráfico. Tanto el peso del vehículo como el tipo de eje son los únicos datos necesarios para realizar el cálculo mediante este método.
- Al emplear estos dos procesos, el lector puede desarrollar una serie de opciones de solución de baja y alta intensidad, que posteriormente pueden utilizarse para realizar un análisis comparativo de costos. En esta guía se presentan al usuario dos posibilidades de diseño distintas, que lo ayudarán a tomar una decisión sobre la estructura del pavimento que se aplicará. El lector también puede llegar a esta conclusión utilizando cualquiera de los dos métodos mencionados anteriormente.
- Cuando se trata de la construcción de estas carreteras, es muy necesario tener en cuenta el control de calidad en ellas. El objetivo de llevar a cabo este método es garantizar que las carreteras se construyan de conformidad con los requisitos técnicos que se establecieron para la construcción de las carreteras. La meta de esta presentación es detallar los requisitos técnicos que todo constructor debe conocer y cumplir para asegurar el adecuado funcionamiento y el bienestar de estos proyectos. (Cea, Guinea, Y Rosa, 2009).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 *Tratamientos superficiales para pavimentos*

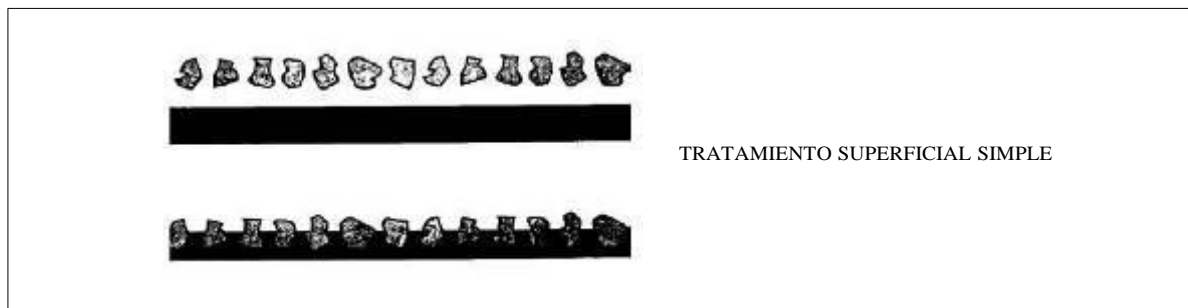
Es un procedimiento de recubrimiento que implica la aplicación uniforme de agregado sobre un aglutinante bituminoso que se ha colocado en la carretera en el pasado, seguido de la compactación del agregado. El término "tratamiento de superficie bituminosa" se refiere a

este proceso. Como consecuencia de esto, su espesor es prácticamente idéntico a la dimensión más grande de los fragmentos de piedra individuales.

Una definición de tratamiento de superficie lo describe como una superficie de asfalto que se produce mediante la aplicación de aglutinante de asfalto y partículas de manera secuencial y alternada de concreto existente. Los tratamientos de superficie se pueden aplicar en cualquier orden. El propósito de este tratamiento es mejorar o preservar las cualidades mecano-físicas de los suelos que se están tratando. Estos tratamientos de superficie se clasifican como básicos, dobles, triples o múltiples, según el número de aplicaciones que incluyen asfalto y agregado. (Aguirre, 2001).

Figura 1

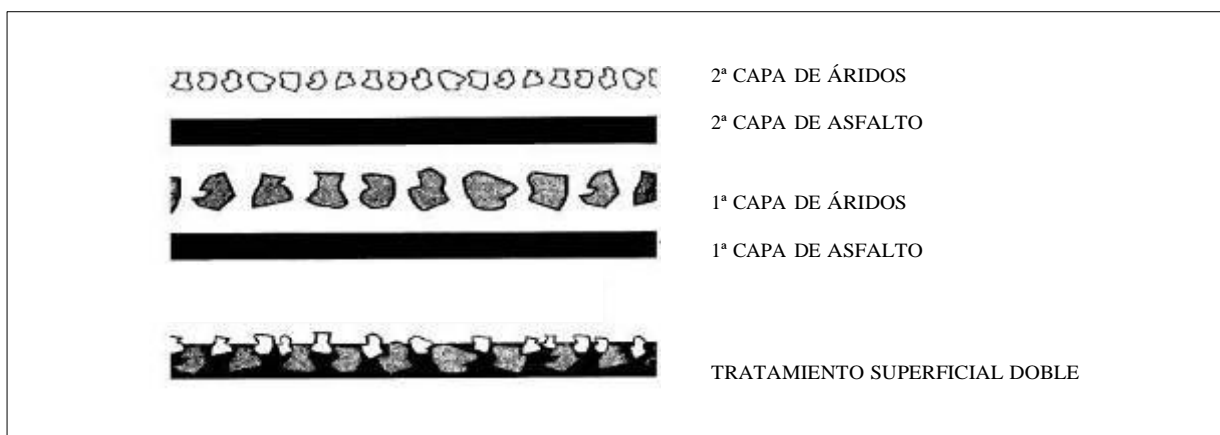
Esquema representativo de un tratamiento superficial simple



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".

Figura 2

Esquema representativo de un tratamiento superficial doble



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".



Las tareas primarias de los tratamientos superficiales son tres:

- Al proteger la superficie de la cimentación controlada de las cargas tangenciales y los efectos erosivos causados por los neumáticos del vehículo, es vital garantizar que la cimentación esté protegida.
- Para preservar la integridad de las capas granulares contenidas en el interior de la calzada, es imprescindible proteger la estructura de la misma de los efectos de las condiciones meteorológicas, en particular de la penetración de agua.
- Mantener un bajo nivel de contacto entre el neumático y la superficie de la calzada. (Aguirre, 2001).

La ejecución oportuna y eficaz de este método permite lograr una terapia rentable manteniendo al mismo tiempo una estructura sencilla y duradera. Se mantiene una capacidad de soporte suficiente cuando el efecto impermeabilizante se aplica de forma granular. La adición de tratamientos a los pavimentos de asfalto u hormigón ya colocados tiene el potencial de aumentar la durabilidad de la calzada. Cuando se concibe y se lleva a cabo correctamente, un doble tratamiento superficial ofrece una mejora significativa en la única, al tiempo que se consigue un mayor nivel de impermeabilidad debido a su capacidad para lograr un mayor grado de impermeabilidad. Cuando se trata de situaciones que se caracterizan por altas demandas de tráfico, pendientes pronunciadas y condiciones climáticas extremas, los tratamientos dobles son especialmente deseables debido a su mayor robustez y resistencia. (Aguirre, 2001).

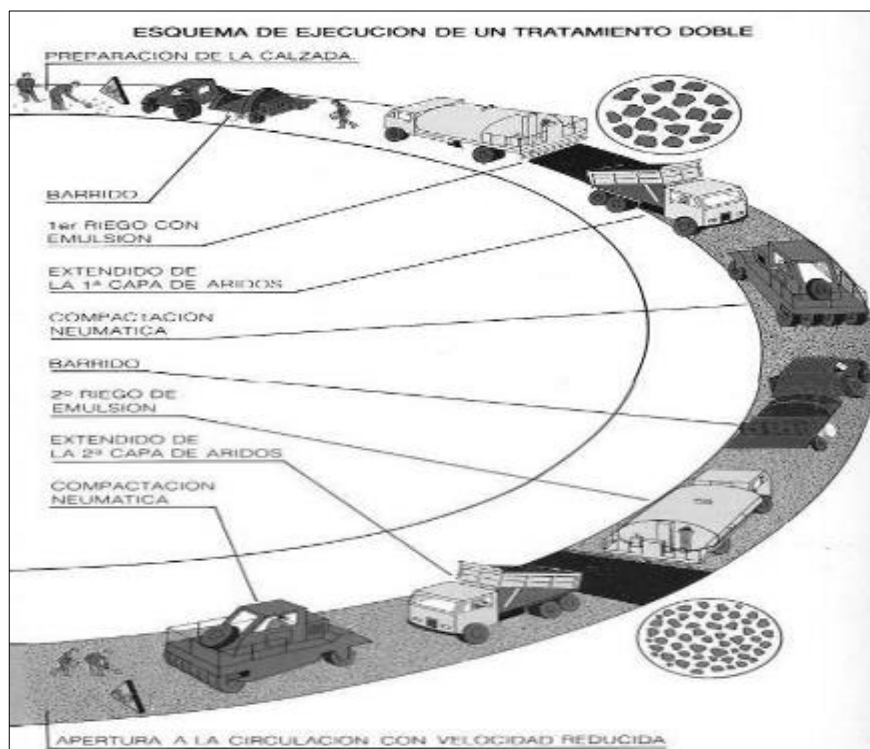
2.2.2 Tareas constructivas del tratamiento superficial

Llevar a cabo la creación de una aplicación de tratamiento de superficies La producción de un Tratamiento Superficial Simple (TSS) se compone fundamentalmente de una serie de procesos que tienen lugar en conjunto unos con otros: (Juárez y Rico, 1995).

1. Se trata de un procedimiento que incluye la definición y designación de la región de tratamiento mediante el uso de líneas o marcadores visibles a simple vista.
2. Como fuente de recepción, la superficie que se ha designado para la cobertura SST es la que se encarga de esta función.
3. Se intenta limpiar la superficie del objeto.
4. De acuerdo con el planteamiento de la dosificación, se llevó a cabo la ejecución del riego asfáltico.
5. Tras la determinación de la dosificación y la conclusión de la decisión, se procederá al riego de los áridos.
6. A continuación, se procede a la aplicación del tratamiento.
7. Es necesario barrer y desechar los áridos innecesarios para deshacerse de ellos.
8. A lo largo de todo el proceso de puesta en marcha, se puede utilizar un "vehículo guía" para controlar el tráfico. (Juárez y Rico, 1995).

Figura 3

Desarrollo de un tratamiento superficial doble



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".



2.2.3 Empleo a tratamientos superficiales

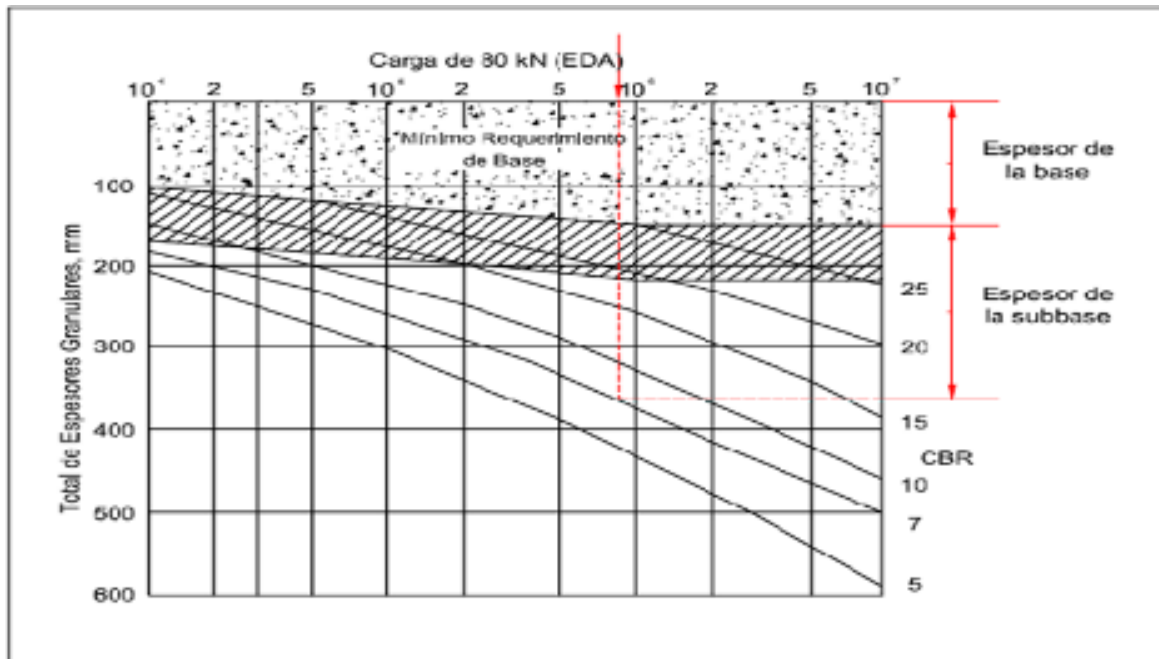
En este tipo de soluciones, una superficie que no aumenta la disposición estructural del pavimento se considera una capa protectora delgada, ya que la superficie no mejora dicha capacidad. En su lugar, cumple el objetivo de proteger el pavimento ofreciendo un nivel significativo de resistencia a los efectos abrasivos del tráfico y asegurando que la superficie siga conservando su impermeabilidad. El rendimiento de este sistema específico ha sido bueno en carreteras de Nueva Zelanda con cargas de tráfico superiores a 5×10^6 Eje de Diseño Equivalente (EDA), y ha demostrado ser un éxito. Los gráficos que representan el diseño de esta solución se pueden encontrar en las siguientes figuras, numeradas 06 y 07 respectivamente. Los parámetros de entrada están relacionados con el CBR de la subrasante, así como con la carga esperada (EDA), lo que simplifica el cálculo del espesor mínimo requerido tanto para la base como para la subbase: (Rico y Del Castillo, 1990).

- En situaciones en las que el CBR de la subrasante es superior al 25%, se utiliza un parámetro de entrada que se compone de un valor CBR del 25%.
- En situaciones en las que el espesor de la subbase es inferior a cincuenta milímetros, se considera que todo el espesor es la base y se utiliza como tal. (Rico y Del Castillo, 1990).

Existe un requisito de que el componente valor CBR mínimo del cuarenta por ciento, y la parte inferior debe tener un valor CBR mínimo del veinte por ciento. Ambos valores deben ser superiores al umbral mínimo. Se requiere que el componente superior de la subbase tenga un valor CBR mínimo del treinta por ciento, mientras que la sección inferior debe tener un valor CBR mínimo del quince por ciento. Ambos valores deben cumplir con la especificación mínima. Las condiciones mínimas que se deben cumplir se muestran en la Figura 06 y la ilustración 07, de forma respectiva. (Rico y Del Castillo, 1990).

Figura 4

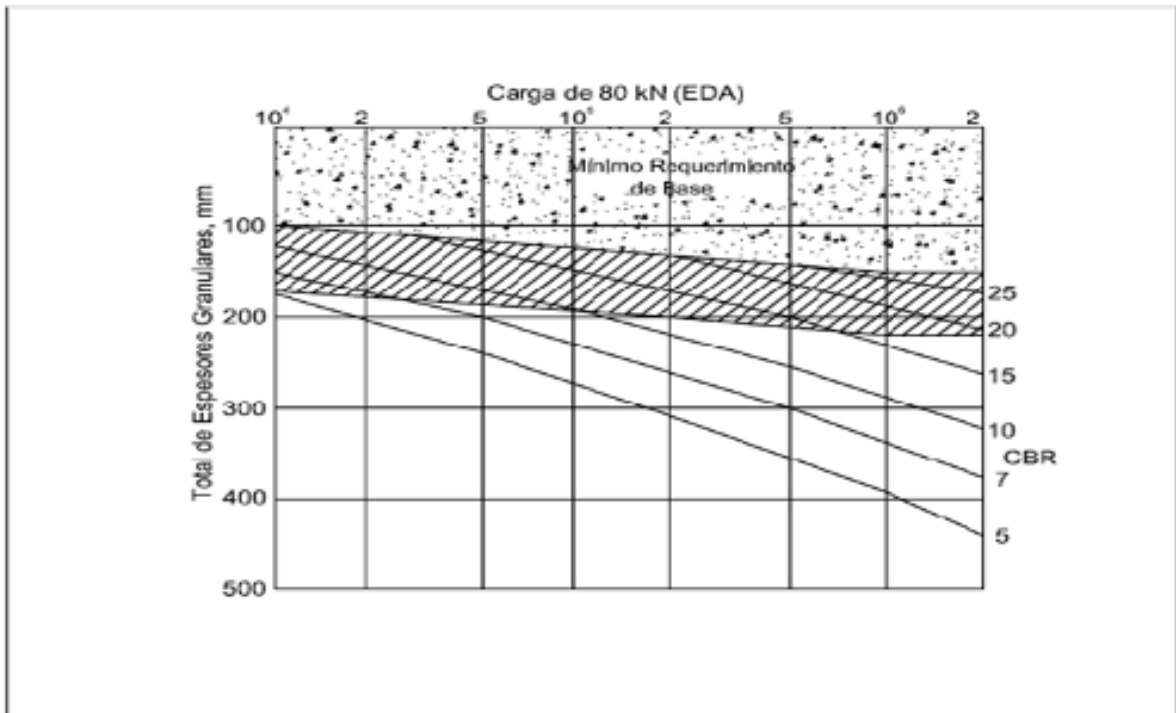
Gráfico de diseño para pavimentos clase tratamiento superficial en caminos muy requeridos / método neozelandés



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".

Figura 5

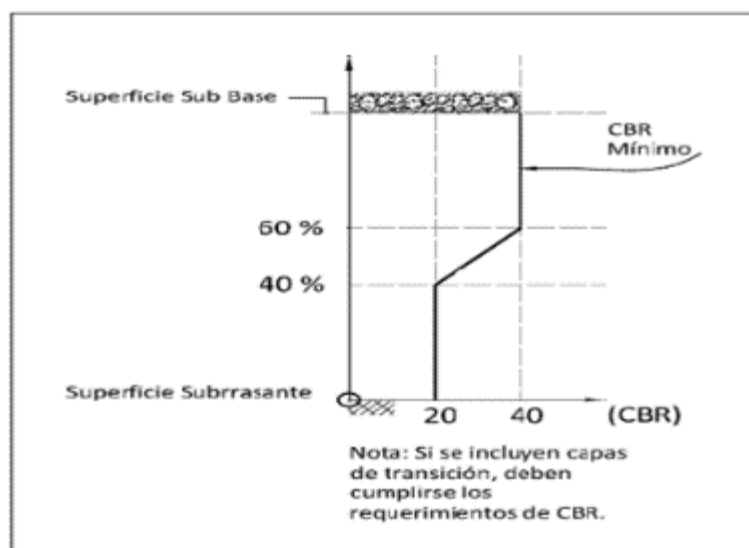
Gráfico de diseño para pavimentos clase tratamiento superficial, en caminos con menor grado de solicitación / método neozelandés



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".

Figura 6

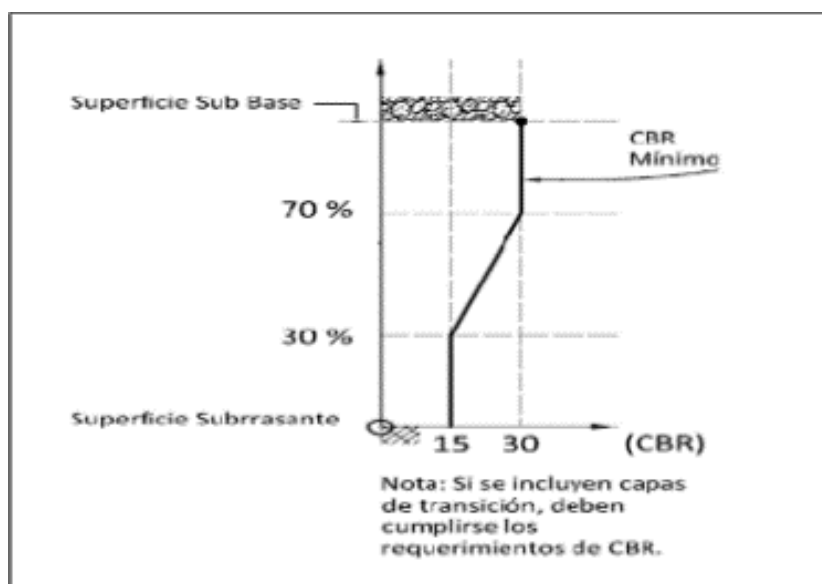
CBR mínimo de la sub-base para pavimentos clase tratamiento superficial en caminos muy solicitados / método neozelandés



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".

Figura 7

CBR límite de la sub-base para pavimentos clase tratamiento superficial en caminos con menor grado de sollicitación / método neozelandés



Nota. AASHTO, (1993) "Guide for design of pavement structures".

2.2.4 Desgastes en pavimentos flexibles

El desgaste del pavimento es un proceso prolongado que empieza tan pronto como se crea. Inmediatamente, este proceso comienza por sí mismo. El ritmo de deterioro del



pavimento y el tipo de degradación que se produce en él están determinados por una serie de elementos, entre ellos el grado de manifestaciones de tensión (tráfico y clima), así como una variedad de otras variables de diseño que interactúan entre sí en una amplia variedad de combinaciones posibles. En lo que respecta al diseño, algunos de los factores más esenciales son la calidad del diseño original, la calidad de los insumos y los estándares técnicos, la calidad del proceso de ejecución y la calidad del control del proceso. En lo que respecta a los desgastes más cruciales que sufren los pavimentos flexibles durante el curso de su vida útil, las siguientes categorías pueden caracterizarse rápidamente como algunas de las más significativas: (Rico y Del Castillo, 1990).

2.2.5 Fallas en pavimentos flexibles

Estas fallas pueden dividirse en:

Fallas funcionales: Como resultado de una falla en las capacidades funcionales del pavimento, éste se ha vuelto incapaz de realizar la función para la cual se suponía que debía ser utilizado. Como resultado de la proximidad de rodadura, existe una fricción superficial inadecuada, lo que reduce la calidad de la superficie de rodadura. Esta es la razón de la degradación de la superficie de rodadura.

Fallas estructurales: El paquete estructural es responsable de una parte importante de estos fallos catastróficos debido a sus contribuciones. Los fallos de este tipo se producen por el deterioro estructural de una o más capas del pavimento, lo que finalmente conduce a la ruptura del pavimento. Las presiones necesarias se han visto disminuida significativamente como consecuencia de la presencia de estos deterioros, que han estado presentes durante un tiempo considerable.

2.2.5.1 Organización de fallas en pavimentos flexibles

Grietas o fracturas, deformaciones, desprendimientos y afloramientos o movimientos de material son las cuatro categorías que se pueden definir, teniendo en cuenta el origen estructural o funcional de los fenómenos. Las grietas y fracturas son las formas más comunes. Las dos últimas son consecuencia de fallos funcionales, que son la razón de su aparición en las capas superiores del pavimento. Estas averías son la causa de su aparición. Las dos primeras categorías se distinguen por el hecho de que se manifiestan en las capas más bajas del pavimento, lo que sugiere simultáneamente la existencia de problemas estructurales. En los siguientes párrafos, analizaremos las desventajas que se asocian a los pavimentos flexibles y las clasificaremos según las categorías que se abordaron anteriormente en esta discusión.

1. Agrietamientos o roturas

Piel de cocodrilo

Grietas que están relacionadas entre sí y varían en tamaño, presentando un patrón poligonal que recuerda a la piel de los cocodrilos. Existe la posibilidad de que la aparición de estas grietas se deba a la degradación de la capa asfáltica, que se desarrolla por la acción continua de los pesos del tráfico. Es un fenómeno que se produce en zonas donde hay una cantidad excesiva de congestión vehicular. Una de las características distintivas de estas grietas es la formación paralela de fracturas leves, que se componen de pequeñas fisuras capilares y longitudinales. Estas fracturas tienden a ocurrir en paralelo unas con otras. Es posible ver algunas fracturas que están conectadas entre sí en esta región en particular. No se puede ver desprendimiento en las fracturas, y las grietas tienen dimensiones que son menores a 10 milímetros. Las grietas que se consideran medianas para los efectos de esta categorización son aquellas que tienen un ancho de entre 10 y 25 milímetros y presentan desprendimiento parcial.



fisuras que tienen más de 25 milímetros de ancho y presentan desprendimiento significativo en la superficie del material. En circunstancias en las que hay dos o tres niveles de gravedad separados que pueden identificarse entre sí dentro de un área, es esencial analizar cada uno de estos niveles de gravedad específicos individualmente. Es necesario clasificar los niveles de gravedad de acuerdo con el nivel de gravedad que se descubrió que era el más severo en el caso de que esto no aplique. En el año 2012, se adquirió la piel de cocodrilo, y se produjo por primera vez en Sotil. Las opciones de reparación disponibles para el nivel de gravedad bajo son o bien no realizar ninguna intervención de reparación o bien utilizar un sellador de superficie o una envoltura. Ambas opciones estaban disponibles para el paciente. Ambas opciones tienen aspectos positivos y negativos, y ambas tienen el potencial de ser exitosas a su manera. Los parches, las envolturas y, finalmente, la restauración del área afectada son métodos potenciales para tratar la dolencia en distintos grados de gravedad, incluida la gravedad media y alta. Los parches son el método más común.

Fisura en bloque

Una red de grietas interconectadas crea una red de secciones aproximadamente rectangulares. Es posible que las proporciones de los bloques varíen entre treinta centímetros por treinta centímetros y tres metros por tres metros. Esta es una posibilidad. Además, la contracción del hormigón asfáltico y las variaciones de T° que se producen a lo largo del día, conocidas como ciclos de tensión/deformación diarios, también son causas potenciales de que se produzca el fenómeno. Hay un punto importante que hay que subrayar y es el hecho de que esta clase de fallo no está relacionado con las cargas de tráfico que se ejercen sobre las capas de rodadura. Además, está relacionado con el deterioro del asfalto que se produce con el paso del tiempo durante su existencia. Este fenómeno suele afectar a un porcentaje significativo



del pavimento cuando está presente. Una proporción significativa de los niveles de gravedad leve, concretamente el 43 por ciento, se caracterizan por la existencia de fisuras de gravedad moderada. grietas de un ancho menor a diez milímetros y que están adecuadamente separadas entre sí, pero aun así unidas entre sí, son las fracturas de severidad moderada las que deciden el grado de severidad que se considera medio. Se han identificado fisuras que están conectadas entre sí y que varían en diámetro desde diez hasta veinticinco milímetros de ancho. En el caso de que el material presente fracturas significativas, se considera que se considera excelente. grietas que tienen un ancho mayor a 25 milímetros y que están conectadas entre sí de diversas formas a lo largo de la estructura. La fisuración en bloque produce daños en una superficie total que se mide en metros cuadrados. Este daño está asociado a la fisuración en bloque. Para efectos de las mediciones que se realizan, se utilizan metros cuadrados. En el caso de que se encuentren diferentes niveles de severidad de esta falla en alguna porción del pavimento, es de suma importancia identificar los bordes en los que se ubican estos tramos para poder analizarlos por separado.

El sellado de grietas y el sellado por irrigación son dos posibles vías para resolver este problema, que se considera de gravedad moderada. En los siguientes párrafos se analizarán ambas terapias. Por otro lado, el sellado de grietas, el reciclado de superficies, la escarificación en caliente y el recubrimiento son algunas de las formas adicionales que se pueden utilizar para completar las dos últimas fases.

Fisuras de reflexión de junta

La rigidez del pavimento permite que las juntas se reflejen sobre la superficie del asfalto, lo que finalmente conduce a la aparición de grietas tanto transversales como longitudinales. Esta es la consecuencia final del proceso. En las juntas que están



expuestas a tales presiones, no existe una asociación entre las cargas de tráfico a las que están sometidas las juntas y el desarrollo de fracturas por reflexión. Esto se debe a que no existe correlación entre ambos. Los principales contribuyentes a la formación de fracturas por reflexión son las variaciones de T° y humedad que se producen a lo largo del tiempo. Es el movimiento de las losas de hormigón bajo la superficie del asfalto el responsable de que se produzcan estas grietas. Las fisuras que no se consideran selladas, tienen un diámetro medio inferior a 10 milímetros y no muestran descascarillado se denominan fisuras pequeñas. Cualquier grieta, independientemente de su anchura, que haya sido rellenada con un sellador adecuado. La técnica indica que se ha cumplido al menos una de las condiciones especificadas, que son las siguientes:

a) Una grieta que no esté rellena y que tenga un ancho de al menos 10 milímetros, pero menos de 75 milímetros; b) Una grieta que tenga al menos 75 milímetros de ancho y esté rodeada de grietas de baja severidad; y c) Una grieta rellena de cualquier ancho que esté rodeada de grietas de baja severidad. Para que algo se considere elevado, una grieta que esté rellena o no y que esté rodeada de grietas de severidad moderada a severa; b) una grieta no rellena con un ancho de más de 75 mm; c) una grieta de cualquier ancho con alrededor de 100 milímetros del pavimento circundante desprendido o roto dentro de la grieta; y d) una grieta que esté rellena o no. Para medir, los metros lineales son la unidad de medida. Se debe conservar documentación por separado para cada grieta, indicando la longitud de la fractura, así como el grado de severidad de la grieta. El sellado y el parcheo de grietas son las opciones disponibles para reparaciones de nivel de gravedad moderado. El sellado es el método de elección para reparaciones de nivel de gravedad leve, mientras que el sellado y el parcheo de grietas son las alternativas, de manera respectiva.



Fisura de borde

A una distancia de entre 0,60 y 0,30 metros del borde del pavimento, se pueden encontrar grietas que corren paralelas al borde del pavimento. El problema, que puede haber sido creado por fallas en la cimentación o subrasante cerca del pavimento (confinamiento insuficiente o compactación de las capas subyacentes), se agrava por las cargas de tráfico. La cimentación o subrasante puede haber proporcionado la cimentación. También existe la posibilidad de que el problema sea provocado por factores climáticos, incluido el drenaje deficiente. La aceleración del proceso podría verse favorecida por ambos componentes si están presentes. Por otro lado, no hay fragmentación ni separación visible, a pesar de que hay un grado detectable de agrietamiento que es bastante severo. A pesar de que no hay fragmentación o separación visible, se pueden identificar grietas de grado bajo a medio. Las fracturas en el hueso pueden variar de menores a mayores. El borde elevado está experimentando un gran grado de erosión, que se está produciendo en toda su longitud. Para medir el espesor de la fractura perimetral se utilizan medidores lineales, con el fin de simplificar el proceso de medición. En circunstancias en las que se determina que el nivel de gravedad es relativamente bajo, no se toman medidas y no se realiza el sellado de grietas. Cuando la extensión del daño es relativamente mínima, se realiza en las mismas. El parcheo es una aplicación que se lleva a cabo con un alto grado de complejidad.

Fisuras transversales y longitudinales

Las grietas en las carreteras que discurren longitudinalmente son fisuras que se extienden en un sentido paralelo al eje de la vía o al trazado empleado durante la construcción. Las grietas en las carreteras que discurren longitudinalmente también se



conocen como grietas longitudinales. Las grietas que se extienden en una dirección en la orientación de la ejecución se denominan fisuras transversales. Por otro lado, las grietas transversales se clasifican como fisuras. La formación de una grieta de reflexión debajo de la superficie como resultado del uso es una de las razones detrás de esto. Entre otros factores que contribuyen a este fenómeno están el desgaste de la banda de rodadura y la contracción de la superficie del asfalto en relación a la temperatura. Además, como resultado de las temperaturas fluctuantes, el asfalto podría presentar un mayor grado de rigidez. Niveles de Severidad. En el nivel más básico, se cumple uno de los criterios de evaluación que se enumeran a continuación: Una grieta que ha sido rellenada y tiene un ancho de menos de diez milímetros; b) Una grieta que ha sido rellenada y tiene cualquier ancho disponible, siempre que el relleno esté en condiciones aceptables; c) Una grieta que ha sido rellenada pero que tiene un ancho de más de diez milímetros. Al utilizar este enfoque, se cumple al menos una de las condiciones que se presentaron anteriormente: Una grieta no rellena que tiene al menos 10 milímetros de ancho, pero menos de 75 milímetros de largo; b) una grieta no rellena que tiene hasta 75 milímetros de largo y está acompañada de grietas aleatorias de baja severidad; y c) una grieta rellena de cualquier ancho que está rodeada de grietas aleatorias de baja severidad. Todas estas grietas se consideran fracturas agrietadas.

(47) Para que se consideren elevadas, es necesario cumplir con los estándares que se enumeran a continuación: a) Fracturas, con o sin relleno, que están irregularmente rodeadas de grietas y muestran una severidad media a alta; b) Grietas que no están rellenas y tienen un ancho mayor de ochenta y cinco milímetros; c) Grietas de cualquier ancho que están acompañadas de aproximadamente cien milímetros de pavimento severamente dañado a su alrededor. A la hora de determinar la longitud de las fracturas se utilizan metros lineales para todo tipo de fracturas, tanto longitudinales



como transversales. Para cada porción de fractura que presente distintos grados de severidad se requiere establecer registros distintos según las pautas específicas. La documentación de cualquier abultamiento o hundimiento que haya ocurrido en la pieza es de suma importancia y debe conservarse para futuras referencias.

Fisura parabólica

Hay una fractura que tiene forma de medialuna en la superficie del objeto. Estas son causadas por la distorsión que se produce como resultado del giro de las ruedas o la aplicación de los frenos. Esta es la razón de la formación de estos. Una mezcla de asfalto con una resistencia baja o una conexión débil entre la superficie y la capa subyacente en la estructura del pavimento podría ser la causa de esta degradación. Ambos factores podrían estar relacionados con el pavimento. Además, ambos elementos causan más daños. Cuando el ancho promedio de una grieta es inferior a 10,0 milímetros, la grieta se considera de nivel de gravedad 48. El ancho de una grieta típica puede variar entre 10,0 y 40,0 milímetros, o el área alrededor de la fractura puede romperse en pequeños pedazos que se empaquetan juntos de manera densa. Ambas posibilidades son posibles. El ancho promedio de la grieta es superior a 40,0 milímetros, o el área alrededor de la fractura está fragmentada y puede eliminarse con mucha facilidad. Ambas condiciones se observan en las fracturas. Se utilizan metros cuadrados para medir el área que está vinculada con una fractura parabólica y luego se clasifica el área según el grado de gravedad que se considera más grave. Un mecanismo de falla conocido como fractura parabólica se puede reparar utilizando una técnica conocida como parcheo. Esta técnica se puede utilizar para reparar la fractura. Si se decide que el nivel de gravedad es moderado, entonces es posible que permanezcan en la situación en la que se encuentran ahora.



2. Deformaciones

Abultamientos y hundimientos

Se refiere a una serie de elevaciones en forma de onda que, como su nombre lo indica, ascienden y se ubican en la capa más externa del océano. Los hundimientos son depresiones en el pavimento que, en su mayoría, tienen una pendiente descendente (o pendiente descendente). Teniendo en cuenta la gravedad de la situación: Debido a que presenta características como fluctuaciones o depresiones, la calidad del tráfico se considera moderada. Una calidad de tráfico de severidad media es causada por ciertas características, como abultamientos o hundimientos, que son responsables de la calidad del tráfico. Debido a que existe riesgo de abultamientos o hundimientos, la calidad del tráfico es altamente adversa. Es el metro lineal, además, se reporta una fractura en el caso de que el abultamiento sea seguido por una fractura cuando se produce a continuación. El parcheo y el reciclado en frío son dos estrategias que tienen el potencial de ser utilizadas para lograr el objetivo de resolver este tipo de falla. Además de eso, el método de superposición es una posibilidad. Existe la posibilidad de que se descarte en el caso de que el nivel de gravedad no sea lo suficientemente significativo.

Corrugación

Disposición de picos y valles que están muy espaciados y se producen a intervalos muy regulares (menos de tres metros de distancia). El tráfico (zonas de frenado y aceleración) y un sustrato o pavimento inestable. El Nivel de Severidad. Como medio de preservar la calidad del tráfico y al mismo tiempo reducir su gravedad Se recomienda que se produzca una calidad de tráfico que sea equivalente a la de alguien con una gravedad moderada. Se recomienda encarecidamente que el tráfico se cree



con un nivel de intensidad alto. Se utilizan metros cuadrados para medir el área de terreno que ha sido afectada. Proceso por el cual aparecen crestas o surcos en una cara o superficie. La reconstrucción es un tipo de reparación que se cree necesaria en escenarios que van de moderados a severos. La reconstrucción se lleva a cabo en estas situaciones. Existe una opción que se puede tomar en consideración y es dejar incompleto el nivel de gravedad bajo.

Depresión

En comparación con el nivel del pavimento en las regiones que rodean estas piezas, la superficie del pavimento en estas porciones está en el extremo inferior del espectro. Existe una clara distinción entre cada una de estas áreas de la superficie del pavimento y las demás. Las pequeñas depresiones se hacen visibles solo después de que se ha producido la precipitación. Esto se debe a que la acumulación de agua hace que se vuelvan evidentes. Observando manchas que es posible localizar depresiones en el pavimento seco. Esto se puede lograr en pavimento seco. Existe la posibilidad de que se desarrollen depresiones como consecuencia, así como de la compactación de la subrasante. Una mirada a los diferentes grados de perturbación: Es posible que la altura de la depresión varíe entre 13,0 y 25,0 milímetros cuando se tiene en cuenta la fuente de luz que se está considerando. Dado que la altura de la depresión puede variar entre 25,0 y 50,0 milímetros, se ha establecido que la depresión es de una magnitud que se considera media. El hecho de que la profundidad del desnivel sea superior a cincuenta milímetros es un claro indicio de que se trata de un problema considerable. De acuerdo con el método de medición, la superficie afectada se mide en metros cuadrados. Siempre que el grado de gravedad sea mínimo, no es necesario tomar ninguna medida ya que no hay nada que hacer.



Desnivel carril – berma

El desnivel entre carril y arcén son las variaciones de elevación que se producen entre el borde de la calzada y el arcén en ese punto en particular. Estas discrepancias se denominan desnivel entre carril y arcén. El desplome del arcén, como la erosión, el asentamiento o la instalación de capas en la calzada sin la alteración adecuada del nivel del arcén. Estas son solo algunas de las posibilidades concebibles. Un vistazo a los diferentes grados de perturbación: Dependiendo de las condiciones de iluminación que se encuentren en el momento, la diferencia de elevación que existe entre el borde de la calzada y el arcén puede oscilar entre 25,0 milímetros y 50,0 milímetros. Se considera que una diferencia es de magnitud media si se encuentra en un rango de cincuenta milímetros a cien mil millones de milímetros. Cuando hay un cambio de elevación de ciento diez milímetros, se considera que es significativo. Los arcenes y el carril se pueden cuantificar con el uso de metros lineales. Para rectificar la situación, se vuelven a nivelar los arcenes para que estén en línea con la altura del carril. Esto se hace como medida correctiva. La gravedad de esto se califica para cada grado.

Parches y cortes utilitarios

Es un trozo de pavimento que se ha reparado con material nuevo como consecuencia de la degradación que ha sufrido. La frase hace referencia al tramo. Además, los parches se forman por incisiones que se realizan durante operaciones como la instalación de cableado eléctrico, el mantenimiento de tuberías de agua o desagüe, la instalación de sistemas de comunicaciones, entre otras actividades comparables. Los parches también se producen por incisiones que se realizan durante la instalación de equipos. Debido a la introducción de parches, inevitablemente se producirá una disminución en la calidad del servicio que presta la ruta. Esta es una consecuencia



inevitable. Niveles de Severidad. Parecería que el parche se encuentra en un estado que cumple con los requisitos. Todas las partes implicadas coinciden en que el nivel de intensidad del tráfico no está a la altura de los criterios que se consideran aceptables. Dicho de otra manera, la calidad del tráfico se ha calificado como de nivel de severidad medio, lo que significa que el parche ha experimentado un descenso significativo de la calidad. Se ha encontrado que el parche ha tenido un descenso significativo, o se ha identificado la calidad del tráfico como muy grave. Ambos hallazgos han sido determinados. Para cuantificar el área que ha sido impactada, se utilizan los metros cuadrados, que son un solo parche cubra muchas áreas con distintos grados de severidad, es necesario evaluar y documentar cada región por separado. En lugar de clasificarse como un parche, el área en cuestión tiene que etiquetarse como pavimento nuevo en el caso de que se haya reemplazado una porción importante del pavimento. Esto se debe al hecho de que el parche no proporciona ninguna documentación adicional de daños. Actualmente, el gobierno no tiene ninguna reparación que haya sido completamente documentada. Uno de los aspectos más fundamentales de la reparación del parche es que es un proceso que implica reemplazo. Es posible ignorarlo siempre que el grado de intensidad no sea muy alto.

Ahuellamiento

Al observar la superficie de las huellas de los neumáticos, es posible ver que se produce una depresión. Al permitir que los materiales se muevan lateralmente como consecuencia de las presiones del tráfico creadas por las capas, es probable que la inestabilidad en las capas sea el resultado de una compactación insuficiente del paquete estructural. Esto proporciona la oportunidad de que los materiales migren lateralmente. Otros factores que probablemente hayan jugado un papel en el accidente



incluyen una mezcla asfáltica inestable, una cantidad excesiva de ligante en el sistema de riego, un diseño deficiente del paquete estructural y un control de calidad insuficiente o defectos en la calidad de los componentes. Todos estos factores probablemente hayan contribuido al accidente. Niveles de Severidad. Existe una relación entre la duración promedio de la formación de surcos y el grado de gravedad que tiene. Este vínculo es positivo. De 6,0 milímetros a 13,0 milímetros es el rango de medidas que se consideran dentro de la categoría moderada. Aquellas dimensiones que son más de 13,0 milímetros, pero menos de 25,0 milímetros se consideran una medida media. En el caso de que la medida sea mayor de 25,0 milímetros, se considera alta. Para el propósito de cuantificar el área que ha sido impactada, se utilizan metros cuadrados, que son la unidad de medida. El fresado y el recubrimiento son dos de las soluciones de reparación que ofrecemos para situaciones que incluyen una variedad de niveles de gravedad, desde leves a moderados y severos. También es posible utilizar parches superficiales, parches parciales o parches profundos. Todas estas opciones están disponibles.

Desplazamiento

De manera longitudinal y permanente, el desplazamiento de una determinada superficie se produce por las cargas de transporte. Este desplazamiento es el responsable del desplazamiento. La presión que se aplica sobre la superficie del pavimento como consecuencia de la actividad de los automóviles hace que se forme una onda en la superficie del pavimento que es a la vez transitoria y rápida. En el mundo del asfalto líquido, apenas existen casos de mezclas que sean inestables. Otro factor que contribuye a este fenómeno es la presencia de pavimentos de hormigón asfáltico en proximidad cercana a pavimentos de hormigón de cemento Portland. Una medida de la medida de la gravedad: El traslado tendrá una influencia menos severa



en la calidad del tráfico, que es el resultado del traslado. Como resultado del traslado, la calidad del tráfico es de una intensidad leve a moderada, según las circunstancias. Debido al desplazamiento, la calidad del tráfico se ha transformado en una que se caracteriza por un grado de gravedad significativo. Para medir con precisión la superficie afectada, que se mide en metros cuadrados, para medir el nivel de daño. En cuanto al inventario de daños, los desplazamientos que se producen en el interior de los parches se siguen considerando parches. Esto es por la razón obvia. El bacheo y el fresado son los dos tipos de tratamientos de reparación que se ofrecen a quienes los necesitan. No hay actividades que se puedan realizar debido al nivel de intensidad que implica.

Hinchamiento

Se produce un aumento de la altura de la superficie del pavimento, y la onda es enorme y de forma progresiva, con una longitud que supera los tres metros. Esta es la cualidad que distingue al evento de otros que se han visto recientemente. Es común que este tipo de daños sean causados por congelamiento como consecuencia de la subrasante o por suelos que son capaces de expandirse. Determinación del nivel de severidad: Debido al hinchamiento que ha dado como resultado una severidad baja, la calidad del tráfico se ha calificado como moderada. La calidad del tráfico se ve afectada cuando hay un aumento de edema que es moderado en frecuencia y severidad. Una determinación de la calidad del tráfico es el hinchamiento, que juega un papel importante. Es posible prescindir de algunas tareas mientras se lleva a cabo el procedimiento de gestión de niveles de gravedad bajos e intermedios. Un enfoque comparable al que se empleaba antes, la reconstrucción, es un método que se puede utilizar en etapas más severas y avanzadas.



3. Desprendimiento

Huecos o baches

Un bache en el pavimento es simplemente una pequeña depresión en la superficie del pavimento, que a menudo mide menos de 0,90 metros de diámetro. Este tipo de depresión se conoce como bache. En el pavimento hace que la formación de baches ocurriría por sí sola. El tráfico es responsable de la erosión de pequeñas partes de la superficie del pavimento, lo que da lugar a la creación de baches. Los baches son una consecuencia de esta erosión. Otra posible explicación de la aparición de baches es que la estructura puede no ser suficiente para soportar el volumen de tráfico que hay allí. Esta es una de las razones por las que se forman baches. Hay muchos elementos que pueden hacer que el avance del deterioro del pavimento sea más fácil de lograr. Algunos de estos problemas incluyen la existencia de grietas graves de cocodrilo, mezclas superficiales inadecuadas y puntos problemáticos en la base o subrasante. A la hora de determinar la gravedad de un bache, es necesario tener en cuenta tanto la profundidad del agujero como su diámetro. El diámetro del bache, que debe ser superior a 762 milímetros, se puede determinar midiendo primero el área en metros cuadrados y luego dividiendo ese número por cinco pies cuadrados (0,47 m²) para llegar al valor apropiado. Al hacer esto, será posible determinar el número de baches que son comparables. Un bache se considera de gravedad leve si su profundidad es menor o igual a 25,0 milímetros. Esta es la profundidad mínima requerida para que un bache se considere leve. Los baches se consideran de carácter muy grave cuando su profundidad es superior a 25,0 milímetros. Este es el umbral a partir del cual se clasifican. La gravedad de la dolencia se utiliza para determinar cómo se clasifican, y su documentación se mantiene separada de la de los demás. Esto se hace para facilitar



el proceso de medición. Esto hace que sea mucho más sencillo categorizarlos según los niveles de intensidad que presentan. Además, existe la posibilidad de medirlos en metros cuadrados. La reparación de los desperfectos suele implicar la aplicación de parches, ya sean parciales o profundos, según la gravedad del problema. Sin embargo, se aconseja tratar estos problemas para evitar que la situación empeore, lo que supondría gastos adicionales en reparaciones. Aunque es posible pasar por alto los problemas clasificados como moderadamente graves, se recomienda abordar estas dificultades. En caso de que existan agujeros, se consideran un problema que requiere la intervención rápida de los reparadores.

Agregados pulidos

El método para reducir la resistencia al deslizamiento del pavimento se denomina "agregado pulido", describe el procedimiento. A medida que los agregados de la superficie se degradan, la resistencia al deslizamiento de la superficie también disminuye, lo que es una consecuencia de esta degradación de la superficie. Las cargas de tráfico repetidas y una cantidad insuficiente de agregado que se distribuye por todo el asfalto son los dos factores más típicos que contribuyen a esta condición. Niveles de Severidad. El nivel en cuestión no ha sido reconocido por ninguna otra persona. El tamaño se proporciona en metros cuadrados y pertenece a la región que se vio afectada negativamente. La documentación de cada una de las incidencias de sangrado se desechará a partir de entonces. Los métodos de pulido, recubrimiento, tratamiento de la superficie e inactividad son algunas de las posibles opciones para reparar cualquier cosa. Otras opciones incluyen no hacer nada en absoluto.

Peladura y desprendimiento

Se trata de un deterioro de la capa superficial del asfalto que se produce como consecuencia del agotamiento del ligante bituminoso y/o la desagregación del



agregado. Los agregados también se ven influenciados por las circunstancias del entorno, así como por el movimiento de los automóviles, lo que lleva a una mejora en la textura del pavimento gracias a los agregados. Hay varias explicaciones posibles para este suceso, incluyendo agregados en el hormigón que están sucios o demasiado absorbentes, fallas estructurales y fallas de adhesión del agregado al asfalto provocadas por fuerzas externas. El problema también puede deberse a que el asfalto se ha endurecido o descompuesto, lo que da como resultado una pérdida de sus cualidades aglutinantes. Esta es otra posibilidad que podría ser la razón del inconveniente. Niveles de Severidad. Nos hemos dado cuenta de que una pequeña cantidad de los agregados o del aglutinante ha comenzado a disminuir. En algunos puntos, ha habido casos de hundimiento de la superficie. Se ha producido un error en la dispersión de los agregados o del aglutinante, que es un medio que contribuye significativamente al efecto general. Es posible caracterizar la superficie como que tiene una rugosidad que va desde ahuecada hasta bastante rugosa en toda su extensión. Se ha pasado por alto una cantidad sustancial de agregado o aglutinante que se ha ignorado. La superficie tiene una textura muy rugosa y está ahuecada en gran medida. Se pueden ver todas estas características. Se utilizan metros cuadrados para medir el área de terreno que ha sido afectada. Por otro lado, a pesar de que el nivel de severidad es moderado, aún es posible aplicar un sellado o tratamiento superficial. La razón de esto es que hay algunas acciones que no están permitidas. Sin embargo, además de las consideraciones que se tienen en cuenta para el nivel moderado, se puede utilizar la superposición o reconstrucción para los otros dos niveles. Esto es adicional a los elementos que se tienen en cuenta para el nivel moderado.



4. Afloramiento y otros

Exudación

Durante el proceso de ejecución de la operación, se aplica el material que se compone de betún y que se ha extruido de la mezcla sobre la superficie del pavimento. Al final, la superficie tendrá una calidad reflectante, un aspecto brillante, una calidad resbaladiza y parecerá que tiene una calidad adhesiva. Este fenómeno se divide en dos componentes, que se produce porque la mezcla comprende una cantidad excesiva de asfalto y un número muy pequeño de huecos. Cuando la mezcla se calienta, los huecos se saturan con asfalto, lo que hace que aparezcan en la superficie de la mezcla. Esto ocurre porque el asfalto absorbe los huecos. En algunos días al año, se cree que la cantidad de sangrado que se ha producido es bastante pequeña y, como consecuencia, casi nunca se detecta. La razón de esto es que cada día es diferente al anterior. La superficie del asfalto hace que sea difícil que los zapatos o los automóviles se adhieran a él. Esto se debe a la superficie. En el asfalto durante este tiempo, solo es posible que se adhiera al calzado y a los automóviles durante unas pocas semanas al año. La razón de esto es que el asfalto se ha vuelto bastante sucio. Esto indica que el volumen de sangrado ha alcanzado un nivel que se considera bastante alto. Este es un síntoma realmente significativo. Además de la gran cantidad de asfalto que se ha adherido al calzado y a los automóviles durante varias semanas a lo largo del año, ha habido una cantidad sustancial de sangrado. Estos dos aspectos contribuyen a la gravedad de la situación, es decir, es grave. Para determinar la cantidad total de tierra que se ha visto afectada, a menudo se utilizan metros cuadrados. La arena, los áridos y el apisonado son ejemplos de procesos de tratamiento viables que tienen el potencial de resolver este problema. El apisonado es otra solución que podría considerarse. A pesar de que



existe una variedad de alternativas accesibles, no hay ninguna acción que se pueda realizar cuando el nivel de gravedad es bajo.

La "calidad del tráfico" es una de las frases que se utilizan para expresar la gravedad de las dificultades que se analizan en este capítulo. En este capítulo se abordan diversas cuestiones en su totalidad. En primer lugar, es de suma importancia definir la palabra "calidad del tráfico". Es posible evaluar la calidad del tráfico recorriendo la carretera en un vehículo de un tamaño típico y viajando a la velocidad necesaria para ese nivel de pavimento. Esto permitirá la evaluación del tráfico. A la velocidad estándar de desaceleración de los vehículos que se acercan a la señal de stop, es importante realizar una evaluación de las secciones del pavimento que se encuentran en las proximidades de la señal de stop. Sin embargo, si las vibraciones se detectan en el interior del automóvil como consecuencia de un problema de ondulación, pero no es requerida una disminución de la velocidad para la comodidad y el bienestar, o si las irregularidades generan un rebote modesto con una ligera incomodidad, entonces el problema se considera de intensidad moderada. Cuando las vibraciones son tan fuertes que hacen necesaria una disminución de la velocidad para conseguir comodidad y seguridad, o cuando los rebotes importantes generan dolor, es posible detectar un defecto de gravedad media. Esto se debe a que las vibraciones son lo suficientemente intensas como para provocar molestias. En definitiva, si las vibraciones en el vehículo son tan intensas que hacen necesaria una disminución sustancial de la velocidad para conseguir comodidad y seguridad, o si las oscilaciones son excesivas, dando lugar a una incomodidad importante y a un riesgo considerable de daños graves en el automóvil, entonces los defectos se evaluarán con una gravedad considerable.

2.2.6 *Actividades de mantenimiento*

Para mejorar la capacidad de servicio del firme y alargar su vida útil, las actividades de mantenimiento se clasifican en función de los tipos de degradación que se han identificado, la frecuencia con que se producen y la gravedad de las manifestaciones de estas degradaciones. Esta clasificación se realiza para alcanzar los objetivos mencionados. Como consecuencia de ello, es de la máxima importancia establecer un programa de seguimiento que permita la pronta previsión de los deterioros, lo que a su vez posibilita el despliegue de acciones preventivas por parte de la organización. De este modo, ya no es necesario esperar a que el fallo alcance cierto grado, lo que obligaría a sustituir o reconstruir como única alternativa viable. Los fallos que afecten al estado funcional darán lugar a la ejecución de operaciones de conservación; en cambio, los fallos que repercutan en el estado estructural darán lugar a la selección de operaciones de rehabilitación o refuerzo. (Bowles, 2001).

2.2.7 *Estado funcional en pavimentos flexibles*

En lo que respecta al estado de funcionamiento de un pavimento, las características topográficas del mismo son los únicos criterios que son significativos. Cuando un pavimento está dañado estructuralmente, también presentará problemas funcionales, que a menudo son de una magnitud más significativa. (Bowles, 2001).

2.2.8 *Índice de regularidad superficial (IRI)*

El IRI, que se considera una característica esencial, es un rasgo que se cree que es relevante ya que está significativamente relacionado con los parámetros funcionales. Para analizar las vibraciones que se producen por fallas o variaciones en el perfil longitudinal de la superficie de la carretera de un automóvil de pasajeros convencional, se utiliza un indicador conocido como IRI. El cálculo se lleva a cabo con la ayuda de un método para evaluar el pavimento a una velocidad de ochenta kilómetros por hora para obtener el resultado deseado.



Para calcular los desplazamientos verticales acumulados de una masa contenida en el interior de un vehículo típico que circula por la carretera, se utiliza el modelo. El resultado se muestra en términos de metros por kilómetro. Un grupo de fallas superficiales que coinciden con el indicador significativo de la calidad del mismo. Este grupo de fallas superficiales se puede encontrar dentro del pavimento. El estado de la superficie del pavimento, los costos asociados con la conducción de un vehículo, así como la sensación de comodidad y seguridad que experimenta el usuario, están directamente influenciados por este problema. Existe una amplia variedad de técnicas y equipos estandarizados que se pueden utilizar para realizar mediciones de IRI. Estos dispositivos y procedimientos varían en términos de la precisión con la que recopilan datos, así como la velocidad a la que lo hacen. El equipo que se utiliza para el propósito de medición debe clasificarse como tal para cumplir con las reglas que mantiene el Banco Mundial. Los instrumentos más conocidos en esta categoría son los que se muestran en la Tabla 2.4. Estos instrumentos son los que se presentan. La velocidad a la que estos equipos toman medidas es lo único que los diferencia entre sí; la precisión de estos instrumentos es la misma en todas partes. Según los criterios técnicos para la construcción de superficies tratadas se considera aceptable en cuanto a rugosidad si las medidas de autocontrol se ajustan a la normativa. Esto es aplicable a los pavimentos construidos con tratamiento de superficies: (Bowles, 2001).

Cuando un pavimento ha sido tratado con una superficie fresca, el valor del IRI puede oscilar entre 2,5 y 3,5 metros por kilómetro, lo que señala que el pavimento se halla en estado óptimo. Se ha determinado que los valores máximos permitidos para pavimentos de asfalto y hormigón deben ser aproximadamente cuatro metros por kilómetro para carreteras, cuatro a cinco metros por kilómetro para carreteras principales y cinco metros por kilómetro para carreteras secundarias. A esta conclusión se llegó como resultado de la experiencia acumulada en el país. (Bowles, 2001).



2.2.9 *Índice de serviciabilidad presente*

Para proporcionar una descripción de la relación que existe entre el IRI y la capacidad de servicio del pavimento, existen diversas formulaciones alternativas que pueden utilizarse. El Manual de Carreteras hace una recomendación sobre la estimación del índice de capacidad de servicio para pavimentos de asfalto: esto es algo que se recomienda. En todos los aspectos, esta evaluación es pertinente para (Bowles, 2001).

2.2.10 *Resistencia al deslizamiento (fricción)*

Tanto "microtextura" como "macrotextura" son palabras que se utilizan en el contexto del pavimento para referirse a las cualidades que tienen un efecto sobre el desempeño de resistencia al deslizamiento del pavimento. En lo que respecta a la superficie de las partículas que entran en contacto con los neumáticos, la palabra "microtextura" se refiere a una rugosidad reducida que normalmente se encuentra dentro del rango de 0 a 0,5 mm de longitud de onda. Esta definición se utiliza para describir la superficie de las partículas. La macrotextura, por otro lado, es una escala física más grande (longitud de onda de 0,5 a 50 mm) que es el resultado de los espacios que están presentes entre las piedras que forman el pavimento. Esto es así porque los huecos contribuyen a la formación del pavimento. Es importante señalar que existe una crucial que contribuye a la seguridad de la conducción en la carretera. Esta calidad depende de una serie de factores, entre ellos la accesibilidad del agua, el estándar de los neumáticos, la velocidad, la cantidad de aire y una variedad de otros factores.

Para determinar la resistencia al deslizamiento de un material, se pueden utilizar varios métodos independientes. En Chile no existen condiciones normativas para la aceptación o el rechazo, con la excepción de las marcas viales, en las que se aconseja



obtener un valor C.R.D. proyectado de 0,45 o superior. La razón de esto es que Chile tiene una experiencia comparativamente limitada con otras naciones más industrializadas. Esta es la razón por la que esto es así. (M. de C., Vol. 5).

Los valores dobles han sido evaluados por una plétora de investigaciones. Estos estudios han aportado una cantidad considerable de información. Se ha determinado que los valores son muy diferentes entre sí y pueden encontrarse en cualquier punto del intervalo [0,49; 0,70]. Es factible clasificar los valores de fricción que se obtuvieron utilizando un péndulo británico sobre pavimento mojado (condición crítica) de acuerdo con la Tabla 2.7, que constituye una referencia. Esta clasificación puede considerarse una clasificación (Lambe y Whitman, 1982).

2.2.11 Textura superficial

Durante el proceso de evaluación de la rugosidad superficial de los pavimentos en Chile, se utiliza el ensayo del círculo de arena como un método adicional con el objetivo de determinar la rugosidad superficial. Esto proporciona un indicador del nivel de macrotextura que tiene el pavimento. Grasa en los pavimentos de los aeropuertos, el primer paso es esparcir una cierta cantidad de arena con una granulometría específica sobre la superficie del pavimento que se está evaluando. Luego de eso, se mide el área total que está cubierta por la arena. Esta técnica, ya que su objetivo principal es proporcionar una evaluación promedio de la profundidad de la textura. Este es el objetivo principal del enfoque. (Lambe y Whitman, 1982).

2.2.12 Factores funcionales complementarios

Además de los componentes funcionales que se discutieron anteriormente, ahora se están investigando nuevos componentes funcionales. Está vinculado a una colección de



rasgos que se asocian con la seguridad, la utilidad y el aspecto atractivo. Este conjunto de criterios está conectado a estas características. En el caso de los pavimentos asfálticos, los problemas más importantes son la formación de surcos y grietas, que pueden no ser inmediatamente evidentes mediante mediciones directas (IRI) en el patrón de tráfico. Aunque estos problemas son graves, no siempre son fáciles de detectar. Los desplazamientos que se han dañado, los baches, la grava que se ha desprendido y otros componentes son algunas de las variables adicionales que conducen al deterioro de los pavimentos asfálticos. (Lambe y Whitman, 1982).

2.2.13 Estado estructural en pavimentos flexibles

Para calcular el estado estructural de un pavimento, es necesario tener en cuenta la integridad física y estructural general de la sección del pavimento, además del estado de cada capa, que incluye la superficie del subsuelo. Al mismo tiempo que se requiere desarrollar un programa que controle el estado estructural del pavimento, también es importante diseñar un programa que permita la rápida identificación de cualquier falla. Estos problemas pueden estar relacionados con el diseño estructural, la calidad de los insumos que se utilizaron o el proceso de ejecución en su conjunto. Existe la posibilidad de que estos tres factores estén interrelacionados. En las primeras etapas de la degradación estructural, comienzan a interactuar entre sí una serie de factores, como la infiltración de agua y dañada. Debido a esta interacción, existe la posibilidad de que el edificio se derrumbe a las predicciones iniciales. (Lambe y Whitman, 1982).

2.2.14 Deflexiones superficiales

Los pavimentos sufren deformaciones elásticas cuando se someten a cargas, lo que provoca el desarrollo de tracciones en circunstancias que sólo se dan durante periodos muy cortos de tiempo. La aplicación continua de estas tracciones una y otra vez es lo que provoca



la fatiga del material. La aparición de este fenómeno es una señal de que las tensiones ejercidas sobre la estructura han superado, durante un periodo de tiempo, el límite elástico de la misma. Esto hace que el material sufra deformaciones no elásticas o permanentes como consecuencia de cargas que no se acercan a la resistencia máxima absoluta del material, lo que finalmente conduce al colapso del material. Cuando un pavimento se expone a una determinada carga, el grado de deflexión que presenta es un indicador fiable de las capacidades estructurales que aún posee.

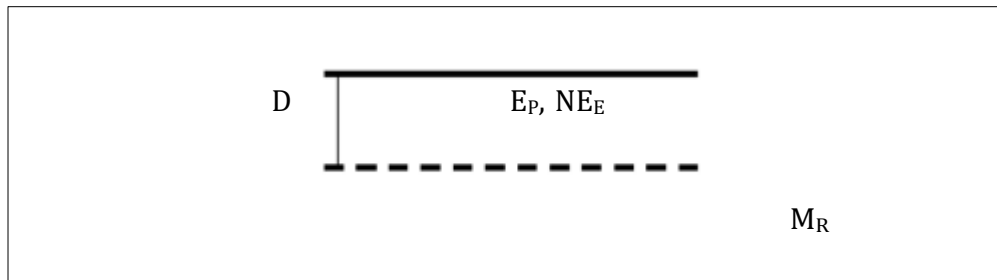
Un deflectómetro de impacto, también conocido como deflectómetro de caída de peso (FWD), es un dispositivo diseñado para realizar pruebas que se pueden realizar en un corto período de tiempo, no producen ningún daño y son económicas. La colocación de un peso de impacto sobre la superficie de la estructura permite detectar con mayor precisión las deflexiones superficiales. Se logra el modelado de las cargas de tráfico como resultado de la placa de carga. La razón de esto se debe al impacto de estas diversas causas. Es posible establecer una conexión directa entre las deflexiones y el comportamiento del pavimento cuando se encuentra en su estado natural mediante el empleo de un análisis de retrocálculo, que implica modificar las deflexiones observadas para alinearlas con las deflexiones teóricas predichas y permitir que se determinen los módulos. Esto permite el posible establecimiento de una conexión entre las deflexiones y el comportamiento del pavimento. La propiedad elástica del pavimento también se puede evaluar mediante el uso de deflexiones, que brindan otra posibilidad. (Lambe y Whitman, 1982).

2.2.15 Retroanálisis aashto

Para la investigación de las deflexiones en el pavimento se utiliza un modelo de dos capas de fácil comprensión, tal y como se describe en el manual de orientación publicado por la AASHTO americana. (Kraemer, 2010).

Figura 8

Sistema bicapa equivalente del pavimento – sub-rasante



Nota. National Roads Board, (1989) “State Highway Pavement Design and Rehabilitation Manual”, Nueva Zelanda.

1. MÓDULO RESILIENTE

Según la AASHTO (1993), el módulo resiliente del suelo de cimentación se define como la relación entre las tensiones que se aplican y las deformaciones que se pueden recuperar. Esta definición fue proporcionada por la Sociedad Americana. Se ha demostrado, sobre la base de los hallazgos de una investigación de deflexión de dos capas, que la superior tiene un impacto muy pequeño en el módulo de resiliencia representativo (M_R) de la subrasante. Este M_R en particular está relacionado con el expuesto a choques cíclicos, y existe una conexión entre las dos mediciones. (Kraemer, 2010).

2. MÓDULO ELÁSTICO DEL PAVIMENTO

El módulo elástico del pavimento corresponderá que se coloca sobre la subrasante en el caso de que el pavimento esté sujeto a cargas cíclicas. Esto ocurrirá en el caso de que el pavimento esté expuesto a cargas periódicas. (Kraemer, 2010).

3. NÚMERO ESTRUCTURAL EFECTIVO

Una medida que ilustra la capacidad del pavimento para resistir las tensiones que induce el tráfico. Esta medida se denomina número estructural efectivo. (Kraemer, 2010).



2.3 Marco conceptual

2.3.1 *Escarpe*

La eliminación de la capa vegetal que está unida al suelo es un paso absolutamente necesario que se debe realizar antes de que se pueda comenzar cualquier trabajo en el área que se ha designado para la ejecución del sistema. La base para el proceso de construcción se establece de esta manera la estructura. (Aguirre, 2001).

2.3.2 *Calicata*

El proceso de inspección incluye una serie de pasos clave, uno de los cuales es el descubrimiento, la identificación y la clasificación de las secciones componentes de los suelos de cimentación mediante el uso de sistemas de estratigrafía y prueba. Cuando se trata de suelos de edificios, muros, carreteras y otras construcciones arquitectónicas, este procedimiento es importante. (Kraemer, 2010).

2.3.3 *Terraplén*

Al construir la base del pavimento, se utilizan suelos adecuados que se han compactado al grado apropiado en el proceso de construcción. (Rico Y Del Castillo, 1990).

2.3.4 *CBR*

En comparación con la presión que se necesite para lograr deformaciones equivalentes en un agente triturado estandarizado, que se designa como cien por ciento, el índice California Support Ratio (CBR) cuantifica, como porcentaje, la presión que se requiere para que un pistón con un diámetro de cincuenta milímetros penetre un milímetro y medio por minuto. Esta presión se mide en milímetros por minuto. Esto provoca deformaciones que pueden ser tan grandes como un milímetro y medio, lo que equivale a media pulgada.



2.3.5 Densidad límite compactada seca (DMCS)

Esta es la densidad seca límite que puede producir un tipo particular de suelo cuando se combina con una cierta cantidad de agua, que se conoce como el porcentaje de contenido de humedad óptimo. Además de denominarse densidad Proctor, también es la densidad seca más alta que puede alcanzar el suelo. Este valor se logró utilizando la prueba Proctor modificada en el proceso de aprendizaje. (Kraemer, 2010).

2.3.6 Densidad relativa (DR)

En proporción a las secciones de suelo menos gruesas y más sueltas, el grado de compactación del suelo que se presenta en el paisaje. (Rico Y Del Castillo, 1990).

2.3.7 Subrasante

Plano superior del movimiento de tierras, que se ajusta a necesidades específicas de geometría y que ha sido conformada para resistir los efectos del medio ambiente y las sollicitaciones que genera el tránsito. (Juárez y Rico, 1995).

2.3.8 Escarificar

La superficie superior de las explanadas se ha ajustado para dar cabida a los requisitos que se han establecido, y se han seguido ciertos criterios geométricos. Tanto los impactos de las condiciones ambientales como las tensiones que induce el tráfico se han tenido en cuenta al diseñar las explanadas antes de su construcción. La subrasante es algo que se considera que se utiliza en el proceso de construcción del pavimento y de las bermas. (Juárez y Rico, 1995).



2.3.9 *Asfalto cortado*

La desagregación del terreno existente mediante la aplicación de métodos mecánicos, la posterior retirada o adición de materiales y el posterior procedimiento son todos procesos que se incluyen en el proceso de compactación de la capa que se genera como resultado de esta operación. (Bowles, 2001).

2.3.10 *Proctor modificado*

Los productos líquidos de petróleo son aquellos que se generan al fluidificar una base asfáltica con destilados de petróleo, según este sistema de clasificación. El hecho de que estos bienes hayan sido diseñados con la única intención de ser utilizados en la producción de mezclas asfálticas es el factor principal que contribuye a su identificación. (Bowles, 2001).

2.3.11 *Emulsiones asfálticas catiónicas*

Con el objetivo de evaluar la humedad ambiental y la densidad del suelo compactado en un molde estandarizado, se realizó un experimento de laboratorio con un ariete de 4,5 kilogramos de peso que se dejó caer desde una altura de 460 milímetros. El fin de llevar a cabo el experimento. Según las mediciones, el componente de suelo tenía una energía de compactación específica de 2,67 julios por centímetro cúbico. Ver imagen N° 11. (Bowles, 2001).

2.3.12 *Cemento asfáltico*

Como ejemplo de emulsión catiónica, considere un emulsionante que se descarga en el ánodo y tiene una polaridad con carga positiva. La existencia de este tipo particular de emulsión es lo que la distingue de otras. El desarrollo de este tipo de emulsión es consecuencia de



interacciones entre ácidos inorgánicos potentes, como el ácido clorhídrico, y moléculas de sustancias grasas. (Moreno, 1974).

2.3.13 Quiebre del asfalto

El material que se genera mediante los procesos que se utilizan para refinar los desechos de petróleo debe ser capaz de cumplir con los requisitos que se han establecido para que sea adecuado para su uso en la construcción de pavimentos peatonales. (Quinteros, 2007).

2.3.14 Capas

Tanto los anchos como los espesores de la sección estándar están definidos por el uso de estos materiales. Estos recursos constituyen el componente estándar de los componentes del sistema. Las diferentes rutas tienen un número variable de niveles, y los materiales que se utilizan para construir esas capas son distintos entre sí. El número de capas varía según la ruta. (Quinteros, 2007).

2.3.15 Espesores

La meta de estas mediciones es calcular la altura mínima de cada capa que interviene en la creación del pavimento. (Bowles, 2001).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Características de la investigación

Método Descriptivo, la finalidad es analizar las posibles relaciones causa - efecto.

HIPOTETICO – DEDUCTIVO

Dado que la hipótesis proporciona una posible respuesta de los investigadores basada en un marco teórico previamente construido para respaldar la conjetura sobre la realidad objetiva, es razonable decir que refleja un proceso de arriba hacia abajo. Esto se debe a que la conjetura se refiere a la realidad objetiva. Como la hipótesis es una representación de una respuesta potencial, este es el caso.

- NIVEL : DESCRIPTIVO
- METODO : DEDUCTIVO
- ENFOQUE : CUANTITATIVO

3.1.1 *Diseño específico*

3.1.1.1 **Diseño de la investigación**

Al tomar un espécimen representativo del área que es objeto del estudio, el análisis de datos cuantitativos sirve al objetivo de determinar si los requisitos se pueden medir o no.



De esta manera, se establecerá una base justa para evaluar la viabilidad y la eficacia del plan actual sobre la base de los valores que se han obtenido.

3.1.1.2 Modelo de investigación

La idea de causalidad sirve como base para investigar el origen o principio de los efectos que son inherentes al entorno de la presente investigación, al mismo tiempo que se reconoce el carácter sincrónico del examen.

3.2. Técnicas e instrumentos de la investigación

El presente proyecto de investigación se estableció con el objetivo de descubrir mecanismos de control dentro del marco analítico.

3.2.1 Técnicas e instrumentos para la evaluación de la vía

Se efectúa un análisis de:

- Sistema de la carretera.
- Superficie de la rodadura de la carretera.

3.2.1.1 Análisis del sistema de la vía

Con el fin de obtener la información necesaria para la evaluación de los materiales, los suelos de base o subbase se someterán a los ensayos de laboratorio correspondientes:

- Evaluación granulométrica.
- Límites de consistencia.
- Organización de suelos.
- Consolidación.
- CBR de suelos.
- Densidad in situ.



3.2.1.2 Evaluación de fallas en la superficie de rodadura de la vía

Se llevará a cabo un inventario de las fallas que haya en la vía; siendo:

- Baches.
- Grietas.
- Ahuellamiento.
- Hundimiento.
- Desintegración superficial.

3.2.1.3 Análisis de la vía para la propuesta de soluciones simples

Se llevará a cabo una evaluación en:

- Clases y grados de desgaste.
- Propuesta de soluciones básicas por actividad de conservación, mantenimiento y recuperación.

3.3. Población y muestra

3.3.1 Población

Se planeará para la población en la región Puno que cubra la ruta que une Huata, Coata y Capachica, con el fin de facilitar el proceso de realización de la investigación.

3.3.2 Muestra

En vista de que la ruta objeto de esta investigación se encuentra en estado de deterioro, la elección de la misma se tomó sobre la base de consideraciones deliberadas y no de la casualidad. Se pueden atribuir a la ruta una serie de características, las cuales son las siguientes:



Muestra	: No probabilística.
Tipo de Muestra	: Intencionada.
Vía	: Huata – Coata – Capachica.
Clase de Pavimentos	: Flexible.
Superficie de Rodadura	: Tratamiento superficial bicapa.
Ancho Promedio	: 7.00 Mt.
Longitud en Estudio	: 1622 m.
Longitud Total de la Vía	: 42 Km.
Desgaste	: Sub base, base y superficie de rodadura.

3.4. Plan de tratamiento de datos

Se utiliza un enfoque de estudio descriptivo, con el mayor enfoque puesto en las características y componentes fundamentales que requieren diagnóstico. Se toman en consideración variables nominales y/o ordinales como consecuencia del examen del estado de las rutas que solo han recibido un mantenimiento superficial. Esto finalmente resulta en el manejo de datos tanto cuantitativos como cualitativos, ya que se toman en cuenta ambos tipos de criterios. El éxito en el logro de nuestro objetivo fue posible al tomar en cuenta los siguientes factores:

- a) Recolección y análisis de valores. Tanto nominales como ordinales.
- b) Codificación de valores.
- c) Ordenamiento de valores.
- d) Presentación de valores.

3.5. Sistematización, análisis e interpretación de datos

La información se ha organizado en tablas para calcular el diagnóstico del estado de la ruta haciendo uso de los indicadores específicos que se proporcionaron durante el proceso



de operacionalización de las variables. Esto se hizo con el fin de evaluar la efectividad de la carretera.

Una vez finalizada la organización de los datos, se sometió a un análisis, que está influenciado por tres fuentes distintas de información:

3.6. Información de la carretera a evaluar

Al tener en cuenta que ahora se está revisando la ruta para la investigación posterior, se considerarán los siguientes factores:

3.6.1 Ubicación

Ubicación Política

Región	: Puno
Provincia	: Puno
Distrito	: Huata – Coata – Capachica
Tramo	: Huata – Coata - Capachica

Ubicación Geográfica

Se puede llegar a la ciudad de Capachica, que se encuentra en el distrito de Capachica, utilizando esta carretera, que se encuentra en la parte sureste de Huata y ofrece un enlace con la ciudad. Además de ofrecer acceso al lago Titicaca, algunos tramos de la pasarela están equipados con estaciones de eliminación de desechos para los residentes de la región circundante. Estas estaciones están disponibles para cualquier persona que viva en el área circundante. El tramo de la carretera Huata-Coata fue el catalizador para el inicio del proceso de urbanización y la subdivisión de la tierra en lotes como consecuencia de las razones descritas anteriormente. Como resultado de que se decidió que este tramo específico



de la carretera necesitaba una reparación rápida, se tomó en consideración. Además, la administración regional de Puno es responsable de supervisar el desarrollo del pavimento flexible de doble capa en varias partes del territorio. Los residentes de Huata, Coata y Capachica, además de los pueblos que se encuentran en las inmediaciones de estas tres comunidades, son las personas que se beneficiarían directamente de este esfuerzo. Es fundamental prestar atención al hecho de que no se hizo mucho hincapié en la forma correcta de la subrasante o de la base en el tratamiento de la superficie que se examinó. Esto es algo que debe tomarse en cuenta. El tratamiento de superficie que se aplicó al pavimento flexible se mantuvo en estas condiciones durante todo el viaje, que comenzó en el pueblo de Huata y terminó en el pueblo de Capachica. Las siguientes coordenadas, que equivalen a una altura media estimada de 3830 metros sobre el nivel del mar, son las coordenadas en las que se puede encontrar este sitio: Para efectos de este cálculo, deberá proporcionar la longitud $69^{\circ} 54' 00''$ Oeste y la latitud $15^{\circ} 35' 00''$ Sur. La zona de Sierra Nevada se caracteriza por su terreno llano, que es uno de los aspectos más notables de la región.

3.6.2 *Cualidades*

La vía que atraviesa el centro de Huata y Capachica es la que divide a ambos pueblos. Huata y Capachica son los dos pueblos que se encuentran divididos por esta vía. Hoy por hoy, las características de esta vía consisten en una serie de componentes que, al construirse en su conjunto, constituyen la construcción global. Entre estos componentes se incluyen las siguientes características en la investigación en curso sobre el análisis estructural del pavimento de la vía Huata – Coata – Capachica, que hace uso de un método de evaluación destructiva. Estas características se incluyen con base en las verificaciones y estudios que se han realizado en campo:



La vía entre Huata, Coata y Capachica tiene una longitud total de 42 kilómetros, iniciándose en el desvío a Huata de la carretera Juliaca-Puno y finalizando en Capachica, entre los kilómetros progresivos 00+00 y 42+622. En general, el ancho de la vía es relativamente constante en sus diferentes tramos, el cual ronda los 8,5 metros. Esto es así en la mayoría de los casos. En la mayor parte de las zonas de esta zona es posible encontrar esta extensión. Se estima que la superficie tratada abarca unos 113.787 metros cuadrados de terreno. Esta vía está totalmente libre de obstáculos en el centro de su longitud y está dotada de dos carriles que discurren en ambos sentidos a lo largo de toda su longitud. En esta zona en particular, el asfalto que constituye el pavimento está sometido a un tratamiento superficial que se compone de dos capas. Es decir, el ancho de la berma oscila entre un metro y un metro y medio, y se extiende por la mayor parte de las zonas en ambos sentidos. Lamentablemente, las cunetas se encuentran en un estado de deterioro irreparable. La pendiente menos pronunciada ronda el 0,23%, mientras que la pendiente más pronunciada está entre el 0,82% y el 0,82%. La calidad del bombeo es inconsistente en varias direcciones.

3.6.3 Puntuación de la vía

Las vías de doble calzada, también conocidas como vías de dos carriles, son consideradas de segunda categoría en cuanto al servicio que prestan y la demanda que atienden. Este tipo de vía se caracteriza por la presencia de dos carriles de circulación a cada lado y tiene capacidad para acoger entre 2.000 y 400 automóviles diariamente. En la guía de pavimentos urbanos, esta vía está clasificada como sistema vecinal, pero también se clasifica como vía principal y vía colectora. Existen tres clasificaciones diferentes para esta vía. Según las autoridades, se ha llegado a esta conclusión. En cada una de estas categorías, la información que se utiliza para crearlas es idéntica.



3.6.4 Descripción del pavimento en evaluación

Antes de iniciar el proceso de establecimiento del perfil del proyecto de tesis, se realizó una evaluación visual y trabajo de campo con el fin de recabar información sobre la situación actual de la ruta que une Huata, Coata y Capachica. Esto se hizo con el fin de obtener información sobre el estado actual de la ruta. Como consecuencia de la capa de asfalto actual, que se cree que tiene un espesor de menos de 1,5 pulgadas, se han creado una serie de enormes agujeros y baches, ya que el consenso general es que esto ha llevado a la construcción de estos agujeros. Hay una serie de problemas que se han reconocido como contribuyentes a los desafíos que se han encontrado. Estos incluyen procedimientos de construcción incorrectos, mala composición del asfalto, materiales que no cumplen con las regulaciones, adhesión inadecuada entre el asfalto y el agregado, e infiltración de agua. En cuanto al espesor, la capa base suele medir veinte centímetros en promedio, y la capa subbase también suele medir veinte centímetros de espesor. Bajo estas capas, existe la posibilidad de que haya un relleno de material prestado que no ha sido tratado y está destinado a lograr una mejora en la subrasante. Además, hay bermas laterales adicionales construidas a nivel del pavimento a ambos lados de la carretera, y las longitudes de estas bermas laterales son comparables entre sí. Existe una cantidad significativa de daños en las bermas que se encuentran a lo largo de la carretera. Las longitudes de las bermas que se instalan a ambos lados de este tramo específico de la autopista varían de un metro a un metro y medio. Estas bermas se suministran con una configuración particular.

3.6.5 Importancia

En el Plan Maestro de las localidades de Huata, Coata y Capachica, esta vía se define como una ruta clave que comunica la zona del lago con las ciudades de Puno y Juliaca. A pesar de ello, la vía se encuentra en un estado lamentable y no existe ningún tratamiento que



pueda aplicarse para corregir los problemas que presenta. Por la vía que une Huata, Coata y Capachica, llegan principalmente a las ciudades de Puno y Juliaca diversos tipos de vehículos que provienen de las regiones aledañas al lago Titicaca, es decir, de las localidades de Huata, Coata y Capachica. Esto es un problema ya que es la ruta que con mayor frecuencia comunica estas tres localidades. Como consecuencia de su posición y mal estado, esta ruta presenta actualmente dificultades, lo que afecta la fluidez del tráfico y hace imposible el paso de vehículos.

Producido un aumento sustancial del número de vehículos en el Perú, lo que ha provocado un aumento de la congestión vehicular que se produce en las zonas urbanas. Una situación similar a la anterior se ha presentado en nuestra ciudad, lo que ha provocado que aumente el número de vehículos particulares y de empresas de transporte urbano e interurbano que utilizan esta vía.

La red vial incluye esta vía, que es un tramo que permite el acceso a la ciudad del tráfico proveniente de Puno, componente que facilita el desplazamiento entre provincias. Adicionalmente, existe una vía que permite el acceso de camiones de gran porte al sector agrícola de los sectores de Coata y Capachica, ubicadas en la zona que bordea el lago. Este es el mecanismo por el cual las ciudades de Huata se vinculan con la región del lago. Dada la presencia de asentamientos en el pavimento flexible y el deterioro de su estado, resulta de suma importancia evaluar el estado o desempeño del pavimento para proponer alternativas de solución de conservación, mantenimiento, reparación, rehabilitación o reconstrucción. Esta evaluación debe realizarse con el fin de maximizar la probabilidad de lograr los resultados deseados. El efecto final de todo ello será una mejora de la transitabilidad y garantizará a los usuarios unos niveles adecuados de accesibilidad, seguridad y confort. En la calidad del pavimento influyen diversos elementos, como la ubicación del pavimento, su



finalidad, su composición, el volumen de tráfico que circula por él y el grado de degradación de la capa asfáltica.

3.7. Análisis de la superficie del pavimento

3.7.1 Generalidades

El tema de estudio de este capítulo es la evaluación de las superficies del pavimento tanto antes como después de las alteraciones superficiales (también conocidas como modificación de la superficie). Este capítulo se centra en la realización de una evaluación del rendimiento funcional. El cálculo del (PCI) es el método que se utiliza para llevar a cabo este examen exhaustivo. De acuerdo con lo que implica su nombre, se encarga de evaluar el estado del pavimento mediante el uso de inspecciones visuales y la identificación de una serie de problemas.

La evaluación de la superficie, que se ocupa de debe llevarse a cabo utilizando un método creado específicamente para pavimentos flexibles. Por lo tanto, esto se debe al hecho de que el tratamiento de la superficie se compone de dos capas.

3.7.2 Concepto de análisis superficial del estudio

Como resultado de la descripción del estado de la superficie del pavimento y del entorno en el que se encuentra, es posible llegar a conclusiones importantes sobre la planificación de futuros esfuerzos de conservación. Al realizar una inspección del entorno, es de suma importancia tener en cuenta las numerosas obras auxiliares asociadas al pavimento, ya que el pavimento es un componente del entorno que lo rodea y existe la posibilidad de que estas obras tengan un impacto, ya sea directo o indirecto, en la salud y la seguridad de los participantes. Nuestra capacidad para hacerlo es una consecuencia directa



de la evaluación visual que se realizó. Calcular el requerimiento de un análisis de la clase estructural para el diseño de refuerzos.

3.7.3 Clasificación de fallas de pavimentos

Debido a que existen varios libros y catálogos que brindan información sobre los numerosos tipos de fallas, no es necesario mencionar todos y cada uno de ellos. Como resultado directo de esto, solo discutiremos los cuatro tipos básicos de deficiencias.

3.7.4 Evolución de las fallas

Cuando una falla determinada alcanza un cierto porcentaje, automáticamente pasa a una nueva categoría de falla mayor. Este cambio se produce antes de que la falla alcance el umbral. En el caso de que no se controlen los procesos de asentamiento, es posible que se produzcan pequeñas grietas en los pavimentos flexibles como resultado de esto. Con el paso del tiempo, estas fracturas acabarán entrelazándose, lo que dará lugar a un patrón comparable al de la dermis de un cocodrilo. Este mecanismo permitirá la entrada de agua en el edificio, lo que provocará el debilitamiento progresivo de la estructura y, en última instancia, su derrumbe. El agua acabará por destruir el edificio.

3.7.5 Determinación de fallas en un pavimento

Es posible descubrir defectos superficiales en el pavimento mediante el uso de exámenes visuales, que pueden llevarse a cabo de forma manual o mecánica. Las inspecciones visuales son un método que se puede utilizar para lograr esto. Las inspecciones visuales que realiza una sola persona tienen sus límites cuando se trata de evaluar una red de carreteras que es bastante extensa. Las inspecciones no solo son tediosas y consumen mucho tiempo, sino que también implican enormes gastos. Esto se debe a que necesitan la presencia de un gran número de automóviles y trabajadores. Además, las inspecciones son costosas.



Sin embargo, cuando se utiliza en tramos de carretera de menor longitud, esta forma de inspección visual no solo es simple sino también efectiva y precisa. Esto se debe a que es capaz de evaluar con precisión el estado de la carretera.

La cámara de filmación que se utiliza durante las inspecciones visuales automatizadas está colgada de un brazo de metal que está unido a un peso de sesenta kilogramos por hora. Esto permite que la cámara capture las imágenes de las inspecciones. En comparación con los equipos que se utilizan en geofísica, es concebible establecer similitudes entre este aparato y aquel aparato. Este tipo de examen visual tiene una serie de beneficios que son inmediatamente evidentes cuando se contrasta con otros tipos de inspección visual. Entre estos beneficios, los que más se destacan son la mayor objetividad, exhaustividad y velocidad con la que se lleva a cabo. La disponibilidad de un archivo que simplifica el proceso de establecer comparaciones entre varias épocas históricas diferentes y ayuda a comprender la historia del pavimento es otro beneficio que las personas pueden aprovechar.

Este método de inspección tiene una serie de inconvenientes, algunos de los cuales incluyen el hecho de que es difícil detectar grietas microscópicas, que no puede estimar la profundidad debido a su funcionamiento plano y que no revela deformaciones plásticas o anomalías en la uniformidad de la superficie, por nombrar solo algunos de estos inconvenientes. Estos son solo algunos de los inconvenientes que tiene este método.

3.7.6 Determinación del índice de condición del pavimento

Se puede encontrar una gran cantidad de información sobre el cálculo del Índice de Estado del Pavimento (PCI) en el libro titulado "Pavimentos de hormigón y asfalto: mantenimiento y reparación", producido por el Instituto Americano del Hormigón. Este libro



contiene una enorme cantidad de información. Con el fin de facilitar una mejor comprensión de la evolución y las computadoras dan ideas esenciales.

M.Y. Shahin y S.D. Khon fueron los primeros en idear esta técnica de evaluación, que luego fue publicada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en forma de Informe Técnico M-268 (1978). Como parte de este esfuerzo de investigación, se planeó establecer el Estado del Pavimento (PCI) que pudiera usarse en carreteras, calles y estacionamientos. El PCI se diseñó cuando se desarrolló por primera vez con el objetivo de proporcionar al ingeniero la siguiente información específica:

- La evaluación del estado estructural y superficial (funcional) de un segmento de pavimento utilizando un método que es generalmente reconocido y aceptado.
- Sobre la base del estado actual del pavimento, un método para evaluar la cantidad de trabajo de mantenimiento y reparación necesario que debe realizarse.
- Con esta técnica, el objetivo de la evaluación del rendimiento se logra mediante el uso de la medición continua del PCI.:

3.7.7 Ecuación PCI

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^{mi} VD(T_i, S_j, D_{ij}) \right] * F \quad \dots \text{Ec.(3.1)}$$

3.7.8 Tipos de fallas

Existen muchos tipos diferentes de fallas que se definen en el método, y cada uno de los problemas que se observan en el pavimento que se está examinando debe clasificarse de acuerdo con esos diferentes tipos de falla.



Severidad de Falla: Bajo (L), Medio (M) y Alto (H) son palabras que se utilizan para distinguir entre los diversos niveles que se tienen en cuenta en el enfoque para cada falla. Estas etiquetas se utilizan para indicar el grado de falla que se logra.

Valor de Deducción: Para determinar estos valores (VD), es necesario tener en cuenta el tipo de falla, el grado de severidad de la falla y la frecuencia con la que ocurre la falla en el pavimento. Los diagramas ilustran la relación que existe entre el porcentaje de densidad y el valor de deducción entre las dos variables.

Factor de Ajuste: Es posible realizar ajustes al monto total de la deducción con la ayuda de este componente en caso de que la condición del pavimento se vea afectada negativamente por varios tipos diferentes de falla. En el proceso de cálculo del valor de deducción corregido (VCD), las curvas que se utilizan se generan a partir del valor de deducción total (VTD) y "q", que representa el recuento acumulado de VD individuales que son mayores de 2. Esto se hace para garantizar que el VCD se calcule con precisión.

Procedimiento de Inspección: Para asegurar que la prueba PCI tenga lugar con éxito, es esencial realizar una verificación integral del pavimento. Este estudio se está realizando con la intención de determinar los muchos tipos de falla, así como el grado y la gravedad de cada caso. Hay dos enfoques distintos que se pueden utilizar para realizar la evaluación del pavimento peatonal. Independientemente de en cuál de los dos escenarios se encuentre, es esencial que el área del pavimento se mida en metros cuadrados. El primer método incluirá el análisis de todas y cada una de las unidades, y la segunda fase implicará la selección de una muestra al azar de entre todas las unidades que aún están disponibles. Se realiza una revisión exhaustiva de cada uno de los elementos, y la hoja de evaluación es la encargada de documentar la información sobre cada tipo de falla.

Inspección por muestreo: Es probable que realizar una inspección exhaustiva de todas las unidades en una ubicación determinada sea una tarea que demande mucho tiempo, recursos y costos. Para el objetivo de calcular el PCI, este enfoque emplea una metodología de muestreo estadístico como su método principal de recopilación de datos. La evaluación de una muestra que sea representativa de la sección contribuye a la reducción de cualquier pérdida significativa de precisión que pueda ocurrir como resultado de esta técnica. Es posible determinar el mínimo que requieren para obtener un nivel de confianza equivalente al 95%.

3.7.9 Determinación de fallas en el pavimento de la vía

Para establecer un inventario más exacto de los problemas que se han encontrado, se ha realizado un patrullaje de la vía en ambos sentidos a partir del kilómetro 0+00. Esto se hizo con el fin de elaborar el inventario. Las fallas que son comunes a ambos carriles y el hecho de que la vía se ha patrullado en tramos de veinte metros cada uno, es la razón de este desarrollo. Teniendo en cuenta el ancho del carril, es de 3,60 metros. El pavimento de la calzada Huata – Coata – Capachica se somete a un examen visual humano para determinar la extensión de los defectos que puedan existir. Este examen se lleva a cabo siguiendo una ruta determinada y tomando nota de los errores o anomalías que se encuentran en el camino. Diversos tipos de fallas que están presentes en el pavimento. Después de eso, la tarea estará terminada.

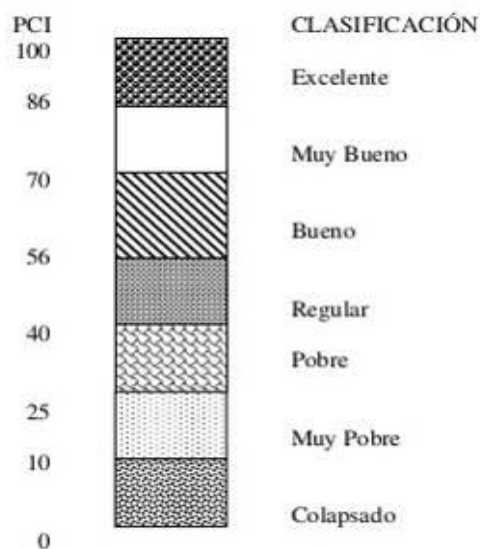
Baches y hundimientos son los dos tipos de fallas que se ven con más frecuencia en el pavimento flexible. Los baches son más comunes que los hundimientos. Además de estos problemas comunes, la piel del caimán también puede verse afectada por fracturas, desintegración, exudación, perforaciones y otras fallas comparables a estas. La gran mayoría de las veces, esta carretera está contaminada por cantidades considerables de tierra, los baches son grandes y se extienden hasta la subbase y hay muchas acumulaciones de agua.

3.7.10 Determinación del PCI

Los diferentes niveles de clasificación del pavimento en función del valor PCI.

Figura 9

Índice de Condición del Pavimento (PCI) y escala de clasificación



Nota. Manual de Evaluación de Pavimentos UNÍ-Lima.

3.7.11 División del pavimento en unidades de muestra

Una porción de pavimento que se elige exclusivamente con el propósito de realizar una investigación se denomina "unidad de muestra" mediante el uso de la palabra "unidad de muestra". Con base en el tipo de pavimento que se encuentra presente en la ruta que se va a analizar, tenemos la siguiente información a nuestra disposición: Mantener patrones similares es esencial para garantizar que el cálculo del PCI sea preciso. Esto es así a pesar de que no se requiere tener tamaños de muestra iguales en todas las unidades. Como consecuencia de nuestra investigación de las unidades de muestra para la ruta Huata – Coata – Capachica, llegamos a la conclusión de que sus tamaños eran uniformes en toda la ruta.

3.7.12 Cálculo de las unidades de muestreo para el análisis

En el proceso de definición del (PCI) de los pavimentos en función del tamaño de la muestra, es probable que realicemos un análisis tanto de un proyecto como de una red. Ahora



que tenemos este conocimiento, podremos mejorar el plan. Es posible utilizar la ecuación que se ha proporcionado, que calcula el PCI más cinco veces el promedio real con una confiabilidad del 95%, para determinar el número mínimo de muestras que se deben examinar. Sin embargo, en caso de que esto no sea posible, se puede utilizar la ecuación que se ha proporcionado para determinar el menor número posible de muestras que sean accesibles para su examen.

Para nuestro caso los valores para el cálculo serán:

$$N = 35 \text{ secciones}$$

$$e = 5 \%$$

$$o = 10\%$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior tenemos que: $n = 11.20$

Por lo tanto asumimos un valor de: $n = 12$

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (σ) del PCI de 10 para pavimentos asfálticos.

3.7.13 Selección de las unidades de muestreo para la inspección

Las unidades que se han seleccionado deben distribuirse de manera uniforme en toda la superficie pavimentada, y la primera unidad en cuestión debe elegirse al azar. Esto está en línea con la propuesta que se ha realizado. El enfoque en cuestión se conoce como el "sistema aleatorio" y se distingue por las tres etapas que se describen con más detalle a continuación. Los siguientes factores son responsables de determinar el intervalo de muestra (i):

En el contexto de la investigación en curso, los criterios que se utilizarán estarán definidos por el nivel de gravedad que se haya identificado dentro de la región que se ha investigado. Los intervalos entre estos requisitos serán $i = 1$ e $i = 2$, respectivamente.



3.7.14 Procedimiento para calcular la medición del valor del PCI

1. La presentación que ahora está viendo contiene un resumen del proceso de trabajo que descubrirá.
2. Además de definir el método que se utilizó para la medición, es esencial determinar los datos que se asocian con cada tipo particular de falla, incluida la gravedad y la frecuencia de la falla.
3. Es de suma necesidad determinar los valores de deducción (VD) para cada falla potencial, así como la consecuencia de esa falla. El VTD, también llamado valor de deducción total, es la suma del VD. Esta suma se modifica luego con la aplicación de la Figura No. 13, lo que da como resultado el VDC, que es el valor de deducción corregido.
4. El PCI puede funcionar con un voltaje máximo de 100 VDC.

$$\overline{PCI} = \frac{\sum PCI_1}{n} \dots\dots\dots Ec.(3.4)$$

En vista de los problemas que se encontraron en el pavimento de la ruta Huata – Coata – Capachica, los nomogramas que se presentan a continuación están vinculados a las dificultades que se revelaron. Es necesario realizar este procedimiento para determinar los valores de deducción, así como el valor de deducción compensatoria.

Paso 1: Inspección del Pavimento

Se realizará un examen visual en toda la ruta para evaluar las numerosas mejoras que se han incorporado en términos de longitud, ancho o área. Como parte de esta evaluación, se inspeccionará la ruta visualmente. Cuando tengamos toda esta información, será mucho más sencillo determinar el número total de muestras que se deben recolectar para el estudio.

Paso 2: Identificación de la clase de falla y medición de su severidad

Se ha encontrado que las dimensiones medidas de la muestra M1 que se ha seleccionado son 20 metros por 7,20 metros, lo que da como resultado un área de 144,00 metros cuadrados. Cuando se inició el proyecto, se estaba en el punto en que el conteo kilométrico era 0+00. Para iniciar el trabajo de campo vamos a hacer uso de herramientas esenciales, como el formato PCI, una regla, una cinta métrica, personal capacitado para realizar su trabajo y sistemas de señalización y alerta.

El método consiste en examinar una unidad de muestra (M1) para identificar el tipo de daño, la cantidad de daño y el grado de daño que presenta. Para el registro de las mediciones se utilizará el formato PCI, y es de suma importancia que se comprendan y se respeten de manera estricta las definiciones y los procesos.

En esta sección se proporciona una representación gráfica de la selección de la muestra que se realizó.

Figura 10

Determinación de fallas y nivel de severidad





La imagen ilustra la presencia de fallas que se clasifican como de severidad alta (H) y se caracterizan por la acumulación de agua. Se prevé que, en el futuro, estos defectos se midan en metros cuadrados (m²). Vamos a evaluar el grado de severidad de las fallas que están presentes en la muestra que se ha elegido para que podamos identificar los tipos de defectos que están presentes en la muestra.

Después de tomar las mediciones, se determinó que el área total era de 116,02 metros cuadrados. A continuación, se analizó el porcentaje de toda la región y los hallazgos revelaron que el 80,57% del área completa estaba afectada. Todo esto estaba conectado a la sección 1 y la muestra número uno (M1), que fue la primera muestra.

Paso 3: El proceso de determinar el "valor de deducción" para cada falla que se ha medido, teniendo en cuenta el grado de severidad del defecto, la densidad del defecto y el gráfico que se correlaciona con él. En el caso de que haya otros tipos de fallas, se requiere enumerarlas de acuerdo con cada categoría y grado de severidad del daño, y luego registrarlas en la columna y/o celda correspondiente del formato que se está utilizando. Esto se hace para garantizar que la información sea precisa. Se va a realizar un cálculo del valor de deducción (VD) y se deben registrar otros tipos de errores que puedan ocurrir.

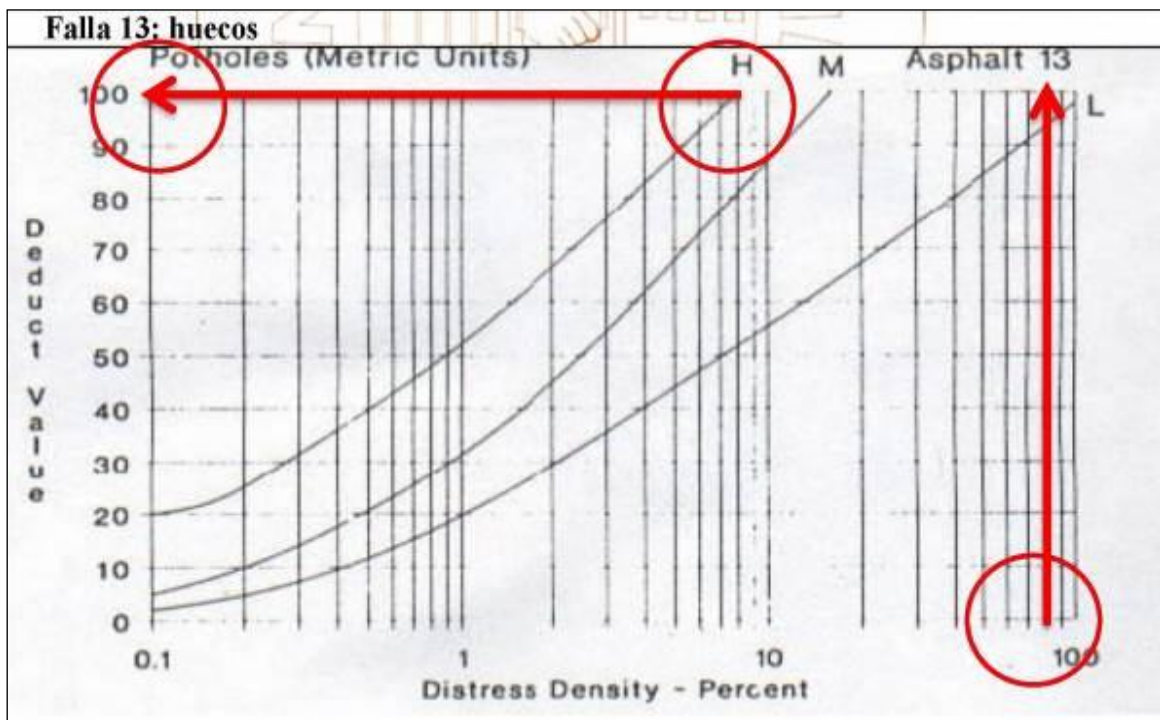
En la sección de la muestra que estamos produciendo ahora, el único tipo de defecto de orificio que se descubrió fue el de orificio de alta severidad. Nuestro proceso de fabricación actual aún está en curso.

Para avanzar, necesitamos, que se indique que la densidad es 80.57% y la severidad es alta (H). Esta información es necesaria para que podamos avanzar. Se utilizará el Abacus 13 para determinar la cantidad de deducción que se producirá. El valor de deducción (VD) para orificios de tipo 13 se podrá calcular como resultado de esto, incluso en casos en que la severidad del defecto sea severa.

Vamos a comenzar ingresando la densidad de 80.57% verticalmente en el Abacus. Esto será lo primero que podremos lograr. La gravedad de la curva, indicada con la letra H, se determinará en la siguiente fase. Una vez completados todos los pasos necesarios, procederemos a trazar una línea horizontal y determinar el importe de la deducción.

Figura 11

Gráfico de valor de deducción



Nota. Manual de evaluación de pavimentos UNI – Lima, 2009.

Conforme a la ilustración el valor de deducción se obtiene 100%, esto nos señala, que el sistema ha colapsado.

Paso 4: Cuando se combinan todos los valores de deducción individuales para cada tipo de falla, el resultado es el valor de deducción general, que también se conoce como la función de distribución de variabilidad (VDT). Solo hay un tipo de falla que se tuvo en cuenta en el escenario que estamos desarrollando, y es el tipo 13. La falla de tipo 13 se caracteriza por ser hueca y de alta severidad, y tiene un valor de 100 (VDT = 100%).

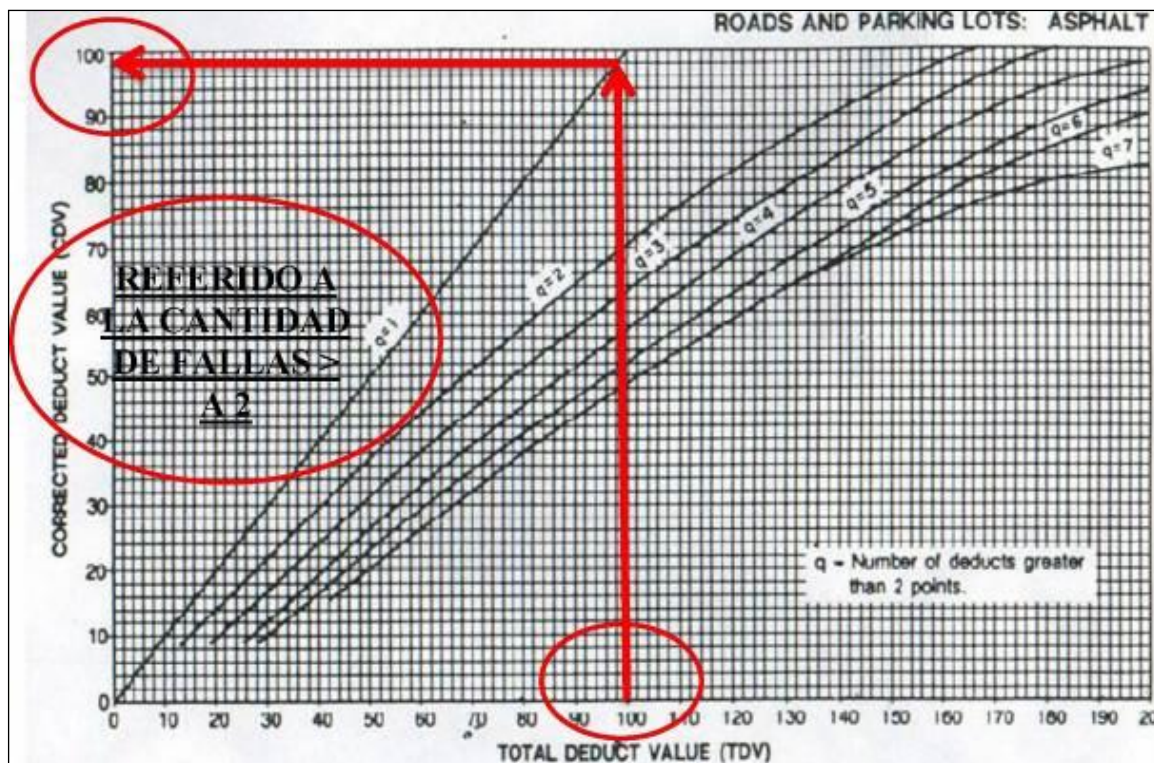
Paso 5: Durante el proceso de cálculo del valor de deducción corregido (VDC), que se deriva del VDT y la cantidad de valores VDT que son mayores que dos (2), se utiliza la variable "q" en el proceso de cálculo.

En vista del hecho de que solo hay un número que es mayor que dos (2), esto nos lleva a la conclusión de que q es igual a uno.

Paso 6: Es posible calcular el índice de condición del pavimento (PCI) utilizando la fórmula. Esto se realizará mediante el uso del gráfico de "valor de deducción corregido", al que se podrá acceder a través del VDT. A continuación, se cruza la curva con la "q" correspondiente haciendo referencia al "valor de deducción corregido (VDC)" del lado izquierdo del gráfico. Esto se hace después de que se haya completado el paso anterior. Al final, esta cantidad se restará del total de 100.

Figura 12

Valor de deducción corregido (VDC)



Nota. Manual de evaluación de pavimentos UNI – Lima, 2009.



Según la figura del valor de deducción se obtiene $VDC=98\%$.

$$PCI=100-98=2$$

Según la escala PCI, se califica entre 0 y 10, con un resultado determinado de 2, lo que implica que el estado funcional del pavimento se indica como "FALLADO". Esto es así porque la puntuación se encuentra entre 0 y 10.

Los procedimientos antes mencionados se realizarán para cada muestra individual, y proporcionarán una explicación de cada tipo de falla y el nivel de severidad que se correlaciona con ella. Inmediatamente después de la finalización del procedimiento, se generará un valor PCI. Junto con los formatos que fueron desarrollados por cada uno de los grupos de muestra, este número se incluirá en el Anexo No. 02 del documento. En el futuro, le ofreceremos información completa sobre la determinación de PCI a la que se llegó.

Tabla 1

Resumen de la determinación del PCI

UNIDAD DE MUESTRA	AREA DE LA MUESTRA (m2)	T	VDE	PEI	PAVIMENTO	PROPUESTA
01	144	100	98	2	FALLADO	RECONSTRUCCION
02	144	95	93	7	FALLADO	RECONSTRUCCION
03	144	97	94	6	FALLADO	RECONSTRUCCION
04	144	98	95	5	FALLADO	RECONSTRUCCION
05	144	96	94	6	FALLADO	RECONSTRUCCION
06	144	97	93	7	FALLADO	RECONSTRUCCION
07	144	97	94	6	FALLADO	RECONSTRUCCION
08	144	97	95	5	FALLADO	RECONSTRUCCION
09	144	98	96	4	FALLADO	RECONSTRUCCION
10	144	98	96	4	FALLADO	RECONSTRUCCION
11	144	97	96	4	FALLADO	RECONSTRUCCION
12	144	97	95	5	FALLADO	RECONSTRUCCION
Promedio			PCI	5	FALLADO	RECONSTRUCCION

Nota. Elaboración Propia.



3.8. Análisis estructural del pavimento

3.8.1 Generalidades

Este capítulo se centra en el tema de la evaluación estructural del pavimento, que es el tema de discusión. El comportamiento estructural del pavimento se toma en cuenta en esta evaluación, que se relaciona con la evaluación. Los DÍGITOS DE PRUEBA se utilizan para realizar una evaluación de la construcción del pavimento dentro de los límites de este capítulo. Todos los controles de calidad que se realizan a los materiales en las etapas de oficina, laboratorio y campo se realizan de acuerdo a los procedimientos y estándares que se han establecido. Se incorporarán al pavimento, que estará compuesto por la subrasante, la subbase y el sistema de base. Se realizará un análisis de las características estructurales del pavimento para determinar la capacidad portante del mismo. La forma de alcanzar este objetivo será mediante la toma de muestras para evaluación en laboratorio y el análisis de cada componente de manera aislada.

3.8.2 Fundamento de la evaluación

La comprensión de las características y el comportamiento subyacentes de los suelos se hace posible mediante la realización de un examen exhaustivo de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Por ello, es esencial realizar dicha investigación. La investigación del suelo se centra en el conocimiento de las características del sustrato sobre el que se construyó la construcción del pavimento. Esta situación específica es el foco del estudio del suelo. Estas conclusiones se basan en los hallazgos de las pruebas de laboratorio que se realizaron en muestras de suelo que eran típicas de la población general durante el transcurso de la investigación. Con el fin de determinar si el material cumple o no con los requisitos técnicos de la normativa vigente, así como si es adecuado o no para garantizar que tiene suficiente capacidad de carga, hemos podido conocer los resultados de estas pruebas.



Se realizó una evaluación visual del estado del pavimento de acuerdo con los criterios que se establecieron para la inspección estructural. Este examen condujo a la identificación de fallas en la capa de asfalto, la identificación de las distintas ubicaciones y capas, y la determinación del espesor de cada capa.

3.8.3 Evaluación por métodos destructivos

Para identificar la calidad de los componentes del pavimento, se examinaron el contenido de humedad y las densidades de campo durante los estudios de pavimento. Esto se hizo con el fin de determinar la calidad de los componentes del pavimento. El ensayo de relación de carga de California (CBR), que es una reproducción de la densidad y el contenido de humedad que se encuentran en el entorno natural, es el que se utiliza en el laboratorio para lograr este objetivo. Una etapa esencial se debe a la carga de cada componente individual del pavimento es la que se está discutiendo aquí. En lugar de utilizar la metodología destructiva, la forma que se utiliza con más frecuencia es el ensayo de CBR in situ. Sin embargo, a pesar de esto, las comparaciones entre CBR in situ y CBR de laboratorio realizadas por profesionales revelan que los resultados no son comparables. Esto se detallará en la siguiente parte de este artículo.

Adicionalmente, la evaluación descriptiva nos permite realizar una investigación geotécnica de todos los componentes que constituyen la estructura de la construcción del pavimento. Esto es posible gracias a que la evaluación es descriptiva, ya que gracias a este examen podemos determinar si los materiales utilizados en el proceso de construcción cumplen con los requisitos técnicos que se exigen. Para garantizar la calidad del resultado final, es fundamental que se respeten estas especificaciones durante todo el proceso de construcción del pavimento y de las capas que lo componen. En concreto, se trata de la



calidad de los materiales utilizados durante todo el proceso de construcción, así como de la aplicación y ejecución de los propios métodos de construcción.

3.8.4 Desarrollo del análisis del pavimento por métodos destructivos

3.8.4.1 Exploración y muestreo en el pavimento existente

Se desarrolló un plan preliminar de exploración y muestreo de suelos con la intención de realizar una investigación de suelos en la pendiente de la cimentación, la subbase, la base, la medición del nivel freático y la densidad del terreno. La creación de este método se logró mediante una conversación con un técnico de laboratorio que tiene un alto nivel de experiencia en la materia que ahora se está discutiendo. Como resultado de que el éxito del proceso depende en gran medida del conocimiento específico del profesional y del estricto apego a los protocolos que se han establecido, el objetivo de este enfoque fue garantizar que el proceso sea eficiente. Con el objetivo de realizar el trabajo de manera sistemática y lograr el objetivo final, esta indagación y programación de ejemplo se diseñaron para explicar cuatro etapas diferentes. Estas fases exploratorias se separaron en las siguientes categorías:

3.8.4.1.1 Reconocimiento de campo

Para completar este paso, se realizó una evaluación visual integral de toda la región de estudio para el propósito de esta tesis. Adicionalmente, se recorrió el área a pie para evaluar posibles desafíos de varios tipos que pudieran impedir el desarrollo del pozo y la fase de muestreo, e identificar posibles problemas que pudieran surgir. Otro aspecto que se incluyó en este proceso fue la identificación de posibles problemas que pudieran surgir.

3.8.4.1.2 Sondaje y muestreo

Es factible llegar a la conclusión de que la excavación a cielo abierto es el enfoque más apropiado para el análisis de suelos dados los hechos que se han presentado. Podemos descubrir las características estructurales del pavimento existente mediante el uso de este método, lo que

nos permite calcular con precisión su espesor y ofrecer una referencia de categorización preliminar para una posterior comparación con los datos de laboratorio, ya que nos permite determinar las propiedades estructurales del pavimento. Debido al análisis que se ofreció anteriormente, se llegó a esta conclusión sin mayores problemas. Además de esto, allana el camino para la existencia de la opción de establecer ciertas circunstancias para el nivel freático, que se refiere al agua en el suelo.

3.8.4.1.3 Elección de calicatas

En cuanto al espaciamiento y número de pozos, el criterio que se eligió fue cubrir pozos de prueba en una cantidad representativa. Esto se hizo por razones relacionadas tanto con el costo como con el tiempo. Para lograr este objetivo, se seleccionó la ubicación de tres pozos de prospección ya sea en las porciones más representativas de la estructura o en las áreas de la estructura que presentan el mayor grado de falla. Además, los pozos se colocaron tanto en el lado derecho como izquierdo de la carretera en la dirección en que se dirige la carretera.

Tabla 2

Elección del número de calicatas

Inicio del tramo	KM: 0+00 (Desvió a Huata Vía Puno - Juliaca)
Final del tramo en estudio	KM: 42+000 (Carretera Huata – Coata – Capachica)
N° Calicatas	Progresivas
C-1	Huata – Coata Km: 0+500
C-2	Huata – Coata Km: 1+000
C-3	Coata – Capachica Km: 1+500
Longitud Total en estudio	1622 m
Elección Total	03 Calicatas

Nota. Elaboración Propia.

Al realizarse el procedimiento de excavación y muestreo de forma manual, se decidió que la profundidad de la excavación fuera adecuada a la ubicación hasta descubrir el subsuelo y por debajo del nivel actual. Esto se hizo con el fin de garantizar que la excavación se llevara

a cabo correctamente. Además de eso, la pieza medía alrededor de 0,60 metros por 0,80 metros en promedio. Durante la fase de excavación y muestreo, esto se hizo para garantizar que la operación fuera sencilla y que el individuo estuviera cómodo.

Primero, se eliminaron capas de la sección seca y dura de la tierra, que fue el primer paso en el procedimiento de limpieza. El objetivo era conseguir primero una superficie limpia y luego continuar con la excavación para obtener muestras que habían sido alteradas. Después, el material extraído se colocó en bolsas de nylon tejidas cerradas de forma aislada. La pérdida de partículas diminutas se evitó gracias a que estas bolsas no incluían ningún elemento que pudiera contaminar el contenido. Además, las bolsas estaban adecuadamente etiquetadas para una identificación sencilla y había un número suficiente de ellas (60 kg) para que fuera posible cubrir con facilidad todos los ensayos que se habían desarrollado en el Laboratorio de Suelos durante la fase anterior a ésta.

Figura 13

Espesores de capas para la toma de muestras



Nota. Elaboración Propia.

3.8.4.1.4 Descripción Visual - Manual de Suelos

El objetivo de esta fase fue realizar los procesos de identificación de suelos en campo mediante una simple inspección visual y un examen táctil del material recuperado de las diferentes capas de los sondeos. Con el fin de una posible comparación y verificación con



los hallazgos obtenidos en el laboratorio, se pretendía obtener una clasificación preliminar y referencial del suelo investigado. Esta clasificación se pretendía utilizar para la categorización del suelo. De forma similar a como se llevó a cabo la etapa de muestreo, esta fase se llevó a cabo prácticamente de manera simultánea.

Para obtener una noción de referencia del suelo tratado, solo se llevaron a cabo algunos de los ensayos que se consideraron de carácter general. Esto se debió a que el tiempo y los recursos eran limitados. El hecho de que el desarrollo técnico de esta técnica esté regulado por la norma ASTM D 2488 - 84, que prescribe el seguimiento de los ensayos exigentes, no cambia el hecho de que así sea. Estos ensayos fueron los que se trataron más adelante en este apartado.

- Inspección Visual
- Prueba de Rotura
- Prueba de Color Característico
- Ensayo al Brillo
- Ensayo de Plasticidad

3.8.4.2 Pruebas en laboratorio

Gracias a los materiales adquiridos en campo para el estudio realizado en esta tesis, se logró identificar un gran número de estratos, que son las capas que componen el sistema del pavimento. Para facilitar la definición e identificación de las muestras que se recolectaron, se utilizó una ficha, en la que se detallaron las ubicaciones de las muestras y la cantidad de muestras que se debían empacar en bolsas de polietileno y enviar al laboratorio luego de su transporte. Tuvo lugar una selección entre las alternativas disponibles para determinar la cantidad de muestras necesarias.



El entorno que se utiliza para obtener datos concluyentes sobre las características del suelo para su posterior análisis y conclusiones se conoce como Laboratorio de Mecánica de Suelos. Para establecer con precisión la composición del suelo, al inicio del proceso se realizan pruebas de clasificación de suelos, como las realizadas por los métodos SUSC y AASHTO. Posteriormente, se eligen pruebas decisivas que están relacionadas con el problema específico para evaluar las cualidades de formación y la resistencia a la tensión del suelo que se está evaluando. Las muestras de suelo se clasificaron y relacionaron entre sí mediante el uso del enfoque recomendado por ASTM D2448 para la descripción de suelos. Esta acción se llevó a cabo de acuerdo con los requisitos descritos.

Al realizar una evaluación de un programa de pruebas de laboratorio, es importante tener en cuenta tanto los objetivos que se buscan como los hallazgos de la investigación exploratoria. Se toma una decisión sobre el tipo de pruebas que son adecuadas para los suelos que se han categorizado preliminarmente. La metodología y la importancia del estudio que se está llevando a cabo en ese momento sirven como base para esta evaluación, que se construye sobre una base consistente.

Es posible que un programa de pruebas de laboratorio se altere a elección del investigador de acuerdo con el tipo de suelo que se encuentre; esto indica que el programa no está restringido de ninguna manera. El hecho de que esto sea algo que se pueda hacer sin ninguna limitación es un punto extremadamente importante a tener en cuenta. Los siguientes experimentos se llevaron a cabo para cada pozo de prueba, así como para cada capa de la construcción que incluía el pavimento de prospección. Estas pruebas se llevaron a cabo en orden cronológico.



3.8.4.2.1 Cuarteo de especímenes en laboratorio

a) Generalidades

A la hora de realizar diversos ensayos de suelos en un laboratorio, es imprescindible disponer de una cantidad suficiente de muestras representativas de suelo que cumplan los criterios del protocolo de ensayo. Esto es importante para poder llevar a cabo los ensayos. Para reducir el tamaño total de la muestra, se realiza previamente un método denominado cuarteo. Esto se hace con el fin de minimizar el tamaño de la muestra. Es necesario llevar a cabo este método para garantizar que, una vez finalizado el procedimiento, se obtenga una muestra que represente con precisión las características del suelo cuando se encontraba en su estado original. Los dos tipos de métodos de reducción que se utilizan son los procesos de reducción mecánica y los procedimientos de reducción manual. Este último enfoque es el que se emplea en la mayoría de los laboratorios de mecánica de suelos, asfalto y hormigón de nuestra zona. También es el método que se utiliza con más frecuencia en nuestro país. Esto se debe al bajo coste del producto y al alto grado de fiabilidad que presenta.

b) Objetivo

Una muestra de suelo estándar puede dividirse en muchas porciones, reducirse a un tamaño más manejable o reducirse mediante un método manual para facilitar la prueba. Todas estas modificaciones tienen como objetivo acelerar el proceso de prueba.

c) Procedimiento

- Inmediatamente después de estirar la lona de plástico, la muestra representativa que se retiró se coloca encima de ella. Durante todo el procedimiento, esto



garantiza que el material se seque de manera uniforme. El propósito de esto es simplificar el proceso de secado al aire de la muestra y se lleva a cabo mientras se remueve la muestra con la paleta a intervalos regulares. Esto se hace para simplificar el procedimiento.

- El uso de un martillo de goma para romper los grumos de material que se han formado como consecuencia del proceso de secado es un paso esencial que se debe realizar después de que la muestra se haya secado. Al hacerlo, se asegurará de que las piedras componentes se fusionen de manera uniforme, evitando así cualquier fractura involuntaria que pueda ocurrir. La implementación de esta estrategia debe repetirse al menos cuatro veces para obtener el resultado deseado de una pila con forma de cono. Después de que las paladas de material se hayan retirado de la base, se colocan sobre el cono. Esto se hace para garantizar que el material se distribuya uniformemente a lo largo de los lados del cono.
- El montículo cónico debe redistribuirse y comprimirse de manera sistemática hasta alcanzar una base circular con un diámetro y un grosor que sean consistentes. Esto se debe lograr ejerciendo presión hacia abajo con la cuchara de la pala. Esto es algo que se debe hacer para garantizar que el contenido original se conserve en todos y cada uno de los cuartos del sector. Asegurarse de que el diámetro sea aproximadamente de cuatro a ocho veces el grosor es de suma importancia y debe hacerse con mucho cuidado.
- El material se divide en cuatro secciones iguales utilizando un enfoque diametral que implica el uso de la varilla de metal. La construcción de dos cuartos que son diagonalmente opuestos entre sí se simplifica como consecuencia de esta

información. Es necesario el uso simultáneo de cepillos y llana para eliminar todas las pequeñas partículas presentes en el producto.

- Para generar la cantidad necesaria de muestra de suelo, se juntan los dos cuartos restantes y se realiza el método descrito anteriormente de forma secuencial hasta obtener la cantidad requerida. Este proceso continúa hasta obtener la cantidad requerida.

Figura 14

Cuarteo de muestras en laboratorio



3.8.4.2.2 *Contenido de humedad*

a) **Generalidades**

Debido a que es una sustancia porosa, el suelo se puede dividir en tres fases separadas, que corresponden a lo siguiente: Existen tres fases: la fase sólida está compuesta de partículas que están compuestas de minerales o sustancias orgánicas; la fase líquida está compuesta de agua que llena parcial o totalmente los huecos; y la fase gaseosa está compuesta de aire en su forma más básica. Al utilizar estas fases del suelo, es posible medir rápidamente los pesos de las muestras que han estado mojadas y las que han estado secadas en el horno en el laboratorio. Una amplia variedad de características que facilitan el establecimiento de conexiones físicas específicas son responsables de hacer de este un

resultado potencial. Un buen ejemplo de esto es el proceso de determinar la cantidad de humedad presente en una muestra que es típica. Es importante señalar que este número es relativo ya que depende de las condiciones del entorno, que pueden estar más allá de las expectativas de cualquier individuo. Como consecuencia de esto, se recomienda encarecidamente que esta prueba se realice lo más rápido posible después de que se haya recolectado la muestra. Esto se hace para evitar variaciones significativas en los resultados.

b) Objetivo

Después de la recolección de una muestra de suelo a una temperatura de 110 grados Celsius, el contenido de humedad de la muestra de suelo se determina calculando la relación entre el contenido de agua y el peso del suelo después de que se haya secado en el horno. Hay algunas formas diferentes de estimar el contenido de humedad, que se expresa como un porcentaje y se puede calcular directamente. Una de estas formas es calcular la relación.

c) Procedimiento

- Es necesario tener la tara de metal (pequeña) que se ha asignado para la deposición de una muestra de suelo medida para establecer con precisión el peso de la tara de metal.
- Si pudiera cuantificar la muestra húmeda al 0,01 mg más cercano, realmente lo agradecería.
- Una vez que la muestra haya alcanzado la temperatura ambiente, coloque el recipiente en el horno y ajuste la temperatura a 110 grados Celsius con una variación estándar de cinco grados. La temperatura debe mantenerse durante todo el experimento. Esta temperatura debe mantenerse durante aproximadamente veinticuatro horas.

- Para obtener un peso que sea consistente en toda la muestra, debe tomar medidas de la muestra seca, que también debe incluir el recipiente.

Figura 15

Contenido de humedad



d) Cálculos y Resultados

Se calcula el contenido de humedad de la muestra con la expresión siguiente:

$$w(\%) = \frac{(P_1 - P_2)}{(P_2 - P_3)} \times 100 \dots\dots\dots(3.5)$$

Tabla 3

Resumen de ensayos en laboratorio humedad natural

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDA	ESPESOR	HUMEDA
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	D	DE CAPA	D
				(m)	(m)	NATURAL
						(W=%)
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	8.36
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	8.46
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	12.40
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	8.48
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	10.55
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	13.57
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	8.90
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	10.39
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	12.10

Nota. Elaboración Propia.



3.8.4.2.3 Evaluación granulométrica por tamizado

a) Generalidades

El conocimiento de que la distribución del tamaño de las partículas que componen el suelo tiene un impacto directo en las propiedades mecánicas del suelo sirvió de base para la investigación de las características del suelo. Según los resultados de la investigación, es muy improbable que se descubra una técnica capaz de predecir la granulometría teniendo en cuenta también la estructura del material. La técnica mecánica o seca para suelos de grano grueso y el hidrómetro o método húmedo para suelos de grano fino son las dos formas que se han desarrollado para realizar el análisis granulométrico del suelo. Ambos enfoques se han establecido de forma constante. En lo que respecta a los procesos, ambos métodos se consideran métodos establecidos. La información que se encontraba disponible anteriormente sirvió de base para el desarrollo de estos métodos para su uso.

b) Objetivo

Este ensayo granulométrico está diseñado para evaluar la distribución del tamaño de las partículas en una muestra de suelo de grano grueso que sea representativa del material. La muestra se considerará representativa del material. Para ello, se requiere un dispositivo que pueda realizar la función de un tamiz.

c) Procedimiento

- Es esencial realizar una medición del peso de la muestra seca después de que se haya cortado, y el peso total de la muestra seca debe documentarse en el papeleo.
- Después de colocar la muestra dentro del recipiente que está lleno de agua, es necesario agitar el agua continuamente para descomponer la arcilla que está



presente dentro del recipiente. Esto se hace para garantizar que la arcilla se descomponga lo suficiente. Después de eso, el agua que se ha purificado debe filtrarse a través del tamiz con un valor numérico de 200 una gran cantidad de veces hasta que parezca estar clara.

- Se debe mantener una temperatura de 105 grados Celsius en el horno durante un período de dieciocho horas para garantizar que la muestra esté completamente seca.
- Después de que la muestra se haya secado, debe filtrarse a través de una serie de tamices que están dispuestos en una secuencia decreciente. Es necesario llevar a cabo este procedimiento mientras la muestra se agita vigorosamente y se gira tanto en orientación horizontal como vertical. Al medir la masa de cada filtro, puede determinar la cantidad de material que se mantiene en cada filtro.

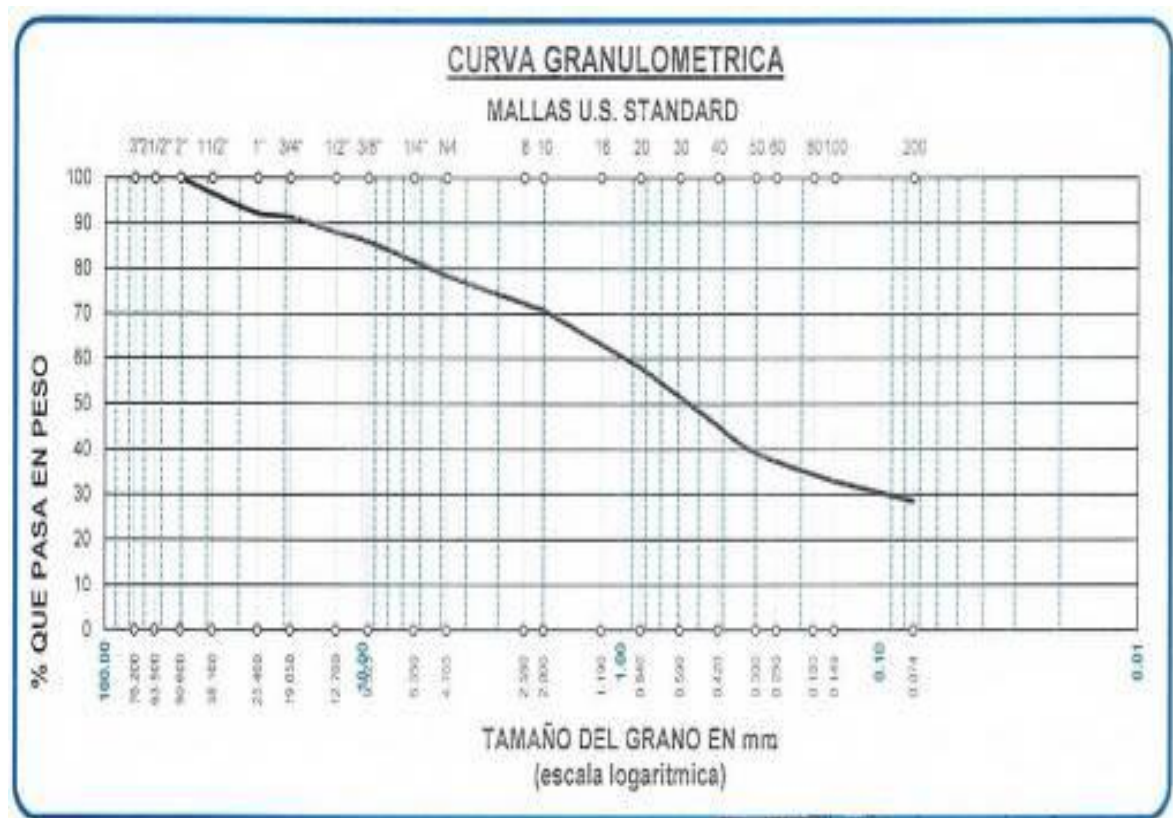
d) Cálculos y Resultados

- Es posible definir el peso que puede pasar a través de una malla de 200 calculando la diferencia entre el peso inicial de la muestra seca y los pesos acumulados que se han mantenido hasta ese tamaño de malla. La medida en que este peso puede pasar a través de la malla es la definición de este peso.
- En el proceso de cálculo, el peso inicial de la muestra seca se utiliza como base. Esto permite la determinación de los porcentajes parciales y acumulados del material que se retiene en cada tamiz. La siguiente tabla presenta los valores numéricos que son representativos de estos porcentajes.

- Puede calcular el porcentaje de material seco que puede pasar a través de un determinado tamiz restando la cantidad total de material seco del porcentaje acumulado de material seco. Esto le dará el porcentaje de material seco que puede pasar a través del tamiz.
- Trazar las curvas granulométricas y documentar los resultados en la hoja de cálculo también son cosas que deben hacerse. Al calcular la apertura de cada tamiz, se tiene en cuenta la proporción de la muestra que puede pasar a través de él. Esto se logra probando el tamiz.

Figura 16

Curva granulométrica



Nota: La prueba solo representa a la evaluación granulométrica de la C-2: M2 (SUB BASE).

Tabla 4

Resumen de ensayos de la evaluación granulométrica por tamizado

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDA	ESPESOR	% QUE PASA
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	MALLA N°200
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	24.83
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	29.26
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	24.13
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	25.95
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	28.65
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	23.15
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	21.73
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	25.71
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	27.47

Nota. Elaboración Propia.

3.8.4.2.4 Límites de attemberg o de consistencia

Generalidades

La gran mayoría de los suelos contemporáneos, al ser moldeados sin llegar a fracturarse hasta un umbral determinado, presentan una consistencia específica denominada plasticidad. Esta consistencia se caracteriza por la capacidad del suelo para ser moldeado. La alteración de la cantidad de humedad presente en el suelo es un método que se puede utilizar para satisfacer esta necesidad, si es necesario. Es posible identificar si estos suelos son plásticos o no utilizando los criterios propuestos por Atterberg. Los suelos plásticos se caracterizan por el hecho de que son capaces de ser moldeados en diferentes dimensiones. A la luz de estos criterios, se estableció que la flexibilidad del suelo no es un rasgo inherente al suelo en sí, sino que es un atributo contingente que depende de la cantidad de arcilla y humedad presente en la combinación. El producto contiene arcilla, que funciona como un agente aglutinante. Un suelo propenso a la plasticidad puede presentarse en cualquiera de las siguientes condiciones, que se dan en orden decreciente según el contenido de humedad actual en el suelo.

Atterberg formuló estas restricciones en función de la cantidad total de humedad presente en el suelo. Debido a que estos estados son representativos de las etapas normales del suelo que ocurren a lo largo del proceso de secado, así como a que no existían criterios claros para identificar los límites entre ellos, se hizo esto. La transición del estado líquido al estado plástico se denominó Límite Líquido, la transición del estado plástico al estado semisólido se denominó Límite Plástico y el límite entre el estado semisólido y el estado sólido se denominó Límite de Contracción. Además, llegó a la conclusión de que el índice de plasticidad es una relación numérica que refleja el rango de contenido de agua dentro del cual el suelo exhibe un comportamiento plástico. Esta fue la conclusión a la que llegó. El índice de plasticidad es una medida que especifica este rango de porcentajes de contenido de agua.

LIMITE LÍQUIDO (LL)

a) Objetivo

Es posible determinar la cantidad de agua presente en una muestra de suelo mientras se encuentra en el proceso de transición entre las fases plástica y líquida mediante este enfoque, que fue creado por Terzaghi y Casagrande. Este método fue diseñado para determinar la cantidad de agua presente en la muestra de suelo. El contenido de agua puede expresarse como un porcentaje en proporción a la muestra que se secó en el horno. Esto no necesita ningún cálculo especial. Cuando se deja caer una cuchara 25 veces desde una altura de un centímetro a una velocidad de dos gotas por segundo, el contenido de agua en este límite se caracteriza como la humedad necesaria para que la ranura que divide las dos mitades de una pasta de suelo se selle a lo largo de su parte inferior abarcando una distancia de media pulgada. Esta información se obtiene contando el



número de gotas que se producen en este límite. Aquí está la cantidad de agua presente en este borde.

b) Procedimiento

- Al pasar la muestra seca por un tamiz de tamaño cuarenta se obtienen unos ciento cincuenta gramos, mientras que el material que sobra después del proceso de tamizado se descarta.
- Para conseguir la consistencia requerida de una pasta espesa que quede suave, se debe mezclar el material con agua en el recipiente de porcelana hasta conseguir la consistencia adecuada. Se deben dejar reposar seis horas después de haberlo cubierto con un paño y dejarlo reposar.
- Se debe sacar el contenido del recipiente y colocarlo en la cuchara que viene incluida con la Copa Casagrande. Se añade alrededor de un tercio del dinero total a la olla.
- Con la ayuda de la espátula se puede distribuir y alisar la mezcla, lo que permitirá hacer una torta de forma redonda y con un diámetro de un centímetro en su punto más profundo.
- Para el propósito de formar un surco distintivo que continúe a través del eje central de la mezcla contenida dentro de la cuchara y que se extienda a través del diámetro de la cuchara, se debe utilizar el ranurador. Se aconseja realizar varias pasadas para evitar alterar la suciedad que se encuentra a lo largo de la ranura.



- Se debe tomar nota del número de golpes necesarios para que las paredes de la ranura converjan en el fondo, que debe ser de media pulgada, cuando se gira la manivela a una velocidad de dos revoluciones por segundo. Esto se debe hacer para garantizar que el resultado sea preciso.
- Con la espátula, retiramos la tierra que está junto a las paredes de la ranura donde se selló la muestra. Después de eso, continuamos determinando la cantidad de humedad que está presente en la tierra que hemos extraído. Estas mediciones se toman después de que se haya eliminado la suciedad.
- Se utiliza una cuchara de bronce para transferir la tierra adicional al recipiente antes de que comience el proceso de remezcla. Esto se hace antes de comenzar el procedimiento. Inmediatamente después de que se hayan terminado las operaciones de purificación y secado, se prepara el aparato para realizar un mínimo de dos análisis más.

c) Cálculos y Resultados

- La determinación de la cantidad de humedad que está presente en todas y cada una de las muestras de suelo es de la mayor importancia. En un gráfico semilogarítmico, el contenido de humedad debe representarse como ordenada en una escala natural y el número de golpes como abscisa en una escala logarítmica. Ambas representaciones deben realizarse de la misma manera. Estas dos representaciones son necesarias para continuar.
- La línea que muestra la fluidez es una línea recta que toma el promedio de las tres puntuaciones que se recibieron durante la duración de la prueba.



- El nivel de humedad que hace que el espacio se cierre después de 25 golpes se conoce como límite líquido. Esto ocurre cuando el espacio se cierra después de que se haya cerrado.

LIMITE PLASTICO (LP)

a) Objetivo

Cuando el suelo alcanza el punto en el que pasa del estado plástico al estado semisólido, es necesario determinar el límite plástico del suelo. El límite plástico se define como el contenido de agua expresado como porcentaje del peso del suelo seco en horno. Este límite se alcanza cuando el suelo alcanza el punto en el que se considera que se encuentra en dos estados al mismo tiempo. El nivel mínimo de humedad en el que el suelo puede moldearse en un hilo de 3,2 milímetros sin disolverse es la propiedad distintiva que se debe considerar para determinar el contenido de agua en este umbral. Esta limitación específica se conoce por su denominación, que es el umbral de contenido de agua.

b) Procedimiento

- Para determinar si la sustancia tiene o no una consistencia adecuada para ser enrollada entre los dedos y el vidrio esmerilado, se utiliza nuevamente el material que se utilizó en la prueba del límite líquido. Esto permite determinar si la sustancia es adecuada o no.
- Es importante tomar alrededor de dos gramos de material y darle forma de barras cilíndricas para eliminar adecuadamente la humedad del vidrio esmerilado. Este es un requisito previo para el éxito. Después de esta fase, las varillas se hacen rodar sobre el vidrio esmerilado para completar el proceso.
- Es común que la velocidad de rotación baje a cualquier valor entre 80 y 90 ciclos por

minuto al comienzo del proceso de laminado. Durante la duración de una sola rotación, la mano continuará moviéndose hacia adelante y hacia atrás entre la posición inicial y la posición de reposo para completar el movimiento.

- Para determinar el límite plástico, que se utiliza para medir la cantidad de humedad presente, se generan varillas con un diámetro de 3,2 milímetros en el momento exacto en que surgen las fracturas superficiales.

c) Cálculos

Para determinar la cantidad de humedad presente en las muestras, es esencial realizar un mínimo de dos pruebas, y se debe utilizar el enfoque mencionado anteriormente. El límite plástico de una prueba se debe establecer tomando el promedio de los dos resultados de la prueba, ya que este es el método aceptado para determinar el límite plástico.

INDICE DE PLASTICIDAD (IP)

La diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico de una muestra de suelo es lo que determina el índice de plasticidad de la muestra. La relación es una notación que representa esta disparidad. Este valor es la medida más esencial de la consistencia, ya que nos ayuda a identificar el grado en el que un material es propenso a la flexibilidad. Existe un nombre que se utiliza para describir el índice de plasticidad, y ese término es el índice de plasticidad. Según los principios matemáticos, puede representarse mediante el vínculo que se describe a continuación:

$$IP = LL - LP \dots \dots \dots \text{Ec. (3.6)}$$

Si no es posible determinar el límite plástico del entorno, se supone que el suelo no es plástico a los efectos de esta definición. Con un índice plástico inferior a 7, se dice que el suelo tiene una plasticidad deficiente. Esta es una cualidad que describe el suelo. Cuando el



índice plástico se registra entre siete y diecisiete, se considera que el suelo es bastante plástico. Para que un suelo sea considerado muy plástico, debe poseer un índice de plasticidad superior a 17. El índice de plasticidad es una medida que refleja el grado de dificultad asociado al uso del suelo como material. Este índice se utiliza en aplicaciones de ingeniería.

3.8.4.2.5 *Clasificación de suelos*

a) **Generalidades**

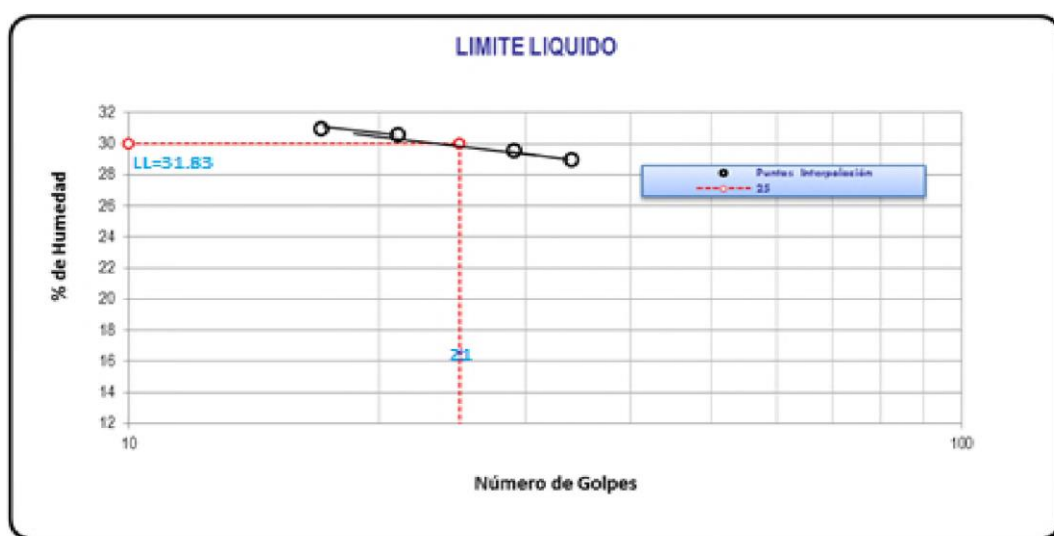
Como resultado de las investigaciones en mecánica de suelos, se desarrolló un sistema de clasificación que se clasifica de acuerdo con las características mecánicas de los suelos y que cumple con criterios específicos, lo que condujo a la creación de sistemas de clasificación. Como resultado de que estos sistemas incluyen correlaciones cuantitativas y datos sobre características mecánicas, lo que haría que la implementación de estos sistemas sea muy difícil y poco práctica, la mayor parte de estos sistemas son cualitativos. La disciplina de la mecánica de suelos ha establecido sistemas de categorización a muchos niveles con el fin de tener en cuenta la gran diversidad y complejidad de los suelos que se pueden encontrar en la naturaleza.

El objetivo principal de un sistema de categorización eficaz es regular los criterios que utiliza el técnico de laboratorio para analizar el suelo en cuestión. Esto se hace con la intención de lograr un conocimiento más completo y profundo de las características del suelo. Dos sistemas de clasificación que son particularmente conocidos en el campo de la ingeniería son el Sistema de Clasificación de la Sociedad Estadounidense de Oficiales de Transporte por Carretera (ASHTO) y el Sistema Unificado de Categorización de Suelos (USCS). Ambos sistemas se centran en la categorización del suelo. En el ámbito

de los sistemas de categorización, ambos sistemas hacen contribuciones significativas. Esto se debe a que estos sistemas son los más capaces de abordar las múltiples aplicaciones de la mecánica de suelos, razón por la cual se ha establecido una serie de sistemas de clasificación de suelos diferentes, como el Sistema de clasificación de suelos AASHTO y el Sistema de clasificación de suelos unificado (SUCS).

Figura 17

Determinación del Limite Liquidó



Nota. Elaboración Propia.

NOTA: EL ENSAYO SOLO REPRESENTA A LA C-2: MI (BASE).

Tabla 5

Resumen de ensayos en laboratorio LL + LP + IP + Clasificación

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESPESOR DE CAPA	CLASIFICACIÓN	
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	AASHTO SUCS	
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	A-2-6(0) SC
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	A-2-6(0) SC
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	A-2-6(0) SM
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	A-2-4(0) SC
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	A-2-6(0) SC
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	A-2-6(0) SM
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	A-2-4(0) SC
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	A-2-4(0) SC
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.00	0.60	A-2-6(0) SM

Nota. Elaboración Propia.



3.8.4.2.6 *Próctor modificado*

a) **Generalidades**

La compactación del suelo es un proceso mecánico que disminuye simultáneamente la compresibilidad del suelo y mejora simultáneamente su resistividad y sus características de esfuerzo-deformación. La compactación aumenta la resistencia del suelo a la tensión y la deformación. Esto se logra mediante el proceso de compactación del suelo, que es el enfoque que se emplea. Debido a que el método a menudo implica la eliminación de huecos, el volumen del suelo sufre cambios significativos como resultado de su aplicación. La reducción del volumen de aire que se llevó a cabo para producir un aumento en la densidad específica seca está relacionada con estas alteraciones. El objetivo general era obtener una mayor densidad específica seca. En el año 1933, R.R. Próctor presentó un método que permitiría reproducir los hallazgos de laboratorio que a menudo se adquieren en entornos de campo. Con el fin de lograr el grado de compactación del suelo que se desea, esta táctica implica impartir una cierta cantidad de energía al suelo. De acuerdo con una curva, el peso volumétrico se calcula de una manera que fluctúa con la cantidad de humedad presente en el ambiente. Con esta curva se puede determinar el peso volumétrico seco máximo del suelo así como la energía de compactación para un determinado contenido de humedad. Esto es posible independientemente de la cantidad de humedad presente en el suelo. En los últimos años, varias empresas dedicadas a la industria de la construcción han aplicado esta estrategia de vanguardia de diversas formas. Estas empresas se han dedicado al sector de la construcción. Como consecuencia directa de esto, la prueba de compactación dinámica ahora se conoce a menudo como Proctor Modificado entre sus practicantes.

b) Objetivo

Utilizando un molde que tiene una capacidad predeterminada y un apisonador que pesa 4,54 kilogramos (10 libras), el objetivo es determinar el contenido de humedad óptimo que resulte en la mayor densidad seca posible a un cierto nivel de energía de compactación. Dejando caer el molde libremente desde una altura de 457 milímetros (18 pulgadas) será el método que se utilizará para lograr este objetivo.

Al realizar un análisis granulométrico en una muestra, es muy necesario mantener el treinta por ciento del peso de la muestra en la malla de tres cuartos. Esto se debe a que el análisis se realiza sobre la muestra, pero en realidad solo se lleva a cabo una de las tres opciones de prueba posibles. Existen tres posibilidades de prueba posibles. La selección se decide en función del molde y la cantidad de golpes, que son aspectos que se tienen en cuenta.

Figura 18

Equipo para ensayo de Proctor Modificado



c) Procedimiento

- Se aconseja dejar secar el material al aire para que sea más sencillo su manejo. La cantidad de material de prueba que se requiere ronda los cuarenta kilos, y es



necesario tomar esto en cuenta. Para conservar las propiedades mecánicas del material, se deben romper los grumos de material utilizando un martillo de goma como etapa posterior del proceso.

- Es necesario pasar el material por tamices con tamaños de malla de 2 pulgadas, 3/4 pulgadas, 3/8 pulgadas y No. 4. El material que quede retenido por la malla de 2 pulgadas se debe retirar del tamiz.
- Es necesario hacer uso de la prueba de granulometría que se realizó anteriormente para determinar el método de prueba que se utilizará. Luego de esto, el siguiente paso es establecer cuatro puntos de prueba, cada uno de los cuales está determinado por el peso del material que se empleará en el proceso. En el caso de que se utilice el método "C", el peso será de 6,00 kilogramos; Sin embargo, independientemente de que se utilice la técnica "A" o la técnica "B", el peso se mantendrá en 2,50 kilos.
- A continuación, se debe incorporar un 2% o un 4% de agua, según la evaluación de la aceptabilidad de la combinación, y mezclarlo físicamente con la sustancia hasta lograr crear una consistencia que sea constante en todo momento. Esto se debe hacer después de haber colocado el material en el área designada en la bandeja.
- Es importante separar la combinación en cinco partes, cada una de las cuales debe ser proporcionalmente equivalente a los otros miembros de la mezcla mezclada. A continuación, utilizando la cuchara de metal, se coloca uno de los componentes en el molde de prueba adecuado (con la extensión que se proporciona para completar el proceso). Después de eso, se debe compactar la mezcla mediante el pisón a medida que cae libremente, de acuerdo con el número necesario de golpes que se especifican en el enfoque que se ha establecido. Asegúrese de que la mezcla se distribuye uniformemente en todo el material al final de la jornada. Es necesario repetir la

técnica con los cuatro componentes restantes de la muestra de material para finalizar el proceso. La muestra debe alinearse con una regla metálica hasta que esté al mismo nivel que el borde del molde inmediatamente después de que los cinco componentes de la muestra hayan sido triturados. Cualquier extensión que pueda desprenderse debe eliminarse inmediatamente después de que la muestra haya sido comprimida.

- Es necesario pesar la muestra húmeda mientras está contenida dentro del molde, y el peso adquirido debe documentarse formalmente. Esto debe hacerse sin extensión del molde. Después de esta etapa, el material debe retirarse del molde para que pueda limpiarse. Después de esto, se debe desprender una pequeña porción de la muestra del área central de la muestra y colocarla en una bolsa de metal. Finalmente, se debe retirar la región central de la muestra. A continuación, se coloca en un horno eléctrico para secarla y luego se determina la cantidad de humedad que contiene.
- Para obtener un punto en la gráfica, es absolutamente necesario realizar todo el procedimiento que se mencionó anteriormente. Esta es la única forma de lograr este objetivo. Por ello, es fundamental realizar el proceso por un mínimo de tres puntos más, aumentando gradualmente la cantidad de agua en un 2% para cada nuevo punto. Esta es una necesidad.

d) Cálculos

Se calcula la densidad seca de cada uno de los especímenes, con la relación siguiente:

$$D_s = \frac{D_h}{\left(1 + \frac{w}{100}\right)} \dots\dots\dots \text{Ec.(3.7)}$$

$$Dh = \frac{(P1 - P2)}{V} \dots\dots\dots Ec.(3.8)$$

La escala que se utiliza para presentar la información que se produce a partir de la densidad seca y el contenido de humedad de cada una de las muestras que se han compactado es realista. La cantidad de humedad presente se muestra a lo largo del eje horizontal, mientras que la densidad seca del material se representa a lo largo del eje vertical. Los puntos de datos se muestran en una escala que es más auténtica con respecto a los datos.

Construya una curva que una los puntos que se han trazado y luego trace una línea que sea tanto horizontal como vertical a lo largo de todo el punto que sea el punto más alto de la curva que ha producido. Esto completará la construcción de la curva. Al utilizar esta estrategia, podrá determinar la densidad seca máxima para un cierto nivel de humedad utilizando la información que ha obtenido.

Máxima Densidad Seca : 1.853 gr/cm³

Humedad Optima : 11.82 %

Figura 19

Relación humedad densidad



Nota. Elaboración Propia.

NOTA: EL ENSAYO SOLO REPRESENTA A LA C-1: M3 (TF).



Tabla 6

Resumen de ensayos en laboratorio relación Humedad - Densidad Proctor

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDA	ESPELOR	PROCTOR		
CALICAT	MUESTR	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(m)	MDS gr/cc	OCH (%)
A	A							
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	2.054	8.98
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	1.994	10.66
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	1.853	11.82
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	2.103	8.75
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	1.995	11.30
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	1.868	10.61
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	2.033	9.70
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	1.981	10.90
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.00	0.80	1.844	11.16

Nota. Elaboración Propia.

3.8.4.2.7 Valor relativo de soporte (CBR)

a) Generalidades

Los ingenieros T.E. Stanton y O. J. Porter del Departamento de Carreteras de California fueron los primeros en concebir la idea que eventualmente se conocería como "California Bearing Ratio" o CBR para abreviar. El enfoque que se utiliza aquí es empírico. El objetivo de esta técnica es determinar la resistencia de los suelos al esfuerzo cortante en condiciones de densidad y humedad reguladas con precisión. Se tienen en cuenta ambos factores. Es un porcentaje que refleja la relación entre la fuerza unitaria necesaria para insertar un pistón en el suelo y la carga unitaria necesaria para insertar el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra de piedra triturada. En otras palabras, es la relación entre las dos fuerzas. La relación de resistencia a la compresión es otro nombre que a veces se utiliza para referirse a esta relación. Como porcentaje, esta relación tiene todo el sentido cuando se expresa de esa forma. Se lleva a cabo una evaluación de los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración que se proporcionan en la

muestra estándar después de un análisis y una evaluación cuidadosos de los factores relevantes. El CBR que se utiliza para fines de proyección es el valor más alto que se obtiene para una penetración de niveles de 0,1 o 0,2. Es posible que la relación de carga de California (CBR) del suelo varíe de un caso a otro. Esta variación puede atribuirse a la compactación del suelo, al contenido de humedad presente durante todo el proceso de compactación y al contenido de humedad presente en el momento de esta prueba.

b) Objetivo

Se debe realizar una evaluación de la resistencia al punzonamiento de los materiales que han sido sometidos a granulación. La evaluación de esta resistencia se lleva a cabo aplicándola al material granular compactado, garantizando que las condiciones de carga y penetración permanezcan inalteradas:

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga de penetración en el material estudiado}}{\text{Carga de penetración en el material patrón}} \times 100 \dots\dots\dots \text{Ec. (3.9)}$$

Figura 20

Equipo de CBR





c) Procedimiento

- Para lograr el objetivo de obtener tres muestras secas, se utiliza el mismo material que se utilizó para la prueba Proctor. Para clasificar las muestras según el peso del material, se utiliza un sistema de clasificación. El molde CBR se construye conectando primero su anillo de extensión a la placa base y luego asegurándolo con tuercas.
- Para determinar el contenido de humedad ideal que se determinó para la densidad seca máxima en la prueba Proctor, es necesario crear un tubo de ensayo con un volumen de agua que sea equivalente, en porcentaje, al contenido de humedad ideal. Esto se debe hacer para determinar el contenido de humedad óptimo. Ninguna de las tres muestras obtendrá una cantidad de agua diferente a las demás; esto es algo que no cambiará.
- Se recomienda que la muestra y el agua se coloquen en una bandeja, que la mezcla se mezcle bien hasta que se produzca una combinación uniforme y que luego la mezcla se separe en cinco porciones iguales.
- Luego, el apisonador debe hacer que el disco espaciador y el papel de filtro sufran un total de 56 golpes después de haber sido colocados en el molde. Esto se debe hacer después de que el disco espaciador y el papel de filtro se hayan colocado respectivamente. Como consecuencia de esto, será menos difícil incluir la muestra en el análisis.
- Se debe utilizar la regla metálica para alinear la muestra con el borde del molde tan pronto como se haya retirado la extensión del molde. Esto se debe hacer lo antes posible. Por esta razón, es esencial aprovechar la fracción residual de la muestra y colocarla en una tara para determinar la cantidad de humedad presente en la muestra.



- Antes de registrar el peso de la muestra húmeda, primero se debe invertir el molde, luego se debe insertar un papel de filtro y, finalmente, se debe retirar el disco espaciador. Todos estos pasos deben completarse antes de poder medir la muestra húmeda. Para proceder al registro del peso de la muestra, es esencial proceder al registro. Para cargar la muestra, es importante hacer uso de la varilla que se puede ajustar, así como de las placas de metal que pesan diez libras cada una. El molde debe colocarse en un tanque de agua en una posición horizontal y nivelada para proceder a la siguiente etapa. Posteriormente, se debe posicionar el trípode y el extensómetro para lograr el objetivo de hacer más fácil la primera experiencia de registro de mediciones.
- Es necesario repetir todo el proceso detallado hasta este punto para obtener las dos muestras de suelo que aún se encuentran disponibles. Es fundamental tener en cuenta que la segunda muestra será sometida a 25 golpes mientras que la tercera muestra será sometida a 12 golpes durante el tiempo que se utilice el apisonador para comprimir el material.
- Para cada molde que se sumerja, se debe leer el extensómetro cada veinticuatro horas y los resultados deben documentarse en los formularios que se han entregado para el propósito de registrar los datos. Para determinar las características del desarrollo del material, la medición final debe registrarse después de que haya transcurrido un período de 96 horas. La magnitud de la expansión que se midió se expresa como un porcentaje en proporción a la altura de la muestra en el momento en que se posicionó por primera vez. Para continuar con la prueba de penetración, se requiere retirar los tres moldes que estuvieron sumergidos por un tiempo de cuatro días y dejar que el agua libre restante se escurra por un período de quince minutos. Este requisito es necesario para continuar con la prueba. La responsabilidad de asegurar que la muestra no sufra ninguna alteración durante este período de tiempo recae sobre sus hombros.

- Adicionalmente, se debe posicionar el pistón sobre la muestra, se debe colocar la muestra en la prensa con la sobrecarga necesaria y se debe validar el cero del extensómetro que mide la penetración para la aplicación de carga. Todos estos pasos deben completarse antes de poder utilizar la prensa. Además, se debe examinar o reemplazar el extensómetro que está integrado en el anillo para medir la carga.
- Tenga en cuenta que las lecturas en el dial de carga se obtuvieron para penetraciones de 0,25, 0,05, 0,075, 0,10, 0,15, 0,20, 0,30, 0,40 y 0,50 pulgadas. Estas mediciones se realizaron respectivamente. Durante todo el procedimiento, el pistón se impulsa hacia adelante a un ritmo de 0,05 pulgadas por minuto; este movimiento es continuo.
- El molde se retira de la prensa después de que el pistón haya penetrado la muestra una distancia de media pulgada antes de la extracción del molde. A continuación, se retiran los pesos y la base metálica, lo que finalmente da como resultado la destrucción completa de la sustancia después de que se hayan completado todos los procesos en el material.

Figura 21

Procedimiento de ensayo de CBR





d) Cálculos y Resultados

- Para determinar la densidad seca máxima del Proctor así como el grado de humedad que debe estar presente en el material, se utiliza el proceso que se explicó anteriormente.
- Para estimar las densidades húmeda y seca de cada molde, se realizan cálculos con el volumen neto del molde como base para los cálculos. La altura del espaciador no se toma en cuenta ya que la muestra no está posicionada allí. Esto se debe a que el espaciador no está posicionado allí.
- Existe una gran posibilidad de que exista una relación entre la densidad seca del molde de 56 sopladados y la que se identificó mediante la prueba Proctor modificada. Es muy probable que este sea el caso.
- Las siguientes oraciones se expresan en una escala que es más natural con las siguientes frases: Se han descubierto tres curvas como resultado de un análisis que se realizó sobre la relación entre la penetración y la carga que es necesaria para realizar dicha penetración. Después de que se haya ajustado el instrumento, la lectura que se ha ajustado y calibrado es el valor que indica esta conexión. En concreto, los números 56, 25 y 12 son los que se encuentran conectados a las curvas en esta relación.
- El método que se utiliza para realizar modificaciones en las curvas es el trazado de una tangente en la intersección de los tramos lineal y cóncavo de la curva. Existe un consenso entre la mayoría de las personas de que el cero ajustado es el punto en el que el eje se encuentra con el eje de abscisas. En el caso de que las curvas presenten una inflexión al principio de las curvas, se toma en consideración la corrección y se lleva a cabo.

- Se forma el eje vertical, partiendo del valor cero, que se altera en el caso de que la curva lo tenga. Se registra una penetración de 0,1 pulgadas y se construye el eje vertical. Un total de 0,1 pulgadas es la cantidad de penetración que se ha producido. En el proceso de determinación del valor de la carga, el punto en el que se realiza el cálculo es el punto en el que la curva se cruza con la carga, o la tangente en el caso de la curva modificada.
- La curva que representa la fórmula de Proctor se ha mostrado junto a una curva que indica el porcentaje de Valor de Soporte Relativo (CBR) que se adquirió en cada muestra. Esta curva se ha exhibido junto a la curva que representa la muestra. Esta curva está posicionada en línea con la densidad seca para dar cuenta de cada ocurrencia. Cuando se trata de suelo cohesivo, el valor CBR se calcula al 95% de la densidad seca máxima. Por otro lado, cuando se trata de suelo no cohesivo, el valor CBR se calcula al 100% de la densidad seca máxima.

Tabla 7*Resumen de ensayos en laboratorio "CBR".*

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESPESOR DE CAPA	CBR
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(%)
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	73.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	47.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	32.00
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	74.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	42.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	20.00
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	73.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	62.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	19.00

Nota. Elaboración Propia.



3.8.4.2.8 Densidad del suelo por el método del cono de arena

a) Objetivo

Determinar la densidad y el peso unitario del suelo in situ mediante el método de cono de arena.

b) Procedimiento

- Fue necesario utilizar la placa base para garantizar que la superficie de prueba estuviera en una posición nivelada.
- Asegúrese de que la placa base esté colocada de manera que esté sobre la superficie que esté nivelada.
- Puede hacer una marca en la placa base con las uñas si desea asegurarse de que permanezca en su posición actual durante la prueba.
- Con el fin de crear un hueco dentro de la abertura que ya existe en la placa base, se deben realizar excavaciones.
- Es de suma importancia que toda la tierra que se haya excavado se coloque en un recipiente que esté etiquetado adecuadamente con el número de prueba.
- El primer paso es limpiar la región alrededor del orificio que se encuentra en el medio de la placa base. Después de eso, el recipiente de arena que está conectado al cono debe invertirse para que quede orientado hacia la otra dirección. Uno de los datos más importantes que debe conocer es el peso del aparato, que incluye la arena, que se utilizará en el examen.
- La válvula debe abrirse al comienzo del proceso para que la arena pueda llenar la cámara. Es necesario cerrar la válvula después de que el flujo de arena haya regresado a su estado normal.



- Para determinar el peso de la arena que se utilizó en la prueba (M1), es necesario tomar medidas del equipo además de la arena que aún está presente. Todas estas mediciones deben tomarse simultáneamente.
- Durante el proceso de realización de este enfoque, es esencial determinar la masa del material que se extrajo del pozo de prueba (M3).
- Para determinar la cantidad de humedad que está presente, se debe seleccionar el material.

c) Cálculos

El cálculo del volumen del hoyo se calculara con la siguiente formula:

$$V = \frac{(M1-M2)}{\rho_1} \dots\dots\dots Ec.(3.10)$$

Dónde:

V : Volumen del hoyo del ensayo, cm³.

M1: Masa de arena para llenar el hoyo del ensayo, cono y placa base, gr.

M2: Masa de arena para llenar el cono y placa base, gr.

ρ₁ : Densidad de arena, gr/cm³.

Calcular la densidad seca del material ensayado como sigue:

$$\rho_n = \frac{M3}{V} \dots\dots\dots Ec. (3.11)$$

$$\rho_d = \frac{\rho_n}{1+\omega} \dots\dots\dots Ec. (3.12)$$



Los cálculos y resultados serán realizados en el formato de laboratorio y se adjunta en el Anexo N° 04.

Tabla 8

Resumen de ensayo en campo; densidad del suelo in-situ por el método del cono de arena

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD		ESPESOR DE CAPA	COMPACTACION CARRETERA HUATA – COATA – CAPACHICA
CALICAT A	MUESTR A	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(m)	(%)
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	90.07
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	71.72
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	89.49
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	90.82
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	91.73
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	91.83
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	89.03
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	94.90
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	91.47

Nota. Elaboración Propia.

PERFIL LONGITUDINAL DEL TERRENO

Una representación gráfica de la interpolación que se utiliza para calcular las coordenadas geográficas de los pozos de prueba es el perfil longitudinal del terreno que se investigó. Este perfil se utilizó para recopilar información sobre el terreno. Este perfil proporciona una ilustración de los muchos tipos de suelo que están presentes en la subrasante del terreno de cimentación, así como la disposición de los estratos que constituyen la subrasante del terreno de cimentación en su conjunto. La recopilación de datos para esta tesis de investigación se realiza mediante el uso de trabajo de campo y la excavación de pozos de prueba por parte del investigador. Es muy necesario que todos los datos de laboratorio se incluyan en este perfil para lograr el objetivo principal de identificar los diversos estratos que están presentes en la estructura del pavimento.



3.8.5 Especificaciones técnicas para componentes de la estructura del pavimento

De acuerdo con los materiales que se utilizaron en la construcción de la carretera, se cree que se han cumplido todas las Especificaciones Técnicas, controles de materiales, estándares de calidad y otras reglas relevantes para la construcción de la carretera que une Huata, Coata y Capachica. Este es el caso ya que se utilizaron los materiales. Por lo tanto, para garantizar que los materiales cumplen con los estándares establecidos, se realizan solo las pruebas más importantes y se proporcionan las especificaciones técnicas para estas pruebas. Esto se hace con el fin de garantizar que los materiales se encuentran dentro del rango aceptable. Evaluaremos a los posibles solicitantes para este puesto en función de los criterios que se proporcionan en el documento titulado "Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG-2000) del Comité de Gestión y Transporte". El Ministerio de Transporte y Comunicaciones ha ordenado que se cumplan ciertas condiciones.

3.8.5.1 Para concreto asfáltico en caliente

Existe una amplia gama de calidades entre las que se puede seleccionar cuando se trata de agregados minerales y cemento asfáltico que se utilizan en el proceso de fabricación de hormigón asfáltico en caliente. Con la ayuda de las muestras que hemos recogido, podemos determinar no solo el grado de asfalto que contienen, sino también la cantidad de asfalto que contienen. Una vez concluidas las pruebas de extracción centrífuga, se realiza un análisis granulométrico para determinar el grado en que el cemento asfáltico se ha separado del agregado. Para establecer una relación entre la cantidad de asfalto presente y el peso seco del árido, es necesario conocer el contenido de asfalto adecuado para el material en cuestión. Realizando este procedimiento, conoceremos la cantidad de asfalto presente en comparación con el nivel que se considera óptimo. Es cierto que el material sufre ciertos cambios en sus propiedades físicas después de haber sido extraído de las canteras; pero, si elegimos un rango

de valores apropiado, podremos comparar las concentraciones de asfalto de una manera adecuada. La siguiente descripción ofrece una explicación de los áridos que deben cumplirse en función de su calidad. Consulte esta descripción para obtener más información.

3.8.5.2 Para base granular

El apoyo, que es el componente estructural principal, debe estar compuesta por partículas robustas, resistentes y duraderas para cumplir su función fundamental, que es la de transportar las tensiones que se generan por el tráfico hacia la subbase y la subrasante del otro lado de la estructura. Además, debe estar libre de una cantidad excesiva de partículas planas, blandas o desintegrables, así como de residuos orgánicos, agregados arcillosos y cualquier otro componente que pueda resultar potencialmente peligroso. La granulometría, el agregado grueso, el agregado fino y la calidad de los materiales que se utilizan en la fabricación de la base granular se incluyen en los criterios de este producto. Además, los requisitos incluyen la calidad de los materiales de fabricación. Se prevé realizar investigaciones a las siguientes personas y organizaciones durante la duración de esta investigación.

Es obligatorio utilizar la curva de clasificación "A" en áreas que se encuentren a una altura de tres mil metros o más sobre el nivel del mar. Además de esto, el material de la Base Granular debe ser capaz de satisfacer los criterios físico-mecánicos y químicos que se detallan en los párrafos siguientes.

Tabla 9

Requerimiento de calidad para base granular

ENSAYO	ESPECIFICACION > 3500 m.s.n.m.
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR MINIMO	100%
GRADO DE COMPACTACION	100%
INDICE DE PLASTICO MAXIMO	2%

Nota. "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000) - MTC".

3.8.5.3 Para Sub Base Granular

Esta capa, que actúa como transición entre la subrasante y la base, es la que separa ambas capas entre sí. Actúa como barrera para la base, evitando que las partículas del material de la subrasante la contaminen y bajen la calidad de la base por la contaminación. Además, es capaz de aceptar las variaciones volumétricas de la subrasante que se producen por diferencias de humedad o por efectos de las heladas, evitando así que estas deformaciones se manifiesten en la superficie de rodadura. Esto es así porque es capaz de aceptar estos cambios. Una ventaja adicional es que reduce el ascenso capilar y asegura que las tensiones producidas por el tráfico se transmiten a la subrasante de la forma adecuada. El material en cuestión no sólo debe poseer una granulometría determinada, sino que también debe estar libre de grumos de arcilla o contaminantes orgánicos. Al igual que en el caso de la base, este es un criterio que se debe cumplir.

(1) Para lugares que se encuentren a más de tres mil metros sobre el nivel del mar, se deberá utilizar la curva de granulometría que se designa con la letra "A".

El tratamiento granulométrico SB-3 se deberá utilizar en áreas que se encuentren a una altura mayor a los 3,500 metros sobre el nivel del mar.

Tabla 10

Requerimiento de calidad para sub-base granular

ENSAYO	ESPECIFICACION > 3500 m.s.n.m.
VALOR RELATIVO DE SOPORTE CBR MINIMO	40%
GRADO DE COMPACTACION	95%
LIMITE LIQUIDO MAXIMO	25%
INDICE DE PLASTICIDAD MAXIMO	4%

Nota. "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción de Carreteras (EG-2000) - MTC".

3.8.5.4 Para sub rasante

Esta capa es la encargada de dar soporte a las distintas capas del pavimento, pudiendo ser construida de cualquier material. La única excepción a esta regla son las sustancias inestables y pastosas que no se puedan compactar. Si no se cumplen estos criterios, el material deberá ser reemplazado o estabilizado mejorando sus características con materiales de mayor calidad que estén libres de detritos biológicos y agregados arcillosos. Esto es necesario en caso de que el material no cumpla con los requisitos mencionados anteriormente. El CBR se considera de baja calidad si se encuentra en el rango de 0 a 10 por ciento. Esto indica que la subrasante es de mala calidad. Para que el nivel de compactación se considere satisfactorio, debe ser al menos del 95% de su densidad seca máxima.

3.8.6 Resumen de datos de análisis estructural captados en campo y laboratorio

Tabla 11

Resumen de resultados de ensayos en laboratorio: Base, Sub-Base y Terreno de Fundación

N°	N°	PR OG	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESPEOR DE	HUMEDAD NATUR	% QUE PASA	LL	LP	IP	CLASIFICACIÓN	PROCTOR MODIFICADO	CB R	COMP A CTA	
		(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(W=%)	MALLA N° 200	(%)	(%)	(%)	AASH TO CS	MDS gr/cc	OCH (%)	(%)	(%)
CALICATA	MUESTRA		B-SB-TF												
	M-1		BASE	0.20	0.20	8.36	24.83	35.2	24.0	11.22	A-2-S	2.054	8.98	73.00	90.07
C-1	M-2	0+5	SUB BASE	0.40	0.20	8.46	29.26	30.0	20.5	10.37	A-2-S	1.994	10.66	47.00	71.72
	M-3		T.	1.20	0.80	12.40	24.13	39.3	27.6	11.71	A-2-S	1.853	11.82	32.00	89.49
	M-1		BASE	0.20	0.20	8.48	25.95	31.8	22.1	9.66	A-2-S	2.103	8.75	74.00	90.82
C-2	M-2	1+0	SUB BASE	0.40	0.20	10.55	28.65	34.0	22.5	11.87	A-2-S	1.995	11.30	42.00	91.73
	M-3		T.	1.20	0.80	13.57	23.15	38.2	27.2	11.05	A-2-S	1.868	10.61	20.00	91.83
	M-1		BASE	0.20	0.20	8.90	21.73	31.2	22.0	9.24	A-2-S	2.033	9.70	73.00	89.03
C-3	M-2	1+5	SUB BASE	0.40	0.20	10.39	25.71	32.2	22.5	9.69	A-2-S	1.981	10.90	62.00	94.90
	M-3		T.	1.20	0.80	12.10	27.47	39.6	27.4	12.16	A-2-S	1.844	11.16	19.00	91.47

Nota: Elaboración Propia.

3.9 Evaluación de tráfico

3.9.1 Generalidades

Para efectos de realizar el Estudio de Tráfico, que implica realizar un análisis del flujo de tráfico vehicular, se ha determinado que se ha construido el pavimento de la ruta que va de Huata a Coata a Capachica. Esta investigación se está realizando como un capítulo



de esta tesis ya que es necesaria para la misma. Para asegurar que este tema se maneje adecuadamente, se ha apegado de manera estricta a todos y cada uno de los conceptos y lenguajes que fueron producidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

La construcción del pavimento debe realizarse de tal manera que sea capaz de cumplir con los requerimientos del tráfico durante la duración del período de diseño. Debido a esto, el pavimento tiene que construirse de tal manera que proteja la subrasante de las cargas que son producidas por los automóviles. Realice estimaciones sobre el aumento del tráfico para determinar las necesidades estructurales del pavimento. Esto es importante para determinar los requerimientos. En el trayecto entre Huata y Coata y Capachica, la cantidad de tráfico que se encuentra en la carretera varía de un segmento a otro. Esto no solo tiene un efecto en el número total de automóviles, sino que también tiene un efecto en la cantidad de carga soportada por cada eje, el volumen de composición de carga por eje, la presión de los neumáticos y el área de contacto. La ocurrencia de esta fluctuación es un resultado directo del establecimiento de nodos, que sirven como áreas donde se puede descubrir la variación zonal. Como si fuera poco, la dinámica del tráfico automotor ha cambiado a lo largo de muchos siglos.

No es posible obtener ninguna información sobre el origen o destino de las personas o los productos de esta investigación, ya que su propósito se limita al análisis del volumen y tipo de tráfico. Este acento específico es el único que se ha proporcionado para su consideración.

3.9.2 Objetivos de los estudios de tránsito

- El objetivo de esta tesis es determinar el volumen medio diario de cada tipo de vehículo que transita por un determinado tramo de carretera en un momento específico durante el transcurso del año, con el fin de calcular el volumen diario habitual.



- Mediante la realización de una investigación de tráfico en la ruta que une Huata, Coata y Capachica a través de la ciudad de Capachica, el objetivo de esta tesis es establecer el Índice Promedio Diario. Este propósito se logrará mediante la realización del estudio.
- Cumplir con el objetivo planteado en el perfil de tesis.

3.9.3 Importancia de los estudios de tránsito

Una de las partes más esenciales de la investigación de tráfico es su capacidad para evaluar la demanda de transporte en el marco de los estudios relacionados con la rehabilitación, mejora, construcción, reconstrucción y/o mantenimiento de carreteras. Este es uno de los componentes más importantes de la investigación de tráfico. Durante el proceso de construcción y calibración de modelos para la simulación de la demanda de transporte, así como durante el proceso de proyección de la cantidad de tráfico que se moverá por la red, se utiliza información sobre el tráfico. La información que se proporciona es necesaria para el crecimiento del sistema de transporte; Por lo tanto, las siguientes son algunas de las razones por las que esta información es relevante:

1. Una aplicación para el transporte que determinará la cantidad de tráfico que está presente en una variedad de carreteras diferentes.
2. En situaciones donde el tráfico es un factor determinante.
3. Se ha demostrado de manera concluyente que la transmisión de señales es factible.

con el fin de facilitar la transferencia de tráfico a rutas que se han completado recientemente.
4. Las empresas que brindan servicios de transporte brindan una descripción general de sus rutas y horarios para sus actividades correspondientes.



5. Una investigación exhaustiva de los requisitos previos para la infraestructura, que incluyen, entre otros aspectos importantes.

Conocimientos básicos para el conteo

Índice Medio Diario (IMD)

La cantidad de tráfico que una muestra representativa de automóviles encontró en el transcurso de veinticuatro horas es la cantidad promedio de tráfico que encontrarían esos automóviles.

Tramo

Segmento de la carretera que ha sido marcado y tiene restricciones claramente definidas, lo que hace que sea más sencillo para el tráfico viajar a través de la región que tiene elementos que son comparables a los de la sección designada.

Estación de Control

Proceso de determinar la ubicación exacta de una ruta con el fin de realizar estudios de tráfico.

Vehículos Ligeros

Algunos ejemplos de vehículos ligeros con tracción en las cuatro ruedas son los automóviles, las furgonetas, los furgones de campo y las combis. Otros ejemplos incluyen furgonetas de campo y furgonetas de campo.

Vehículos Pesados

Esta categoría incluye una amplia gama de vehículos de motor, incluidos minibuses, autobuses, camiones convencionales y camiones articulados, por nombrar algunos ejemplos.



Estos automóviles son más pesados que otros tipos de automóviles y tienen dos o más ejes que otros tipos de automóviles.

Horas Punta

Esta hora específica tiene las mayores cantidades registradas de tráfico en general en comparación con las otras veinticuatro horas del día: la mañana, la tarde y la noche.

Etapa de Ejecución (Trabajo de Campo)

- Capacitación del personal
- Conteo y clasificación vehicular
- Supervisión
- Digitación y verificación

Etapa de Procesamiento Automatizado (Trabajo de Gabinete)

- Revisión y consistencia del trabajo de campo
- Determinación de los factores de corrección
- Determinación del IMD

MÉTODOS DE CONTROL

La ejecución del plan puede realizarse de forma manual o automatizada, según las circunstancias. Con los métodos manuales se puede obtener información más detallada en un período de tiempo más corto, pero para ello es necesario contar con un número suficiente de personas que hayan obtenido la formación adecuada. Para realizar el recuento manual es necesario utilizar un método que requiere un número considerable de recursos, un clasificador o un observador. Para llevar un registro del paso horario de cada vehículo, este método requiere la cumplimentación de un formulario predeterminado o la realización de recuentos manuales. La técnica de la encuesta se lleva a cabo en puestos de control



deteniendo todos o parte de los vehículos que circulan por un tramo de carretera y realizando entrevistas a los conductores u ocupantes de dichos vehículos. Esto se hace con el fin de recoger información sobre el estado de la carretera. Estas entrevistas se llevan a cabo con la intención de recabar información sobre el origen, el destino, el propósito del viaje, el tipo de mercancías, el embalaje y cualquier otro detalle pertinente.

Medios Automáticos

Un contador neumático es un tipo de contador automático que funciona haciendo pasar un vehículo sobre un tubo de goma que el operador ha colocado en la carretera. Este tipo de contador es uno de los muchos tipos de contadores automáticos. Como consecuencia de esto, se estimula al vehículo a transmitir un impulso a una membrana, lo que finalmente da como resultado la interrupción de un circuito eléctrico. Dispositivos como los totalizadores y los registradores, por ejemplo, son ejemplos de este concepto.

Totalizadores: Los dispositivos electrónicos a los que se hace referencia como totalizadores tienen la capacidad de acumular todos los impulsos que reciben.

Registradores: es un dispositivo que está equipado con un reloj y tiene el potencial de registrar en una cinta el número de automóviles que se mueven durante un período de tiempo determinado, que normalmente es una hora. Este es uno de los significados de la palabra "registrador". Además de la aplicación de presión, también es posible hacer uso de dispositivos electromagnéticos y eléctricos. Existe la posibilidad de que estos dispositivos utilicen frecuencias infrarrojas, ultrasónicas o de radar. La mayoría de las veces, los contadores mecánicos no facilitan la identificación de las personas que forman parte del tráfico. Hay una serie de tecnologías que se pueden utilizar para identificar los automóviles entre sí en función de atributos como su peso, altura o longitud. Algunas manifestaciones incluyen las siguientes: Los automóviles se clasifican según la especie a la que pertenecen.



3.9.4 Trabajo de campo

El flujo de tráfico en esta ruta ha sido objeto de un análisis en el pasado, y los hallazgos de esa investigación han demostrado que existen distinciones sustanciales entre los tipos de automóviles que viajan en las partes altas y bajas de la carretera. Uno de los datos más importantes que se utilizan es el formato de registro, que comenzará y concluirá el día que se ha establecido. El flujo de tráfico está compuesto por una amplia variedad de automóviles, cada uno de los cuales tiene sus propias características únicas. Existe una estación de control que se encarga de contar los automóviles, y está ubicada en las puertas que dan acceso a los municipios de Huata y Coata. La fecha del 5 de julio de 2024 es el día en que se establece que comenzará el conteo de automóviles.

3.9.5. *Evaluación de la disposición de tránsito vehicular*

3.9.5.1 Evaluación de tránsito

- Para el propósito de esta tesis, es esencial tomar en consideración el tráfico que se encuentra actualmente en circulación para determinar el número de automóviles y los tipos de vehículos que se encuentran en circulación. Actualmente se está realizando la inspección del pavimento.
- Se colocó estratégicamente una estación de monitoreo vehicular designada para capturar todos los automóviles que ingresaban o salían del área de estudio. Esto se hizo con el propósito de medir. Para el propósito de seleccionar los automóviles que se medirían, se utilizó esta estación.
- Cerca de la entrada al pueblo de Huata, se construirá una estación de medición que se designará como estación 01. Esta estación estará ubicada muy cerca de la entrada. Esta estación estará situada en relación con el pueblo de Capachica cuando se construya por primera vez.



- Por ser pertinente a la estación, se aplica la norma nacional de vehículos D.S. N° 058 - 2003 - MTC. Esta regulación es aplicable a la estación. Además, la tabla que ofrece información sobre las dimensiones y cargas de los vehículos se presenta de manera equivalente a las otras tablas.

3.9.5.2 Aforo Vehicular

- En cualquier caso, el método más eficaz y fiable para estimar el Tráfico Medio Diario (TMD) anual es gestionar el tráfico de vehículos en intervalos anuales o mensuales. Sin embargo, resultó difícil poner en práctica esta idea. Se decidió que la duración sería de siete días a la semana, lo que supondría un total de siete días. Debido a la ausencia de una cabina de control cercana o de contadores automáticos en la vía de aforo, la recogida de datos consistentes se vio restringida, lo que a su vez disminuyó la capacidad de realizar un estudio extenso y exacto. En consecuencia, se redujo la posibilidad de realizar una investigación precisa y exhaustiva.
- Para determinar el volumen vehicular diario, se utilizó como criterio un volumen global. Este volumen global era una parte de los recuentos diarios totales que se categorizaban según los respectivos tipos de vehículos. Esto se hizo con el fin de determinar el número de horas que quedaban entre las 20:00 horas y las 5:00 horas después de la conclusión del día anterior. Durante el transcurso de quince horas, el volumen de tráfico diario se registró de manera continua desde las cinco de la mañana hasta las ocho de la noche. Esto se hizo de manera constante durante todo el tiempo.
- Al inicio de la ruta que une a Huata, Coata y Capachica, la estación de conteo de automóviles se ubicó en un lugar que se encontraba simultáneamente entre los carriles



derecho e izquierdo. Esta acción se llevó a cabo de manera que fuera consistente con el camino que estaba tomando la carretera.

- El siguiente resumen proporciona una ilustración del número de automóviles que se contabilizaron durante el transcurso de quince horas en cada día. Durante el período de tiempo que comenzó el 5 de julio y concluyó el 11 de julio de 2024, el conteo se llevó a cabo en ambas direcciones en el lugar que se había seleccionado para el propósito de contar el número de automóviles.
- Las Tablas 23 y 24 no solo ofrecen un ejemplo de los muchos tipos de automóviles que utilizan esta ruta, sino que también proporcionan un conteo completo de los vehículos que se registraron durante la semana, divididos de acuerdo con el carril en el que se descubrieron. Esta información se presenta de manera estructurada.
- Se reconoce que los estudios de tránsito que se realizaron en el sector Coata – Capachica, tomando en cuenta las circunstancias del tránsito y la importancia de la ruta, han recibido atención. Existe la posibilidad de que esto pueda ser atribuible al aumento actual del tránsito, así como al aumento previsto del tránsito en el futuro.
- El análisis estadístico revela que existe una variación en la capacidad de vehículos para el CARRIL DERECHO entre el 7 y el 11 de julio de 2024. Esta fluctuación se presenta entre el 5 y el 11 de julio:

En la Tabla N° 12, se muestra el resumen de vías que transitan en ambos sentidos:



Tabla 12

Resumen de tránsito de vehículos en los dos carriles

DIA	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIERDO	TOTAL
SABADO	2688	2826	5514
DOMINGO	6401	6194	12595
LUNES	7111	6991	14102
MARTES	5527	5317	10844
MIERCOLES	2717	2708	5425
JUEVES	2472	2287	4759
VIERNES	2472	2549	5021
TOTAL	29388	28872	58260
IMD	4198	4125	8323

Nota. Elaboración Propia.

3.9.5.3 Índice Medio Diario Anual (TPDA)

Para cada día del año, se trata de la media aritmética de los volúmenes diarios, independientemente de si se prevé que estén presentes en un segmento específico de la ruta o si están presentes en ese segmento. Esto es así independientemente de si están presentes o no en ese segmento. La acumulación de todos estos datos permite realizar un estudio cuantitativo de la relevancia de la ruta en el área que es relevante. Para generar el TPDA, que se deriva del TPDS, se utiliza un análisis estadístico de los recuentos diarios de vehículos que se adquieren a lo largo de una semana. Este análisis sirve para desarrollar el TPDA.

3.9.5.4 Cálculo del TPDS

A lo largo del proceso de cálculo del TPDS, se tienen en cuenta los recuentos diarios de vehículos que se acumulan a lo largo de una semana. Todo esto es posible gracias a:

$$TPDS = \frac{\sum (Volumen_transito_diario_dom - s\acute{a}b) \times (f.c.e)}{7} \dots\dots\dots Ec. (3.13)$$



Dónde:

Vol. Tránsito Diario Dom a Sáb.= Diariamente, los promedios de las medidas tomadas a lo largo de la semana anterior.

Como componente del experimento continuo que se llevó a cabo en nuestra área de prueba, el recuento de vehículos se realizó a lo largo del período de una semana:

$$TPDS = \frac{\sum \text{volumen_transito_diario}}{7} \dots\dots\dots Ec. (3.14)$$

El transito promedio semanal será de: 4198 Vehículos Mixtos/Día. TPDS=4198 Vehículos Mixtos/Día.

3.9.5.5 Cálculo del TPDA

El TPDS, también conocido como Promedio de la Muestra, se utiliza para determinar el TPDA, también conocido como Promedio de la Población. Todo esto es posible gracias a:

$$TPDA=TPDS \pm A \dots\dots\dots Ec. (3. 15)$$

Dónde:

A = Máxima diferencia entre el TPDA y el TPDS

Para determinar el intervalo de confianza para el TPDA (Media de la Población), el valor de A, que puede sumarse o restarse del TPDS (Media de la Muestra), es lo que actúa como factor determinante. La media de la muestra se utiliza para realizar la medición de este intervalo. La importancia de la letra "A" se determina por el nivel de confianza que uno tiene en la afirmación:

$$A = KE \dots \dots \dots Ec. (3. 16)$$

Dónde:

K = Número de desviaciones estándar correspondiente al nivel de confiabilidad deseado.

E = Error estándar de la media.

Tabla 13

Transito promedio diario semanal

	FECHA	DÍA	TOTAL DIARIO	TPDS	$(TD_i - TPDS)^2$
1	02-Enero	Sábado	2688	4198	2280100
2	03-Enero	Domingo	6401	4198	4853209
3	04-Enero	Lunes	7111	4198	8485569
4	05-Enero	Martes	5527	4198	1766241
5	06-Enero	Miércoles	2717	4198	2193361
6	07-Enero	Jueves	2472	4198	2979076
7	08-Enero	Viernes	2472	4198	2979076
		TOTAL			25536632

Nota. Elaboración Propia.

Los valores de la constante K son 1,64 y 1,96 para niveles de confianza del 90% y 95%, de forma respectiva, cuando se tiene en cuenta la distribución normal al calcular los valores. Para llegar a estos números se utilizó la distribución normal.

Desviación Estándar Muestral (S)

Hallamos la desviación Estándar Muestral S Para el carril más transitado):

$$S = 2063$$

$$n = 7 \text{ Días}$$

$$N = 365 \text{ Días}$$

Desviación Estándar Poblacional Estimada σ

$$\sigma' = \frac{S}{\sqrt{n}} \left(\sqrt{\frac{N-n}{N-1}} \right)$$

$\sigma = 773$ Vehículos Mixtos/día

Intervalos del TPDA: Asumimos una Confiabilidad del 95 % $K = 1.96$

$$TPDA = TPDS \pm K\sigma'$$

$$TPDA = 4198 \pm 1.96 \times 773$$

$$TPDA = 4198 \pm 1268$$

2930 vehículos mixtos/día < T P D A < 5466 Vehículos mixtos/día Por lo tanto asumiremos, el caso más crítico de 5466 vehículos mixtos/día.

3.9.5.6 Determinación de la tasa anual de crecimiento del tráfico

Para realizar un análisis exhaustivo de las previsiones de tráfico de la región, es imprescindible obtener datos precisos y oficiales de los organismos pertinentes, como el Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Además, hay que asignar los recursos económicos y de tiempo disponibles. En la fase inicial del proceso, es necesario determinar el volumen total de tráfico asociado a las nuevas carreteras pavimentadas que se están poniendo en servicio. Esto abarca no sólo el tráfico que se desarrolla sino también el que se produce. Por ello, es esencial realizar encuestas y evaluaciones de las regiones que se encuentran en las proximidades de la zona. Esto, al final, hará que sea más sencillo recopilar datos fiables. Determinar el aumento medio del tráfico que se puede atribuir a la ampliación del parque automotor de la región. Esta es la última fase del proceso. En general, esto es algo



que se puede establecer haciendo un análisis socioeconómico exhaustivo. Según la información disponible actualmente, el organismo responsable no tiene acceso a los detalles de este caso.

Como resultado de la investigación realizada por la Sociedad Americana de Oficiales de Transporte por Carretera (ASHTO), se ha desarrollado un método para estimar este parámetro. En este método, se calculan los componentes del sistema y el cálculo se basa en el tráfico que se encuentra actualmente en una determinada vía. La ejecución de este método se llevó a cabo con el fin de abordar los problemas comunes que ocurren durante el proceso de establecimiento de la tasa de crecimiento en el diseño de pavimentos. Esto se hizo con el fin de garantizar el cumplimiento de los requisitos. Se ha determinado que la tasa de crecimiento anual del tráfico en las vías que son el foco de la investigación se ha calculado haciendo uso de estos elementos, teniendo en cuenta los siguientes porcentajes:

Tabla 14

Porcentajes para determinar la tasa de crecimiento anual de tránsito

T I P O	%
Crecimiento Anual de Tránsito	1.50
Tránsito Generado Anual del Tránsito	1.00
Tránsito Desarrollado Anual del Tránsito	0.50
Tasa Anual de Crecimiento de Tránsito	3.00

Nota. Elaboración Propia.

3.10 Complemento de la evaluación estructural

3.10.1 Mantenimiento de vía

3.10.1.1 Generalidades

El objetivo de este capítulo es ejercer control sobre los componentes técnicos del mantenimiento que se está realizando en la Carretera Huata – Coata – Capachica que son



relevantes al tema objeto de la investigación, con el propósito de garantizar el orden, la circulación y el tránsito, así como uniformar los criterios de mantenimiento y reparación, todo ello con el objetivo de salvaguardar la infraestructura que se considera componente del casco urbano. Como consecuencia de realizar indagaciones verbales a los vecinos de la zona aledaña, se ha constatado que la Carretera Huata – Coata – Capachica se encuentra en estado de deterioro, no se le ha realizado ningún mantenimiento a la vía para garantizar el orden, preservar la integridad de la superficie o facilitar el tránsito, según los reportes que se han recibido, por lo que la falta de mantenimiento rutinario o periódico de la estructura ha dado lugar a fallas estructurales, las cuales pueden haber sido provocadas por la incapacidad de ejecutar el mantenimiento de la vía en forma oportuna. Como este tema es competencia de los municipios de Huata, Coata y Capachica, es imperativo que se responsabilicen de él.

3.10.1.2 Responsabilidad por la gestión del mantenimiento

En consecuencia, esto es de cumplimiento de los municipios y suele incluir las cinco funciones que se describen al pie de esta página:

- la creación del programa anual, que implica la gestión de su presupuesto, así como la asignación de los recursos disponibles dentro de la organización.
- Es esencial asegurarse de que los fondos se distribuyan de manera equitativa en toda la red vial y determinar qué prioridades deben enfatizarse.
- Se deben programar los trabajos y obtener la aprobación antes de comenzarlos.
- Al asegurarse de que el personal de mantenimiento esté cumpliendo con sus responsabilidades de manera adecuada y eficaz, es esencial asegurarse de que lo estén haciendo.
- Tomar medidas para garantizar que las actividades que se están llevando a cabo no solo sean eficientes sino también de alto nivel.

3.10.1.3 Actividades de mantenimiento

Aparte de la rehabilitación, que es el proceso de restaurar la integridad estructural del pavimento una vez que ha finalizado su vida útil, existen cuatro actividades de mantenimiento que se clasifican según la frecuencia con la que se llevan a cabo. Estas actividades son las siguientes:

Toda vía, independientemente del tipo de vía o del volumen de tráfico que la utilice, debe someterse a un mantenimiento periódico. Se trata de una necesidad que no se puede eludir. A continuación, se enumeran algunos ejemplos de responsabilidades de mantenimiento: limpiar los desagües y las cunetas, barrer, cortar el césped, mantener la señalización y mantener el sistema de alcantarillado son ejemplos de tareas de mantenimiento.

- En determinadas épocas del año, es necesario realizar un mantenimiento rutinario, y la frecuencia de este mantenimiento está determinada por el volumen de tráfico que ocurre en el área. A modo de ejemplo, la reparación de grietas y bordes, además del sellado de hendiduras, se incluiría en el alcance de las operaciones.
- Es esencial realizar un mantenimiento rutinario, que debe llevarse a cabo a intervalos predeterminados durante un período de tiempo prolongado antes de que pueda considerarse completo. Las circunstancias que se enumeran a continuación son solo ejemplos de las que podrían tener lugar: Además de volver a sellar las juntas, hay una serie de trabajos que deben realizarse, incluido el sellado de toda la superficie, la repavimentación, la reconstrucción del pavimento de asfalto en pequeñas piezas, el reemplazo de losas aisladas, la reparación de bermas y la instalación de señalización horizontal (pintura) y vertical (señales de tráfico).
- En el caso de que haya una obstrucción de tráfico, es de suma importancia eliminarla lo más rápido posible para aliviar cualquier problema o condición que requiera una



acción inmediata. Entre las muchas actividades que se deben realizar, algunos ejemplos son la eliminación de barreras y la instalación de señales de advertencia.

3.10.1.4 Tareas de mantenimiento

Para cumplir con los requisitos de las acciones de Mantenimiento, se requieren las siguientes acciones, y el orden en que deben terminarse se especifica en esto:

- Respecto a la reserva. Sirve como documentación ya que es un registro de las cualidades fundamentales que se asocian a cada sección de la Red Vial.
- Hasta ahora se ha realizado una investigación sobre el tema. La evaluación del estado del pavimento, así como la auscultación del mismo, son componentes de esta sección del método.
- El proceso de determinación del tipo de mantenimiento que realizará la organización. Tanto la identificación de las operaciones de mantenimiento requeridas como la evaluación de los defectos que se han hecho evidentes son componentes de este procedimiento.
- Un análisis del contenido que se encuentra actualmente accesible. Este presupuesto contiene los costos relacionados con el programa de mantenimiento y se crea como parte del proceso de creación del presupuesto.
- Se describe y reconoce el proceso de asignación de prioridades a las tareas. El proceso de toma de decisiones en esta etapa implica determinar el orden de prioridad de las múltiples opciones disponibles en un contexto de recursos limitados.
- Ahora se está discutiendo la evaluación del desempeño y la estrategia operativa. Actualmente, el trabajo se lleva a cabo bajo la dirección de una figura directa que ejerce la supervisión.
- buscando información sobre el tema. Una evaluación de la eficiencia de la tarea a través de la lente tanto de su calidad como de su desempeño.



3.10.2 Control de calidad de obra

3.10.2.1 Generalidades

Durante la fase de ejecución, esta tesis de investigación realizará una investigación de los controles de calidad que se deben haber implementado. Para garantizar que el trabajo se lleve a cabo de acuerdo con los requisitos de control de calidad, proporcionaremos una explicación de las muchas características que el personal competente (supervisor) debe tener en cuenta. Después de una cuidadosa consideración, llegaremos a la conclusión de que este es un método sencillo para asegurar que el producto sea de alta calidad. Para continuar en esta línea de pensamiento, será responsabilidad del residente determinar si la autorregulación es exitosa o no.

Se controlarán y verificarán, y en caso de que existan dudas, la autoridad puede solicitar que la persona responsable realice un estudio especializado en un laboratorio que no esté vinculado con la organización. Los datos que se crearon serán regulados y confirmados.

Aquellas personas que fueron encargadas de llevar a cabo el proyecto son las únicas que pueden ser consideradas responsables de la calidad del trabajo realizado. El responsable directo de la calidad del trabajo sigue siendo responsable de los estándares que éste satisface, independientemente de que el supervisor realice o no cualquier tipo de revisión, inspección o verificación del trabajo.

3.10.2.2 Requerimientos de obra

Laboratorio

Es imprescindible que el Laboratorio cuente con todos y cada uno de los equipos esenciales que se describen en el Expediente Técnico. Antes de comenzar el trabajo, es



imprescindible que todos y cada uno de los aparatos estén en posesión de un certificado de calibración que haya sido emitido por una empresa o institución de prestigio que sea capaz de realizar la operación. Para cumplir con la orden de inicio, la fecha en que se necesita emitir el certificado no debe ser mayor a un (1) mes antes del inicio de la orden que se emite. A partir de la calibración más reciente y continuando hasta la calibración posterior, la certificación de la calibración del equipo debe realizarse cada dos años. Esta certificación debe comenzar con la calibración más reciente. El sitio del laboratorio debe estar provisto de cuatro áreas únicas, cada una de las cuales debe estar estrechamente segregada de las demás por medio de divisiones verticales y puertas. Este es un requisito que debe cumplirse. Este documento contiene una lista de las áreas siguientes que se describen las áreas a desarrollar los trabajos.

Organización

Una organización de control de calidad es algo que debe desarrollar la persona responsable del trabajo y que debe funcionar en combinación con la estructura adecuada que se necesita para la tarea y que se requiere para su ejecución. Hay varias personas que desempeñan un papel importante en esta organización, entre ellas las siguientes:

- Para cumplir con las responsabilidades del Ingeniero Director de Calidad, es necesario contar con un Ingeniero Civil que se especialice en mecánica de caminos, pavimentos o suelos. La persona en cuestión debe tener un mínimo de diez (10) años de experiencia, que debe incluir conocimientos adquiridos a través de actividades académicas.
- Para ser considerado para el puesto de Técnico Jefe de Laboratorio, el candidato ideal sería un Ingeniero Civil que tenga un mínimo de cinco (5) años de experiencia en la gestión de laboratorios de suelos y pavimentos.



- Los tecnólogos que tengan experiencia previa en trabajos de supervisión se consideran aptos para el puesto de inspector de laboratorio debido a sus calificaciones. La longitud del camino se tomará en cuenta al momento de tomar una decisión sobre la cantidad de técnicos de laboratorio que se reclutarán. En todas y cada una de las situaciones, debe haber al menos un inspector de laboratorio asignado a todos y cada uno de los frentes de trabajo. Esto sin importar cuáles sean las condiciones. Además, será necesario que se empleen un mínimo de dos (2) técnicos de laboratorio en el sitio. En el contexto de la realización de investigaciones en el laboratorio o fuera de él, la frase "asistente de laboratorio" se refiere a un miembro del personal que ofrece ayuda a los investigadores en el proceso de realización de investigaciones. La organización contratará un mínimo de tres (3) ayudantes para que presten asistencia en la tarea.

Para evaluar a los técnicos de laboratorio, la persona autorizada es responsable de aplicar las técnicas que han sido aprobadas por la organización. Esta tarea es de la competencia de la persona autorizada. La familiaridad del individuo con las normas y su capacidad para pasar las pruebas serán los factores determinantes para determinar si se le otorga o no esta certificación. Es muy necesario que los procedimientos para la calificación se lleven a cabo de una manera que esté de acuerdo con las responsabilidades que están asociadas con cada persona. En el caso de que los solicitantes no logren pasar las pruebas de calificación, podrán tener la oportunidad de elegir un curso de acción alternativo. Se recomienda que el solicitante oponente sea eliminado de la consideración en el caso de que no pueda aprovechar esta oportunidad que se le presenta. Es necesario que el equipo de control de calidad cuente con un vehículo o automóviles que no estén vinculados al proceso de producción. La Supervisión es la encargada de determinar la cantidad mínima de personal disponible.



Rutina de Trabajo

Es responsabilidad del jefe de proyecto definir los formatos de control para todas las actividades que se realizan dentro del proyecto y que se ponen en marcha. En cada formato se debe especificar la ubicación de la actividad que se está controlando y se deben proporcionar referencias tanto en formato progresivo como por capas. Además, también se requiere que se indique el trabajo y la distancia al eje. En este sentido, es fundamental proporcionar detalles sobre el tipo de control que se realizó, la presencia o ausencia de una muestra para verificación y cualquier otro detalle relevante.

La comparación con el parámetro adecuado es algo que se debe hacer en el caso de que el control se realice en sitio. Inmediatamente después de finalizada la comparación, el formato debe aclarar si la acción que se analizó está autorizada o rechazada. En caso de que la actividad sea rechazada por el grupo de calidad, es necesario proporcionar un formato que incluya tanto una descripción de la actividad como una explicación de la razón por la que el grupo de calidad decidió rechazar la actividad. Un componente adicional que se requiere proporcionar en este formato es la acción correctiva que se llevará a cabo para poner en práctica la solución. Es necesario realizar la verificación del control recientemente desarrollado como una necesidad de servicio adicional.

Es concebible llegar a la conclusión de que la tesis actual debería haberse tenido en cuenta para garantizar un control de calidad adecuado durante la fase de ejecución de la carretera Huta – Coata – Capachica. Este resultado se puede alcanzar tomando en consideración la información que se ofreció anteriormente.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Generalidades

A continuación se presentan los resultados de las numerosas investigaciones realizadas, en las tablas y gráficos que se muestran. En estas conclusiones se incluirá el examen superficial y la evaluación estructural del pavimento asfáltico, base, subbase, subrasante y suelo de cimentación. Además, estos resultados comprenderán el análisis de granulometría, clasificación de suelos, CBR, Proctor y compactación, así como el análisis de límites de consistencia (LL, LP e IP). Trabajo de campo, pruebas de laboratorio y análisis de gabinete realizados con el uso de herramientas informáticas fueron los métodos que se utilizaron para obtener con éxito los hallazgos.

Se realizará una comparación entre los hallazgos obtenidos y las normas viales que existen actualmente. Para el propósito de realizar la investigación de este proyecto de investigación, se pondrá en juego el documento que lleva el título "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras (EG-2000) - MTC". Para que una carretera sea considerada compatible con las normas estructurales de pavimento, es



necesario que la carretera cumpla con ciertos criterios. Al establecer estas normas, se establecen las condiciones mínimas que deben satisfacerse. Se realizará un análisis y comentario de los aspectos técnicos de la situación. Este análisis y comentario incluirá el valor del resultado, el valor que prescribe la norma y la posición de la sección en la que se encuentra el resultado. Además, se realizaron estudios adicionales que incluyeron evaluaciones de la medición del espesor de la capa, así como de la altura del nivel freático.

Se evaluará si esto es o no una razón que contribuye al colapso estructural del pavimento y se emitirá una respuesta al final que indicará si esto se encuentra dentro de los parámetros de la investigación o si está fuera de ellos. Además, se realizó una investigación más básica para determinar las posibles causas de las fallas. Esto se hizo de manera similar. En el curso de la realización del estudio, se tomaron en cuenta el análisis topográfico, la geología, la hidrología y el drenaje pluvial. El deterioro del pavimento es causado por todos estos factores, que cada uno juega un papel en el proceso. Una vez finalizado el proyecto, se pondrán a disposición del público las cualidades estructurales del pavimento y se identificará la causa del colapso en el estado natural del pavimento.

4.2 Análisis de espesor de capas

Se descubrió in situ que los espesores de las capas se calcularon inspeccionando visualmente el foso excavado, midiendo e identificando la altura de cada capa estructural, que incluía la base, la subbase, la subrasante y el suelo de cimentación, así como detectando numerosos estratos y determinando la altura de cada estrato. Esto se hizo con el fin de determinar los espesores de las capas.

Después de un examen del espesor del suelo de cimentación se localizó una extensión descendente que integra material de relleno con el propósito de aumentar la subrasante. Esto se reveló como resultado del estudio. En concreto, la muestra que se tomó a esa altura es la

que corresponde al espesor que se midió. El muestreo se realizó tomando de tres a cuatro muestras de cada una de las seis zanjas que se excavaron con el propósito de realizar la obra antes mencionada.

Tabla 15

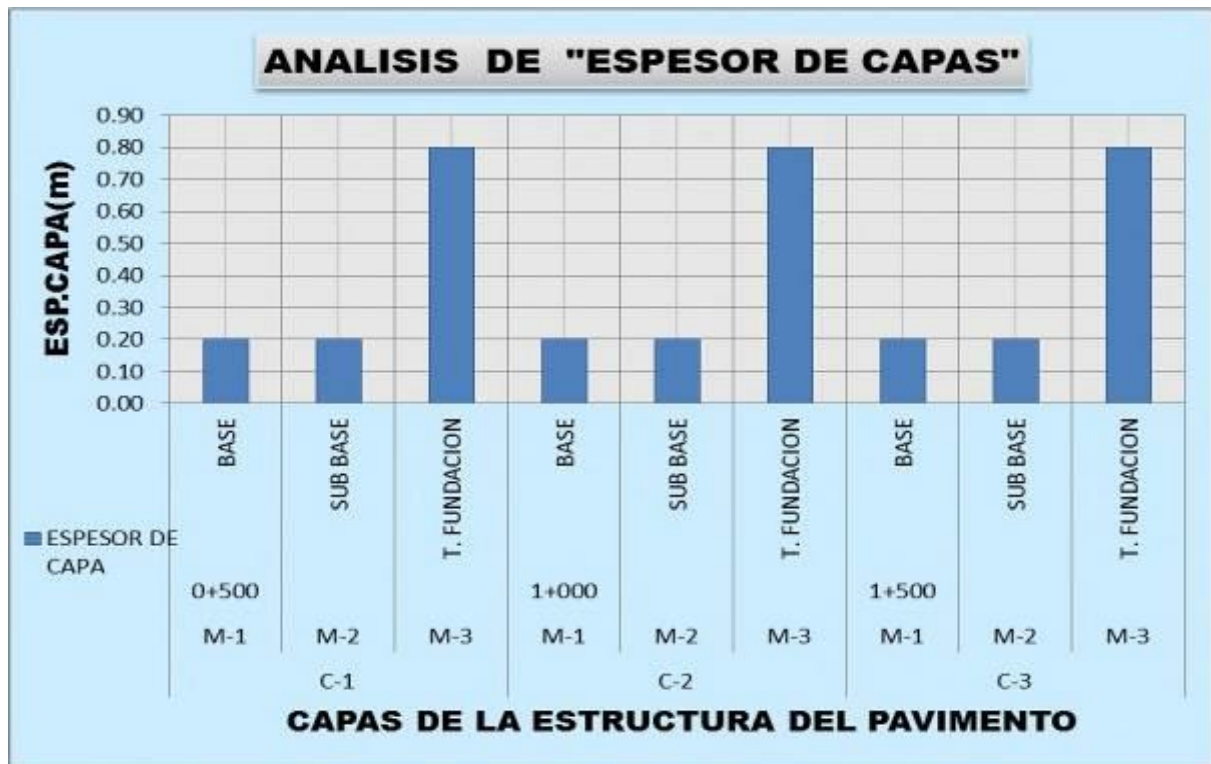
Análisis de espesor de capas

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESPESOR DE CAPA
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20

Nota. Elaboración Propia.

Figura 22

Análisis de espesores



Nota. Elaboración Propia.

Con base en los datos que se muestran en la Tabla No. 15 y la Figura No. 35, que ilustran los espesores de las capas que componen la estructura del pavimento, la base, la subbase y el suelo de cimentación, respectivamente, se puede concluir que la estructura del pavimento tiene una capa que es más delgada que el suelo de cimentación.

Tomando en cuenta los espesores, es posible concluir que la estructura del pavimento está formada por muchas capas, estando la base, la subbase y el suelo de cimentación conformados por diversos tipos de materiales. Existe una variación de espesor apenas perceptible entre la base y la subbase, que es de alrededor de 0,20 milímetros en promedio para cada una de las dos.

La capa de asfalto tiene un espesor variable, lo que finalmente resulta en un espesor promedio de 1,08 pulgadas en una cantidad sustancial del territorio. A pesar de que supera los parámetros que se han establecido, la capa de asfalto tiene un espesor variado.

4.3 Altura de nivel freático

Debido a que el nivel freático se encuentra a una distancia considerable por debajo de la tierra de cimentación, los pozos de prueba no contenían agua.

En la muestra de medición para esta tesis de investigación solo se incluyeron los pozos que actualmente están en uso por las personas y que se encuentran a lo largo de la ruta Huata-Coata-Capachica. Estos pozos fueron los únicos que se consideraron para su inclusión. De acuerdo con las mediciones, se determinó que el nivel freático se encontraba en promedio a 5,2 metros por debajo del suelo de cimentación. Esto se descubrió mediante la búsqueda del nivel freático.

4.4 Análisis de los límites de consistencia

Al desarrollar los criterios para los límites de consistencia, los dos aspectos que se toman en cuenta son el grado de flexibilidad que tiene el material, así como la calidad del

material en sí. Las pruebas de límite líquido y límite plástico que se llevaron a cabo en el laboratorio y la oficina tuvieron éxito en encontrar las restricciones de consistencia que están vinculadas con las diferentes capas que componen la construcción del pavimento. Estas pruebas se llevaron a cabo con el fin de determinar las limitaciones del concreto. Esta estructura está compuesta por tres capas: la base, la subbase y la subrasante. El resultado de esto es la producción del índice de plasticidad, que es una medida que refleja el grado de flexibilidad inherente al suelo. Se recogieron un promedio de tres a cuatro muestras de cada uno de los tres pozos de prueba, y estas muestras se recogieron de cada uno de los pozos de prueba por separado. La eliminación de las diversas capas estructurales que componen el sistema de pavimento fue necesaria para obtener estas muestras en el momento adecuado. Como se puede ver en la tabla y la representación estadística, los hallazgos que se recogieron de estas muestras cubrieron una amplia gama de posibles resultados.

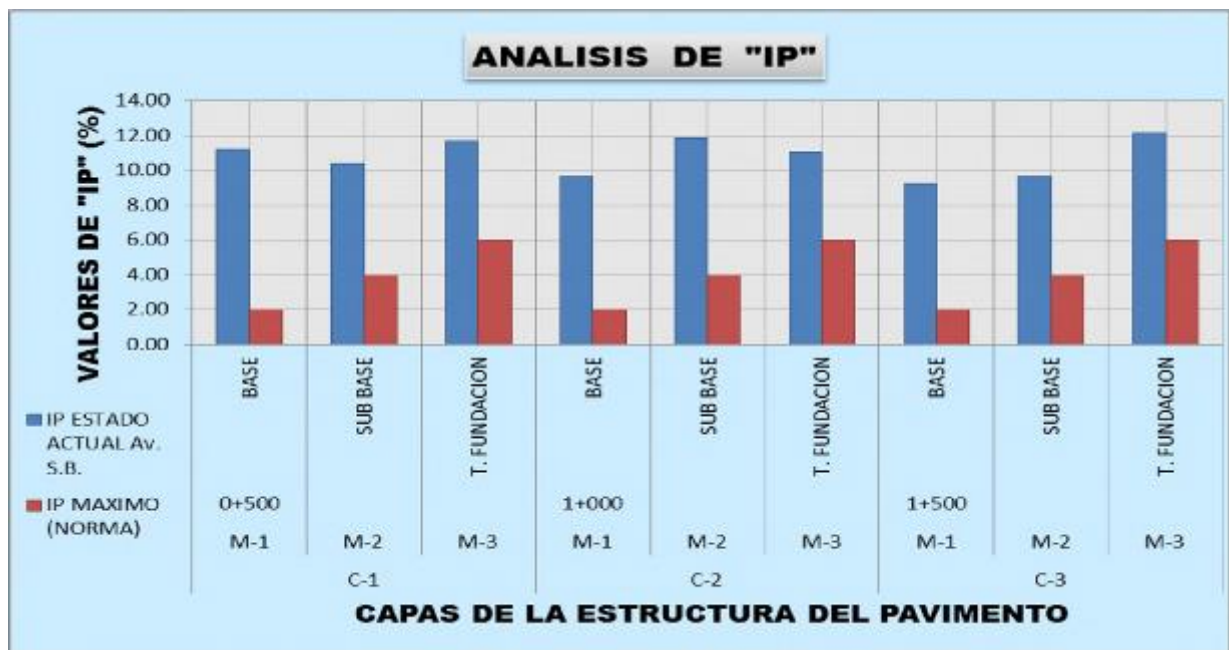
Tabla 16*Análisis del Índice de Plasticidad (IP)*

ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)								
N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDA	ESPELOR	IP; C. I- CC.	IP MAXIMO;	
			N	D	DE CAPA		ESPECIF.	
							>3500.00	
							m.s.n.m.	
CALICAT	MUESTR	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(%)	(%)	
A	A							
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	11.22	2.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	10.37	4.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	11.71	6.00
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	9.66	2.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	11.87	4.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	11.05	6.00
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	9.24	2.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	9.69	4.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.00	0.80	12.16	6.00

Nota. Elaboración Propia.

Figura 23

Análisis de "IP"



Nota. Elaboración Propia.

Respecto a la Base

- El índice de plasticidad (IP) calculado se muestra en la Tabla No. 16, junto con los valores máximos necesarios para la capa de aplicación base (BASE), que es el componente del pavimento responsable de establecer su integridad estructural.
- Tanto los valores como los resultados del IP que se adquirieron de una serie de pozos de prueba y progresivos sobre la BASE de la estructura del pavimento son muy altos y no se ajustan a los estándares técnicos fundamentales que se definen en la norma actual que se conoce como "ETGCC (EG-2000) - MTC". Se menciona en la norma que el valor máximo de IP para especificaciones que sean superiores a 3500.00 metros de elevación no debe superar el 2%. Esto se debe a que la norma tiene en cuenta la cantidad significativa de tráfico y el tipo de ruta.



- El valor de IP que se adquirió que fue el más importante fue 11.22 por ciento, y se encontró que estaba dentro de la progresión de km: 0 + 500. Se determina que el índice de plasticidad mínimo es de 9,24 por ciento durante la fase de desarrollo km:1+500. Esta fase se sitúa dentro de la fase que se encuentra en desarrollo actualmente.
- Es de suma importancia destacar que el material descubierto en el campo no cumple con el nivel técnico básico requerido. Esto se debe a que los criterios que se establecieron para el material incluyeron valores reales que pertenecen a la base y un valor promedio de 10,04 por ciento. Al tomar en cuenta estos criterios, es claro que el material no cumple con los requisitos..
- Debido al mayor contenido de índice de plasticidad que posee, podemos afirmar, en base a los resultados y análisis comparativos de la cimentación de la estructura del pavimento, que es un factor que contribuye al colapso de la estructura. Esto se debe a que incluye una mayor cantidad de plasticidad..

Respecto a la Sub Base

- Se indica en la Tabla No. 27 que el índice de plasticidad estimado, también denominado "IP", se muestra junto con los valores máximos que son necesarios para la SUB BASE, que es un componente de la construcción del pavimento.
- Los valores y resultados de IP que se adquirieron de una variedad de pozos de prueba y progresivos en relación con la SUB BASE de la estructura del pavimento son demasiado altos y no cumplen con los requisitos técnicos fundamentales que prescribe la norma (EG-2000) - MTC. Esto se debe a que los valores y resultados de IP se obtuvieron de la estructura del pavimento. De acuerdo a la norma, el valor máximo de IP para las especificaciones que se encuentran a más de 3500.00 metros sobre el

nivel del mar, así como las que son aptas para tráfico pesado y, dependiendo del tipo de vía, no debe superar el 4%.

- Por otra parte, el índice de plasticidad menos significativo es de 9.69%, y se sitúa en el km progresivo: 1+1500. En el km progresivo: 1+000, el mayor valor de IP que se alcanzó fue de 11.83%. Este es el valor más alto que se alcanzó.
- Es de suma importancia destacar que el material que se encontró en campo no cumple con los estándares técnicos básicos que se exigen. Esto se debe a que las circunstancias que rodean al material y sus valores reales con respecto a la subbase, que promediaron 10.64%, no están de acuerdo con el material.
- Los resultados y el estudio comparativo de la subbase de la estructura del pavimento han demostrado que el mayor contenido de índice de plasticidad de la subbase es un factor contribuyente a la falla de la estructura. Esta revelación fue posible gracias a que se analizó la subbase.

Respecto a la Sub Rasante-T.F.

- El hecho de que las estadísticas de SUBGRADE indiquen un índice de plasticidad superior que no satisface los estándares técnicos esenciales nos permite afirmar que es una causa contribuyente al colapso estructural que se produjo como consecuencia de la presencia de UP. Esto se debe a que los datos de SUBGRADE implican que el índice de plasticidad es superior al requerido. Además, el índice de plasticidad tiene la capacidad de alcanzar un máximo de 12,16 por ciento dentro de su rango de valores posibles.

4.5 Evaluación granulométrica

La granulometría, el agregado grueso, el agregado fino y la calidad de los materiales utilizados en la fabricación de la base granular y la subbase granular son todos temas que se



mencionan en los requisitos para los agregados. La base granular y la subbase granular se producen mediante el procesamiento de agregado granular. Tanto en el laboratorio como en la oficina, se utilizaron pruebas de tamizado para obtener los hallazgos de la inspección granulométrica de los diferentes niveles de la construcción del pavimento. Estos niveles incluyeron la base, la subbase y la subrasante. Como consecuencia de esto, se determinó el porcentaje de peso que es capaz de pasar a través de cada malla del suelo. Esto se logró cavando tres pozos de prueba, cada uno de los cuales produjo de tres a cuatro muestras de las diferentes capas estructurales que estaban dispersas por todo el pavimento. Se llevó a cabo el examen de la estructura del pavimento. Los hallazgos del estudio se presentan en una variedad de formas, como se puede ver en la tabla y la representación gráfica que están vinculadas a esta página. Hubo una proporción que se supuso que había pasado por la malla n.º 200.

Tabla 17

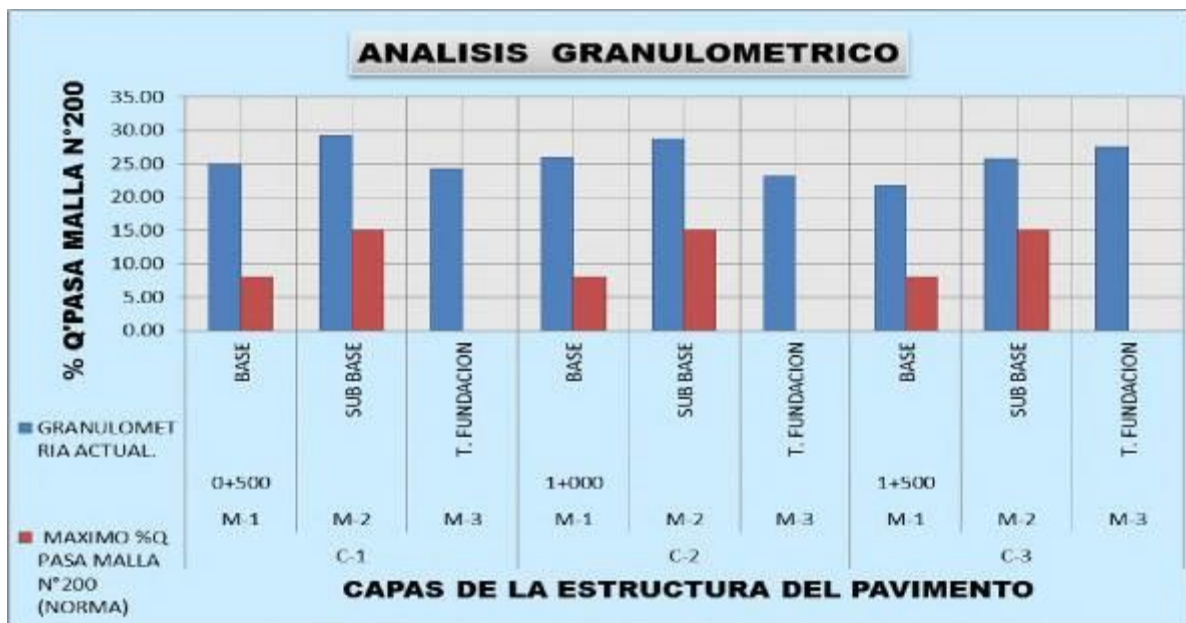
Evaluación granulométrica.

EVALUACIÓN GRANULOMÉTRICA POR TAMIZADO								
Nº	Nº	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESPESOR DE	%	Norma	
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	AD	CAPA	QUE PASA MALLA Nº 200	>3500 m.s.n.m.	
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	24.84	8.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	29.27	15.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	24.14	
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	25.96	8.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	28.66	15.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	23.15	
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	21.73	8.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	25.72	15.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	27.46	

Nota. Elaboración Propia.

Figura 24

Análisis granulométrico



Nota. Elaboración Propia.

- Es de suma importancia recalcar que el material descubierto en campo no satisface los requerimientos granulométricos mínimos, esto debido a que los criterios que se han establecido para el material, así como sus valores reales en relación a la base granular, y un valor promedio de 24.17%, apuntan a que el material no cumple con los requerimientos establecidos para el material, determinando que es una causa primaria de falla estructural debido a que posee una concentración de finos mayor a la malla No. 200, a esta conclusión se llegó luego de tomar en consideración los resultados, así como el estudio comparativo de la base granular y el porcentaje de la estructura del pavimento que logra atravesar la malla No. 200.

Respecto a la Sub Base

- Los valores granulométricos que parecen ser mayores al porcentaje que se estableció para la malla No. 200 se muestran en la Tabla No. 28, la cual puede verse aquí. Los



criterios granulométricos que son esenciales para la subbase granular son los siguientes, tal como se muestra en la Tabla No. 28, que revela la información.

- De acuerdo con las normas granulométricas para la base granular en altitudes superiores a 3500.00 metros sobre el nivel del mar y diseñadas para tráfico pesado, el porcentaje de material que es capaz de fluir a través de la malla No. 200 debe estar dentro del rango de 5% a 15%, dependiendo del tipo de carretera. Este rango está determinado por las normas granulométricas. La subbase granular de la construcción del pavimento no satisface las características técnicas fundamentales que estipula la clasificación SB-3 porque la proporción de partículas que pasan a través de la malla No. 200 es demasiado alta. Como consecuencia de esto, la construcción del pavimento no cumple con los requisitos.
- Con un valor de 29.26%, que es mayor que el de la malla No. 200, la cifra crítica se puede ubicar en el sitio del km: 1+000 avanzando. Este número es superior al valor estándar.
- El material que se encontró en campo no cumple con los criterios granulométricos mínimos, siendo de suma importancia enfatizar este hecho. Teniendo en cuenta las condiciones que se han identificado con respecto al material, así como sus valores genuinos que corresponden a la sub-base granular y un valor promedio de 27.87%, es de suma importancia enfatizar este hecho.
- Un mayor contenido de finos que pasan la malla No. 200 es una causa principal de falla estructural, según los hallazgos de una investigación comparativa de la sub-base granular y el porcentaje de la estructura del pavimento que pasa la malla No. 200. Esto se determinó mediante el análisis de la composición de la estructura del



pavimento. Este concepto está respaldado por el hecho de que la estructura del pavimento logra pasar a través de la malla No. 200.

Respecto a la Sub Rasante-T.F.

- Los datos de SUBGRADE demuestran que existe una mayor proporción de finos que logran atravesar la malla N°200, con valores que llegan hasta el 27,47% del total. Además, no cumplen con las normas granulométricas, lo que implica que podríamos identificarlo como un elemento contribuyente al colapso estructural que se produjo como consecuencia de la excesiva presencia de finos. Esto se debe a que el colapso de la construcción se produjo por la excesiva presencia de finos.

4.6 Evaluación de clasificación de suelos

En la siguiente sección, decidiremos el tipo de suelo que se utiliza en la construcción de la estructura del pavimento para los elementos de base, subbase y subrasante, teniendo en cuenta también la calidad de los componentes que componen el pavimento. Los resultados de la clasificación del suelo se obtuvieron en la oficina mediante análisis granulométrico a través de pruebas de tamizado y límite de consistencia, que se calcularon utilizando los procedimientos AASHTO y SUCS. Se obtuvieron los hallazgos en la clasificación del suelo. Este enfoque se utilizó para identificar las propiedades de los agregados gruesos o finos que estaban presentes en el suelo, así como el tipo de material que estaba presente en el suelo. Se examinaron un total de seis pozos, y se recolectaron entre tres y cuatro muestras de cada pozo respectivamente. Estas muestras se tomaron de los diversos niveles estructurales del pavimento, y los hallazgos, que se muestran en la tabla, demostraron un alto grado de variación en los valores.



Tabla 18

Clasificación de suelos

N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD	ESPESOR DE CAPA	CLASIFICACIÓN		
CALICATA	MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(m)	AASHTO	SUCS
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	A-2-6(0)	SC
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	A-2-6(0)	SC
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	A-2-6(0)	SM
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	A-2-4(0)	SC
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	A-2-6(0)	SC
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	A-2-6(0)	SM
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	A-2-4(0)	SC
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	A-2-4(0)	SC
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.00	0.60	A-2-6(0)	SM

Nota. Elaboración Propia.

Respecto a la Base

- De acuerdo con los datos de clasificación de suelos para la BASE de la construcción del pavimento, se descubrió que la arena arcillosa, que se clasifica como suelo de tipo SC, era la forma predominante de suelo en la mayoría de la sección. Esto se estableció a partir de los hallazgos de la investigación. Se ha concluido, sobre la base de los resultados de la investigación sobre las limitaciones de consistencia, que estos suelos no satisfacían los criterios mínimos debido a que exhibían un grado extremadamente elevado de flexibilidad. Además, la evaluación granulométrica de los suelos que pueden fluir a través de la malla N° 200 demuestra que no se están cumpliendo estos requisitos granulométricos. Este es el primer indicio de que no se están siguiendo estos estándares.
- Cuando se toman en cuenta las condiciones que se encontraron en el material y los valores que se asociaron con la cimentación, es de suma importancia enfatizar que el material que se encontró en el campo no cumple con los estándares que se consideran de referencia. Como resultado de los resultados y el examen del material de



cimentación que se utilizó en la construcción del pavimento, estamos en condiciones de afirmar que es un factor primario en el colapso de la estructura. Esto puede estar relacionado con la composición de arena arcillosa del material, así como con la mayor cantidad de partículas presentes en la sustancia.

Respecto a la Sub Base

- Los resultados de la clasificación del suelo indican que la mayor parte de la subbase del pavimento está formada por suelo del tipo SC, que se distingue por la arena arcillosa. Esto es así porque el suelo de tipo SC se define por su composición. Según esta conclusión, las recomendaciones que se hicieron para la cimentación concuerdan entre sí.

Respecto a la Sub Rasante-T.F.

- El SM, que está formado por arenas en lugar de otros tipos de suelo, es el tipo de suelo principal en la sección, como lo muestran los datos sobre la clasificación del suelo para la subrasante del pavimento. Esta parte está ubicada en el medio del sitio de construcción. Según esta conclusión, las recomendaciones que se hicieron para la cimentación concuerdan entre sí.

4.7 Análisis de CBR

En lo que respecta a la construcción de la estructura del pavimento, que comprende la base, la subbase y la subrasante, el estudio CBR se ocupa de la calidad de los elementos del suelo que se tuvieron en cuenta. Los resultados de las pruebas de suelo se recopilaban lo antes posible en el laboratorio y luego se analizaron en la oficina utilizando versiones modificadas de la prueba Proctor. La consecuencia de esto fue el cálculo del índice de carga de California (CBR), que se utilizó para determinar la capacidad del suelo para soportar cargas. El pavimento se analizó cavando tres pozos de prueba, cada uno de los cuales

produjo de tres a cuatro muestras de varias capas estructurales del pavimento. Las muestras se recogieron del pavimento. Según la tabla y la figura que están conectadas a esta página, los hallazgos demostraron que había una amplia gama de valores.

Tabla 19

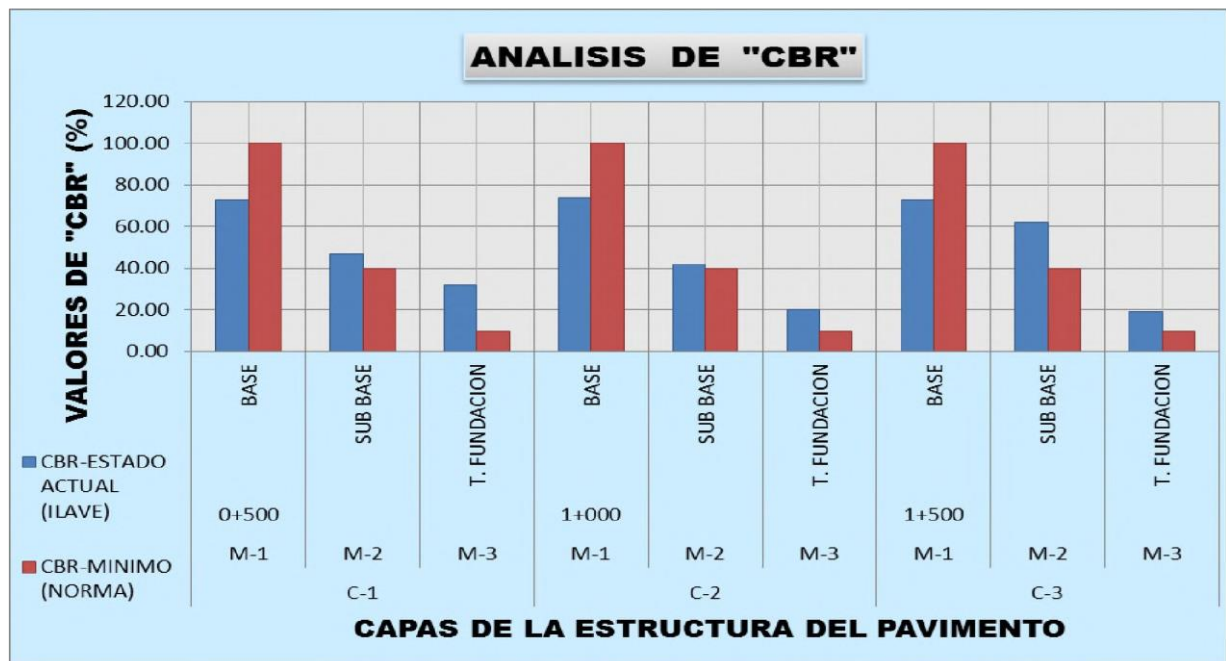
Análisis de valor relativo de soporte "CBR"

ANÁLISIS DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE "CBR"									
N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUN- DIDAD	ESPE- SOR DE CAPA	CBR	CBR MINIMO; ESPECIF. >3500.00 m.s.n.m.	DIFERENCI A MINIMA REQUERIDA	
CALICATA	MUESTR A	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(m)	(%)	(%)	(%)
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	73.01	100.00	27.01%
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	47.02	40.00	-7.01%
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	32.01	10.00	-22.02%
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	74.02	100.00	26.01%
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	42.01	40.00	-2.01%
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	20.01	10.00	-10.01%
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	73.02	100.00	27.02%
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	62.01	40.00	-22.01%
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	19.01	10.00	-9.01%

Nota. Elaboración Propia.

Figura 25

Análisis de "CBR"



Nota. Elaboración Propia.



Respecto a la Base

- Los resultados del material BASE se han revelado después de que se hayan completado el trabajo y las pruebas que se llevaron a cabo en el campo, el laboratorio y la oficina y se hayan revelado los hallazgos. La Tabla No. 19, que es una parte del estudio del valor relativo de soporte (que se conoce con frecuencia como "CBR"), es donde se muestran los resultados. La Figura No. 38, que es una representación gráfica de la investigación CBR, es donde se representan los hallazgos.
- Los números y hallazgos del índice de soporte de California (CBR) que se informan en la Tabla No. 30 son considerablemente deficientes y no cumplen con los criterios técnicos mínimos que impone la norma actual y se refieren a las "Especificaciones técnicas generales para la construcción de carreteras (EG-2000) - MTC". Con respecto a la BASE de la estructura del pavimento, estos datos y hallazgos se obtuvieron de una serie de pozos de prueba y progresivos a lo largo del pavimento. Para ser más específicos, el valor mínimo del coeficiente de fricción (CBR) para los requisitos en elevaciones que están a más de 3500,00 metros sobre el nivel del mar y se construyen para tráfico pesado debe ser cero por ciento o más, independientemente del tipo de carretera. Esto es así independientemente del tipo de carretera. Se ha descubierto que el valor CBR más significativo es de 73%, lo que implica que la desviación mínima que se requiere del estándar técnico es de 27%. Esta es la desviación menos significativa que se requiere. Cuando se ve desde la dirección de avance, esto se puede encontrar en el kilómetro 0 más 500. El resultado máximo posible de CBR se descubrió que es 74%, que se obtuvo en el km: 1+000 progresivo. Este resultado se registró como la cifra más alta posible.



- Con base en los criterios que se identificaron para el material, que incluyeron valores específicos que pertenecen a la base y un valor promedio de 73.33%, es fundamental enfatizar que el material que se descubrió en el campo no cumple con los estándares técnicos mínimos que se requieren y, como resultado, no es adecuado para su uso como material de subbase. Esto se debe a que el material no cumple con los requisitos para la base.
- Podemos afirmar que es un factor que llevó al colapso del edificio debido a los resultados y el análisis comparativo de la cimentación de la estructura del pavimento. Esto es algo que podemos decir gracias a los estudios que hemos realizado.

Respecto a la Sub Base

- Los resultados de un análisis de la significancia relativa del soporte "CBR" se muestran en la Tabla No. 30, y una representación gráfica de los hallazgos se presenta en la Figura No. 38. Es posible localizar ambos tipos de documentos al mismo tiempo. Los descubrimientos del material SUB BASE se han adquirido con éxito. Se han realizado adquisiciones exitosas.
- En la Tabla No. 30 se presentan varios pozos de prueba y progresivos relacionados con la SUB BASE de la estructura del pavimento, que muestra los valores y resultados del CBR. Estos valores se correlacionan con una variedad de pozos de prueba y progresivos. Se debe notar que los valores en cuestión son ligeramente superiores a las especificaciones técnicas mínimas que exige la norma actual denominada "ETGCC (EG-2000) - MTC". Según el tipo de carretera, el valor mínimo de CBR debe ser de al menos el cuarenta por ciento para cumplir con las regulaciones para elevaciones superiores a 3500,00 metros sobre el nivel del mar y para tráfico pesado. Este requisito está sujeto a cambios dependiendo del tipo de vía.



- La cifra más importante de CBR que se obtuvo fue de 42 por ciento, lo que demuestra que la desviación mínima que se requiere de la norma técnica es de -2 por ciento. Esta es la desviación mínima que se requiere. Mil es la cifra que se sitúa en el kilómetro que se está acercando cada vez más a ser alcanzado. La cifra más alta que se ha registrado para CBR es de 62%, y se puede encontrar en el kilómetro progresivo: 1+500.
- Se ha determinado que el material encontrado cumple con los estándares técnicos mínimos que son indispensables para su uso como suelo de cimentación o material de mejoramiento de subrasante que se requiere. Se determinó un valor promedio de cincuenta y tres punto tres por ciento como consecuencia de las circunstancias del material que se identificaron, que incluyeron los números reales que pertenecen a la subbase. La ocurrencia de tales condiciones ha llevado al presente resultado.
- Como resultado de los resultados y del estudio comparativo de la subbase de la estructura del pavimento, es posible certificar que no es un factor que haya contribuido al colapso de la construcción como material necesario. Los resultados pueden llevar a esta conclusión si se toman en consideración.

Respecto a la Sub Rasante-T.F.

- La Figura 38 y la Tabla 30 proporcionan los resultados del análisis del material SUB GRADE. Ambas figuras se muestran a continuación. De manera más particular, brindan información sobre el valor relativo del soporte al que se le denomina "CBR".
- En lo que respecta a la subrasante de la estructura del pavimento, los valores CBR y los resultados de los pozos de prueba y de los progresivos apenas se elevan y satisfacen las especificaciones técnicas fundamentales que prescribe la norma actual conocida como "ETGCC (EG-2000) - MTC". Durante el año 2000, se creó esta

norma. Uno de los requisitos de esta norma es que el valor CBR mínimo para una especificación de altura que sea superior a 3500,00 metros sobre el nivel del mar y que sea adecuada para tráfico pesado y tipo de carretera debe ser superior al 10%.

- Uno de los valores CBR más importantes que se pueden alcanzar es el diecinueve por ciento o más, y se puede encontrar entre los kilómetros progresivos 1+500 y 1+622 en el rango. Se determinó que el valor CBR que se logró como el más alto posible fue el 32% (+) dentro del rango progresivo de kilómetros 0+000 a 1+000.
- En vista de las circunstancias que rodean al material, así como los valores de subrasante que se han verificado y un promedio de 23,67%, es de la mayor importancia reconocer que el material que se encontró en el campo cumple con el nivel técnico mínimo. Si el porcentaje del material se encuentra entre 0 y 10%, entonces se considera que es de mala calidad.
- Los resultados y el examen comparativo de la subbase de la estructura del pavimento nos permiten ver que no es una causa contribuyente al colapso de la construcción. Esto es algo que podemos ver. La razón de esto es porque no cumple con los requisitos de calidad esenciales para los materiales que se consideran subrasante.

4.8 Análisis de compactación

Cuando se habla de la estructura del pavimento para la capa base, la frase "análisis de compactación" se refiere al grado de compactación de la base, el cual se expresa en porcentaje y es lo que constituye la estructura del pavimento. En poco tiempo, la información fue recopilada en campo, analizada en laboratorio y luego procesada en oficina una vez recopilada. La densidad de campo se midió in situ mediante el método del cono de arena, lo que permitió obtener hallazgos que representan el grado de compactación de la cimentación del pavimento. Las mediciones se realizaron con el fin de determinar los resultados de la

densidad de campo. Se tomó una muestra representativa de dos áreas diferentes a nivel fundamental que define la estructura del pavimento. Estas ubicaciones se eligieron por la importancia que tienen. Como se puede observar tanto en la tabla como en el gráfico, se descubrió que los resultados de estas ubicaciones no eran similares entre sí.

Tabla 20

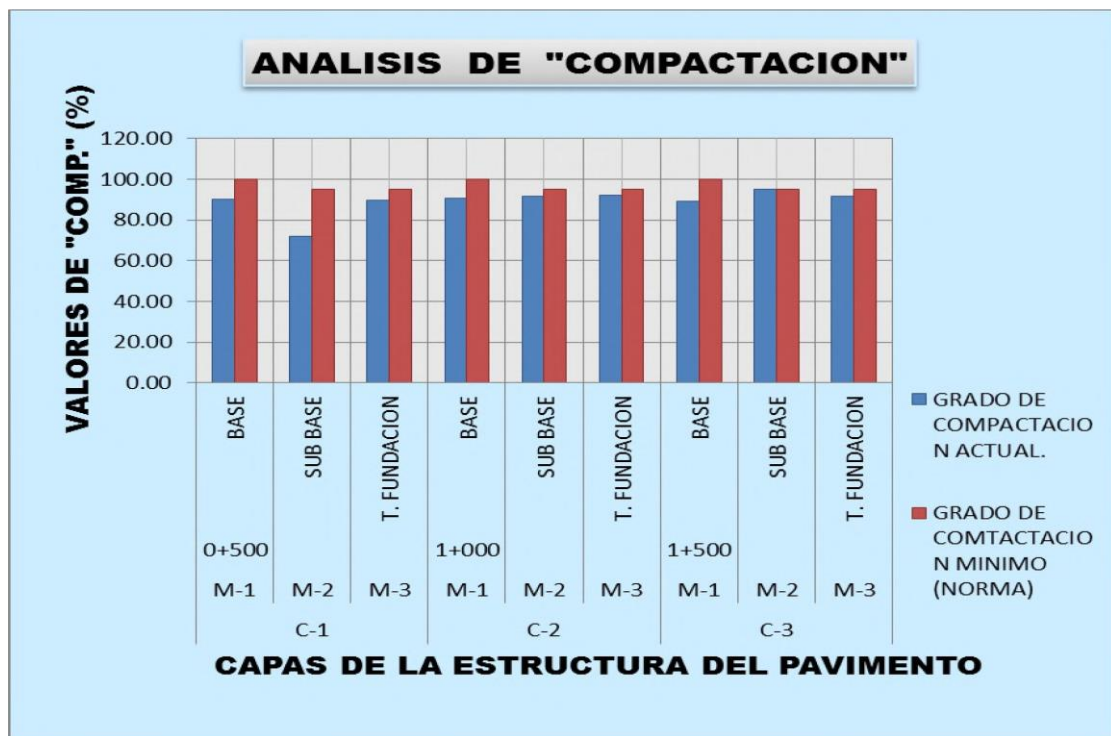
Análisis de compactación

ANÁLISIS DE COMPACTACIÓN										
N°	N°	PROG.	DESCRIPCIÓN	PROFUNDIDAD		ESPESOR DE CAPA	PROCTOR MODIFICADO		COMPACTACIÓN	MÍNIMO NORMA
CALICATA MUESTRA	(Km)	B-SB-TF	(m)	(m)	(m)	MDS gr/cc	OCH (%)	(%)	(%)	
C-1	M-1	0+500	BASE	0.00	0.20	0.20	2.054	8.98	90.07	100.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	1.994	10.66	71.72	95.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	1.853	11.82	89.49	95.00
C-2	M-1	1+000	BASE	0.00	0.20	0.20	2.103	8.75	90.82	100.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	1.995	11.30	91.73	95.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.20	0.80	1.868	10.61	91.83	95.00
C-3	M-1	1+500	BASE	0.00	0.20	0.20	2.033	9.70	89.03	100.00
	M-2		SUB-BASE	0.20	0.40	0.20	1.981	10.90	94.90	95.00
	M-3		T. FUNDACIÓN	0.40	1.00	0.80	1.844	11.16	91.47	95.00

Nota. Elaboración Propia.

Figura 26

Análisis de "Compactación"



Nota. Elaboración Propia.



Respecto a la Base, Sub Base y Sub Rasante

- Se realizaron tres mediciones a nivel de base, subbase y subrasante en las siguientes ubicaciones: km:0+500, km:1+000 y km:1+500. Estas mediciones se muestran en la Tabla No. 20, que se puede ver aquí. Los valores de compactación se tomaron en cuenta cuando se tomaron estas mediciones. El hecho de que las normas estipulen que los valores mínimos requeridos para la base, subbase y subrasante sean respectivamente cien por ciento, noventa y cinco por ciento y noventa y cinco por ciento es algo que se debe tener en cuenta de manera regular.
- Podemos afirmar que la compactación de la cimentación que soportaba la construcción del pavimento es un componente que llevó al colapso ya que hemos tenido en cuenta los resultados del estudio que se realizó sobre el tema.

4.9 Evaluación del estudio de tráfico

En este sitio en particular, el pavimento cumple una serie de tareas vitales, una de las más importantes de las cuales es proteger la subrasante de las cargas que se producen por el tráfico que traen los vehículos. Como resultado de esto, el pavimento tiene que construirse de tal manera que sea capaz de satisfacer los requisitos del tráfico durante todo el proceso de diseño. Es necesario desarrollar estimaciones con respecto al crecimiento del tráfico para evaluar las necesidades estructurales del pavimento. Esto se debe a que dichas proyecciones son necesarias.

El transporte en la ruta Huata – Coata – Capachica varía de un segmento a otro, con cambios en el número de vehículos, la magnitud de la carga por eje, el volumen de la composición de la carga por eje, la presión de los neumáticos y el área de contacto. Además, el área de contacto varía. Con base en esta variación, se puede concluir que la formación de nodos está directamente relacionada con ella.

Como resultado de que el diseño de un pavimento flexible se construye en función de las cargas de circulación a las que estará expuesto, definir el IMD es de máxima relevancia.

Tabla 21

Resumen de estudio de tráfico

DÍA	CARRIL DERECHO	CARRIL IZQUIRDO	TOTAL
SABADO	2687	2827	5514
DOMINGO	6402	6193	12595
LUNES	7112	6992	14102
MARTES	5526	5316	10844
MIERCOLES	2716	2709	5425
JUEVES	2473	2286	4759
VIERNES	2471	2548	5021
TOTAL	29389	28873	58262
TPDS	4198 VEHICULOS MIXTOS/DÍA		
IMD	5466 VEHICULOS MIXTOS/DÍA		

Nota. Elaboración propia.

Figura 27

Estudio de tráfico

FECHA	VEHICULOS	VEHICULOS LIGEROS				VEHICULOS PESADOS										TOTAL VEH. X DIA.
		CAMIONETAS				2 EJES			3 EJES		4 EJES		5 EJES			
		AUTOS	CMTAS	CAMION RURAL	COMBUS	OMNIBUS B2	OMNIBUS B2	CAMION C2	OMNIBUS B3-4	CAMION C3	OMNIBUS B4-4	SOMERTRAILER T2S3	SOMERTRAILER T3S2	SOMERTRAILER T3S3	SOMERTRAILER C4B2	
DOMINGO	1112	108	1158	121	57	13	42	13	13	24	12	10	5	0	2688	
DOMINGO	2045	239	3409	234	155	24	179	21	32	19	14	11	12	7	6401	
DOMINGO	2464	259	3730	204	176	24	167	16	23	10	14	14	9	1	7111	
DOMINGO	1190	294	3401	144	241	11	144	9	66	6	7	6	7	1	5527	
DOMINGO	1166	177	959	119	151	9	101	8	9	5	6	3	3	1	2717	
DOMINGO	905	147	1036	103	133	8	98	6	10	10	7	3	6	0	2472	
DOMINGO	934	147	1066	90	126	6	73	3	6	5	6	3	7	0	2472	
TOTAL	9816	1371	14759	1015	1089	95	804	76	159	79	66	50	49	10	29389	
PERCENTUAL	1402	196	2108	145	148	14	115	11	23	11	9	7	7	1	4198	
PERCENTUAL	33	5	50	3	4	0	3	0	1	0	0	0	0	0	100	
CONCENTRACION		3852				277		34		11		17		8	4198	
INDICE MEDIO DIARIO																



- La capacidad vehicular para cada día la podemos determinar aplicando la Tabla No. 32, la cual nos permite calcular el tráfico promedio diario de la semana. Esto nos permite determinar el tráfico promedio diario de la semana. Posteriormente se realiza el cálculo con la ayuda de esta información.
- Según el IMD oficial, en las vías que unen a Huata, Coata y Capachica al cabo de un solo día existen 5,466 automóviles mixtos. Esta información fue obtenida del IMD oficial.
- La información que se muestra en la Figura No. 40 nos permite llegar a la conclusión de que la ruta Huata – Coata – Capachica es el origen de las cargas circulantes que se han encontrado. Por su capacidad de aceptar tanto vehículos livianos como pesados de mayor tonelaje, esta carretera es capaz de albergar hasta seis ejes durante su uso. (T3S3, C4R2).



CONCLUSIONES

1. El Plan de pavimento de la vía Huata – Coata – Capachica se detectaron debilidades estructurales. Las crecientes cargas de circulación, las frecuentes ocurrencias, el deficiente control de los materiales, el insuficiente aseguramiento de la calidad en su construcción y los defectos que se presentaron durante el proceso de construcción fueron los responsables finales de estas fallas. Se determinó que los enfoques destructivos fueron la base de las estrategias de evaluación que se utilizaron en el proceso de evaluación de las fallas.
2. Durante la construcción del pavimento flexible para la ruta Huata – Coata – Capachica, es evidente que las conclusiones adquiridas de los estudios in situ y laboratorio de mecánica de superficies que se llevaron a cabo no pueden considerarse adecuadas. Estas investigaciones se llevaron a cabo en campo y en laboratorio, específicamente porque no cumplen con las condiciones requeridas para el diseño, razón por la cual se encuentra detrás de esto.
3. Con base en los hallazgos de las evaluaciones que tuvieron lugar, los valores hallados reales obtenidos y la comparación con la topografía y el estado actual del sistema del pavimento, donde se identificaron los factores primarios que llevaron a la falla de la estructura, hemos llegado a la conclusión de que la estructura del pavimento se ha derrumbado debido a las siguientes razones: Como resultado del bajo índice de carga de California (CBR), la subrasante, la subbase y la base están todas presentes en sus respectivas formas. Debido al mayor volumen de partículas que pueden pasar a través de la malla No. 200, la subrasante, la subbase y la base tienen una mayor concentración



de IP. Esto se debe a que la malla No. 200 permite el paso de dichas moléculas. El mantenimiento inadecuado de los sistemas de drenaje y el diseño incorrecto han sido las causas fundamentales de los problemas que han surgido en la subrasante, la subbase y la base. Estas dificultades son consecuencia de deficiencias que han surgido durante el proceso de construcción, operación y conservación de la ruta.

4. De acuerdo al valor 5, obtenido del examen realizado con el método PCI, se evidencia que la estructura del pavimento se ha colapsado, lo cual se demuestra por el hecho de que se obtuvo el valor. Entre las marcas 0+000 y 0+500 del tramo que une Huata y Coata, y entre las marcas 1+000 y 1+500 del tramo que une Coata y Capachica, se encuentran las regiones que han experimentado un deterioro más severo. Estas localidades se encuentran en el tramo que se encuentra entre Huata y Coata. En las partes más impactadas por la acumulación de agua se presentan fallas significativas, que se caracterizan por huecos profundos que se extienden hasta la misma subbase, y son estas áreas las que sufren los daños más severos. El valor PCI puede considerarse aceptable, lo cual sería una conclusión a la que podríamos llegar.

5. Se determinó que el IMD es de 5466 vehículos mixtos por día, como resultado de los resultados del estudio de tránsito que se realizó en la vía que pasa por Huata, Coata y Capachica. Debido a que el pavimento no sufre ninguna degradación estructural temprana como resultado de esto, es razonable presumir que el pavimento no cumplió con la vida útil que se le había previsto dentro del diseño. Por lo tanto, no son responsables del desarrollo de fallas estructurales ni del deterioro de las condiciones perfectas que existían dentro de la plataforma rodante. Esto debido a que no son responsables de la plataforma rodante.



RECOMENDACIONES

1. Antes de empezar el proceso de creación de un pavimento flexible, se sugiere realizar una evaluación y control completo de las cualidades físicas de los insumos que se van a usar en el desarrollo de la ejecución del pavimento. Esta evaluación y control se debe realizar antes de iniciar el paso a paso de construcción. Para esto, se requiere realizar las pruebas pertinentes a cada material en relación con la base, subbase y suelo de cimentación. Luego de realizar esto, es necesario verificar que los valores obtenidos estén en plena conformidad con los requisitos que se han establecido.
2. En vista de que el suelo de cimentación para el pavimento de la carretera que corre entre Huata y Coata y Capachica es insuficiente, se ha propuesto la construcción de una estructura para mejorar la subrasante. Teniendo en cuenta las circunstancias, se utilizaría la frase "proponer una opción que mejore la estabilidad general del suelo de cimentación" para explicar lo que se incluiría.
3. Es de suma importancia llevar a cabo una gestión estricta del diseño estructural en torno a los pavimentos flexibles con el fin de evitar que los índices de estado del pavimento caigan por debajo de los requisitos que se han especificado.
4. Cuando se trata del modelo de pavimentos flexibles, es esencial considerar el tipo de carretera, así como las cargas de circulación previstas. Las estimaciones de la demanda futura de transporte deben servir como base para esta planificación. Es necesario realizar un análisis de cada uno de estos problemas.
5. Para el propósito de este estudio, que aboga por la exploración de procedimientos efectivos para la conservación y reparación de la vía, la carretera es el foco de la investigación.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIRRE, C. (2001) "Tratamientos Superficiales: Estudios orientados a mejorar su calidad final". Tesis Universidad de Chile, Dpto. de Ingeniería Civil.

BOWLES E. (2001) Propiedades Geofísicas de los Suelos, Me. Graw Hill México.

INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS. (1998) Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras. Santafé de Bogotá D.C.

JUÁREZ, E y RICO, A. (1995) Mecánica de Suelos, Tomo I.

JUÁREZ, E y RICO, A. (1995) Mecánica de Suelos, Tomo II.

KRAEMER, C. (2010) 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.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y TRANSPORTE, (1987). El Método de Diseño de Pavimentos Flexibles de Carreteras.

MONTEJO, A. (1998) Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.

MOPT. (2001) Guía para el Diseño Estructural de Pavimentos Flexibles en Colombia.



MOPT. LA VIALIDAD LTDA. Criterios y Normas para el Diseño Estructural de Carreteras.

Métodos para el Diseño de Espesores para Pavimentos Rígidos.

MORENO, G. (1974) Comentarios Generales sobre Drenaje.

MUÑOZ, J. (1987) "Usos de los tratamientos superficiales asfálticos en Chile". Tesis
Universidad de Chile, Dpto. de Ingeniería Civil.

OLIVERA, F. (2004). Estructuración de Vías Terrestres. Compañía Editorial Continental,
S.A. de C. V. México.

QUINTEROS, R. (2007) "Tratamientos Superficiales Asfálticos: Perfeccionamiento del
método de dosificación de la dimensión mínima promedio". Tesis Universidad de
Chile, Dpto. de Ingeniería Civil.

RICO, E Y DEL CASTILLO, A. (1990) La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres,
Tomo 1, Obras Complementarias de Drenaje.

VELÁSQUEZ, A y OTROS. (2007). "Metodología de la Investigación Científica" Ed. San
Marcos. Perú.

Silene, MINAYA GONZALES, Abel ORDOÑES HUAMAN "Diseño, Construcción y
Supervisión de Proyectos en Pavimentos Asfálticos", Universidad Nacional de
Ingeniería-Lima Perú. Primera edición 2005.



Alfonso, MONTEJO FONSECA “Ingeniería de Pavimentos Tomo II” Universidad Católica de Colombia. Tercera edición 2006.

Alfonso, MONTEJO FONSECA “Ingeniería de Pavimentos Tomo I” Universidad Católica de Colombia. Tercera edición 2006.

Guía de Diseño Mecanístico — Empírico de Pavimentos Manual Práctico AASHTO-2011.

Manual para la Inspección Visual de Pavimentos Flexibles; Universidad Nacional de Colombia (Sede Bogotá-2010).

PETROBRAS “Pavimentos Asfálticos; Formación Básica Para Ingenieros- Evaluación Estructural de Pavimentos Asfálticos-Brasil 2010.

“Características, Clasificación y Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos”, Universidad Nacional de Ingeniería-Lima Perú 1982.

Ángel R. HUANCA BORDA, “Mecánica de Suelos” Segunda Edición 1996.

Joseph E. BOWLES “Manual de Laboratorio de Mecánica de Suelos”, Bogotá Colombia – 1987.



ANEXOS



ANEXO 01

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA – COATA – CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

EJECUTOR : Bach. I. C. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN
<p>PROBLEMA GENERAL.</p> <p>¿Cuál es el grado de deterioro del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica de la Región Puno?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS.</p> <p>1. ¿Qué tipo de fallas superficiales se evidencian en el pavimento con tratamiento superficial asfáltico en la vía Huata – Coata - Capachica?</p> <p>2. ¿Cuál es la condición de durabilidad del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica?</p> <p>3. ¿Cuál es el nivel de mantenimiento del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL.</p> <p>Determinar el grado de deterioro del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica de la Región de Puno.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</p> <p>1. Identificar los tipos de fallas superficiales que se presentan en el pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica.</p> <p>2. Determinar la condición de durabilidad del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica.</p> <p>3. Determinar el nivel de mantenimiento del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL.</p> <p>El grado de deterioro del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata - Capachica, es alto debido a la severidad de daños que presenta.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.</p> <p>1. Las fallas superficiales que se evidencian en el pavimento rígido de la vía Huata – Coata - Capachica son de un alto grado de deterioro debido a la mala concepción estructural del pavimento.</p> <p>2. La condición de durabilidad del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica es bajo debido al nivel de severidad de daños.</p> <p>3. El nivel de mantenimiento del pavimento con tratamiento superficial asfáltico de la vía Huata – Coata – Capachica, es bajo debido a los daños que presentan, pudiendo ser rehabilitado planteando una alternativa de solución efectiva.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <p>TIPO DE FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características mecánicas de la sub-base. • Características mecánicas de la base. • Características de la superficie de rodadura. • Características del tránsito vehicular. 	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación, densidad, CBR. • Clasificación, densidad, CBR. • Proporción, mezcla asfáltica 1° y 2° capa. • Estudio de tráfico 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayo de CBR. • Ensayo de CBR. • Evaluación PCI. • Aforo de vehículos.
			<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>GRADO DE DETERIORO DEL PAVIMENTO.</p> <p>DE DEL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características fallas del pavimento. • Causa de fallas del pavimento. • Propuesta de remediación del desgaste. 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario. • Análisis. • Formulación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación PCI. • Estudio geotécnico. • Aplicación de métodos.

Nota. Elaboración propia.

ANEXO 02 PANEL FOTOGRÁFICO



Fotografía 01. Sondeo en campo para el estudio de mecánica de suelos.



ANEXO 04
ESTUDIO DE TRÁFICO



CUADR

O - 01

VIERNE

S 08 DE

JULIO

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO"

POR: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE - EPIC-UANCV- JULIACA

CARRIL DERECHO

HORAS	AUTOS		COMBIS											TOTAL VEH.	
				M/NIBUS	OMNIBUS	CAMION	OMNIBUS	€/EMION	OMNIBUS	SEMI TRAILER	SEMI TRAILER	SEMI TRAILER	seMITexileR		
s:00am:s:am	65	3	41	3	7	0	1	1	1	1	1	1	1	0	126
s:00am7:am	56	10	52	6	10	1	4	0	1	1	1	0	1	0	143
7:00am-8:a+	49	11	63	8	9	1	3	0	0	0	1	1	0	0	146
8:00am-9:"+	72	8	73	6	8	1	2	0	1	0	0	0	0	0	171
9.00am io:am	63	7	81	8	9	0	6	0	0	0	0	0	0	0	174
io:00am ii:am	67	12	74	5	7	0	5	0	0	0	0	0	0	0	170
ii:00am iz:pm	69	8	86	9	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	181
Jz.00pm J3:pm	82	7	75	5	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	182
13.00pm J4:pm	68	6	65	7	9	0	6	0	0	1	0	0	0	0	162
14.00pm J s:pm	70	11	72	5	9	0	7	0	0	0	1	0	1	0	176
1s.00pm Js:pm	59	7	64	4	8	1	3	0	1	0	0	0	0	0	147
1s.00pm J7:pm	60	13	74	6	9	0	9	0	0	0	0	0	0	0	171
17:00pr-18:pa	45	10	81	5	8	1	6	0	0	0	0	1	2	0	159
18:00pm-19:r"	53	11	83	6	9	0	7	1	1	0	1	0	1	0	173
19:00pmzo:pm	56	23	82	7	11	1	5	1	1	2	1	0	1	0	191
TOTAL	934	147	1066	90	126	6	73	3	6	5	6	3	7	0	2472



DOMINGO 05 DE JULIO

CUADRO - 02

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO"
POR: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE - EPIC-UANCV-JULIACA
CARRIL IZQUIERDO

HORAS	AUTOS		COMBIS					SEMI TRAILER			SEMI TRAILER		TOTAL VEH.		
			M/NIBUS	OMNIBUS	CAMION	OMNIBUS	€/EMION	OMNIBUS	SEMI TRAILER	SEMI TRAILER	SEMI TRAILER	seMITexileR			
s:00am s:am	67	7	53	3	7	0	3	2	0	1	0	1	5	0	149
s:00am 7:am	59	13	150	14	11	3	6	0	2	1	1	0	7	0	267
7:00am-8:a+	148	30	288	13	15	2	10	5	6	5	1	0	0	0	523
8:00am-9:"+	200	25	284	15	11	1	9	0	2	3	3	2	0	0	555
9.00am io:am	220	18	309	16	9	1	10	0	2	1	0	1	0	0	587
io:00am ii:am	124	9	289	30	8	0	9	0	0	0	0	1	0	0	470
ii:00am iz:pm	115	10	267	17	7	0	11	3	0	0	0	0	2	0	432
Iz.00pm I3:pm	100	11	174	16	5	1	13	0	1	1	2	0	0	0	324
13.00pm I4:pm	90	7	152	16	6	0	14	1	8	0	0	0	2	0	296
14.00pm Js:pm	106	13	165	28	4	0	11	0	1	0	0	0	0	0	328
1s.00pm Js:pm	167	16	194	23	12	0	22	0	0	2	0	0	0	0	436
1s.00pm I7:pm	102	19	271	12	11	1	21	3	3	2	2	0	3	0	450
17:00pm-18:p"	149	28	274	9	20	2	10	2	1	0	3	0	2	1	501
18:00pm-19:r"	149	35	279	5	24	2	3	0	0	2	0	2	1	0	502
19:00pmzo:pm	129	21	208	6	6	0	3	1	0	0	0	0	0	0	374
TOTAL	1925	262	3357	223	156	13	155	17	26	18	12	7	22	1	6194



CUADRO-03

LUNES 04 DE JULIO

CARRIL IZQUIERDO

TESIS: "EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA – COATA – CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO"

POR: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE - EPIC - UANCV - JULIACA

HORAS	AUTOS		COMBIS	M/NIBUS			OMNIBUS		CAMION	OMNIBUS	CAMION	OMNIBUS	SEMI TRAILER	SEMI TRAILER	SEMI TRAILER	seMITeXileR	TOTAL VEH.
s:00am s:am	81	6	174	4	7	3	4	2	1	1	1	1	1	2	0	287	
s:00am 7:am	99	8	203	7	10	3	7	2	2	0	3	1	8	0	353		
7:00am-8:a+	153	14	275	9	10	4	11	1	0	1	0	2	3	0	483		
8:00am-9:"+	230	19	358	14	14	0	14	1	1	0	0	0	1	0	652		
9:00am io:am	255	11	379	16	12	0	18	0	2	0	0	0	0	0	693		
io:00am ii:am	269	25	305	12	11	0	12	0	1	0	1	1	0	0	637		
ii:00am iz:pm	184	10	185	10	17	1	16	1	0	1	0	0	0	0	425		
Jz:00pm J3:pm	165	8	130	7	15	0	9	0	2	0	0	0	1	0	337		
13:00pm J4:pm	103	7	145	9	8	0	8	0	0	0	0	1	0	0	281		
14:00pm J5:pm	75	20	193	14	8	1	5	0	1	0	0	1	0	0	318		
1s:00pm J5:pm	140	26	178	16	6	2	4	2	0	1	1	0	0	0	376		
1s:00pm J7:pm	153	31	190	19	8	0	2	1	1	2	2	0	1	0	410		
17:00pm-18:p"	115	25	226	11	14	1	4	0	2	0	1	5	1	2	407		
18:00pm-19:t"	169	18	370	10	21	3	6	1	3	0	0	3	2	0	606		
19:00pm z o:pm	228	11	431	13	30	0	6	3	1	0	0	3	0	0	726		
TOTAL	2419	239	3742	171	191	18	126	14	17	6	9	18	19	2	6991		



ANEXO 05
ENSAYOS DE LABORATORIO



TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

MUESTRA : CALICATA N° 01

PROGRESIVA : 0+500

UBICACIÓN : VÍA HUATA - COATA

LUGAR : DISTRITO CAPACHICA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	267.10
SUELO SECO + TARRO	gr	244.30
PESO DEL TARRO	gr	43.20
PESO DEL AGUA	gr	22.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	201.10
HUMEDAD %	%	11.34

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		Q	W	1	3
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	38.97	38.14	19.50	19.04
SUELO SECO + TARRO	gr	35.05	34.67	17.55	17.33
PESO DEL TARRO	gr	21.10	20.80	6.20	6.05
PESO DEL AGUA	gr	3.92	3.47	1.95	1.71
PESO DEL SUELO SECO	gr	13.95	13.87	11.35	11.28
HUMEDAD %	%	28.10	25.02	17.18	15.16
N° DE GOLPES		25	25		
LÍMITE LÍQUIDO %		26.56		LÍMITE PLÁSTICO % : 16.17	
ÍNDICE PLÁSTICO %			10.39		

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

UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
Mgtr. ARNOLDI YANAPURRES
CIP 103397

B. N° 006-00304501



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

MUESTRA : CALICATA N° 01

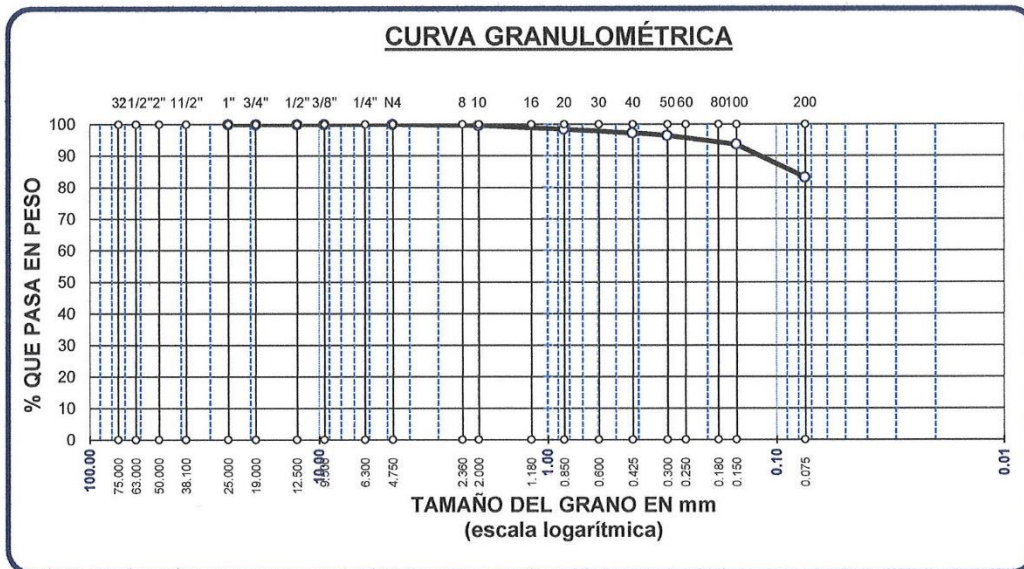
PROFUNDIDAD : 0+500

UBICACIÓN : VÍA HUATA - COATA

LUGAR : DISTRITO CAPACHICA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 250.00
2"	50.000					P.L.= 42.15
1 1/2"	38.100					P.P.= 207.85
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 11.34
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 26.56
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 16.17
1/4"	6.300					I.P.= 10.39
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	0.88	0.35	0.35	99.65	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	3.16	1.26	1.62	98.38	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	2.89	1.16	2.77	97.23	SUCS : CL
No 50	0.300	2.04	0.82	3.59	96.41	ASSTHO : A-6 (13)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	7.10	2.84	6.43	93.57	
No200	0.075	26.08	10.43	16.86	83.14	
BASE		207.85	83.14	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		83.14				



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 Mg. ARNOLD GUAYANÁ TORRES
 CIP 100.007

B. N° 006-00304501



TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

MUESTRA : CALICATA N° 02

PROFUNDIDAD : 1+000

UBICACIÓN : VÍA HUATA - COATA

LUGAR : DISTRITO CAPACHICA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	294.50
SUELO SECO + TARRO	gr	271.60
PESO DEL TARRO	gr	38.20
PESO DEL AGUA	gr	22.90
PESO DEL SUELO SECO	gr	233.40
HUMEDAD %	%	9.81

LÍMITE LÍQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
TARRO N°		A	S	4	5
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	41.55	40.41	19.32	20.47
SUELO SECO + TARRO	gr	35.88	36.02	17.15	18.06
PESO DEL TARRO	gr	19.10	20.65	6.32	6.20
PESO DEL AGUA	gr	5.67	4.39	2.17	2.41
PESO DEL SUELO SECO	gr	16.78	15.37	10.83	11.86
HUMEDAD %	%	33.79	28.56	20.04	20.32
N° DE GOLPES		27	27		
LÍMITE LÍQUIDO %	:	31.47	LÍMITE PLÁSTICO %	:	20.18

ÍNDICE PLÁSTICO % : **11.29**

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

UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

 Mgtr. ARIANA JOYANA TORRES
 CIP 160287

B. N° 006-00304501



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

MUESTRA : CALICATA N° 02

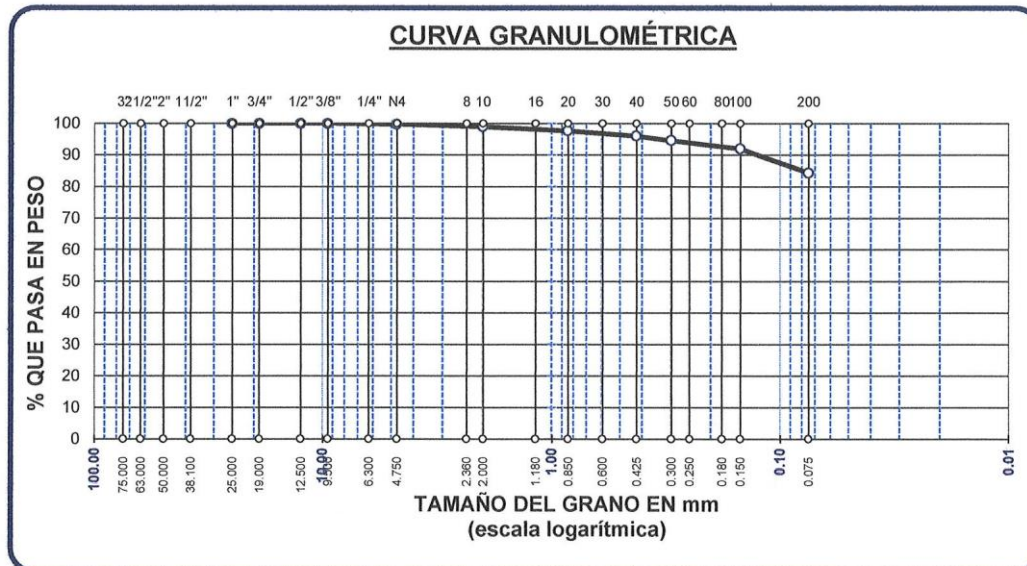
PROFUNDIDAD : 1+000

UBICACIÓN : VÍA HUATA - COATA

LUGAR : DISTRITO CAPACHICA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MÁXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 250.00
2"	50.000					P.L.= 39.12
1 1/2"	38.100					P.P.= 210.88
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 9.81
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 31.47
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 20.18
1/4"	6.300					I.P.= 11.29
No4	4.750	0.66	0.26	0.26	99.74	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	1.92	0.77	1.03	98.97	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	3.33	1.33	2.36	97.64	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	4.05	1.62	3.98	96.02	SUCS : CL
No 50	0.300	3.57	1.43	5.41	94.59	ASSTHO : A-7-6 (14)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	6.55	2.62	8.03	91.97	
No200	0.075	19.04	7.62	15.65	84.35	
BASE		210.88	84.35	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA		84.35				



UANCV FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 JULIACA - PUNO
 MÓNICA ARMANDO YASÁ TORRES
 CIP 160287

B. N° 006-00304501



TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

MUESTRA : CALICATA N° 03

PROFUNDIDAD : 1+500

UBICACIÓN : VÍA HUATA - COATA

LUGAR : DISTRITO CAPACHICA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

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

SUELO HUMEDO + TARRO	gr	277.60
SUELO SECO + TARRO	gr	254.80
PESO DEL TARRO	gr	40.60
PESO DEL AGUA	gr	22.80
PESO DEL SUELO SECO	gr	214.20
HUMEDAD %	%	10.64

LÍMITE LIQUIDO - LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD ASTM - D424 D-4318 AASHTO - T90

LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
TARRO N°		D	F	8	2	
SUELO HUMEDO + TARRO	gr	42.37	40.84	16.37	17.13	
SUELO SECO + TARRO	gr	39.95	39.02	15.05	15.64	
PESO DEL TARRO	gr	31.20	32.10	6.15	6.22	
PESO DEL AGUA	gr	2.42	1.82	1.32	1.49	
PESO DEL SUELO SECO	gr	8.75	6.92	8.90	9.42	
HUMEDAD %	%	27.66	26.30	14.83	15.82	
N° DE GOLPES		23	23			
LÍMITE LÍQUIDO %		26.71		LÍMITE PLÁSTICO %		15.32

ÍNDICE PLÁSTICO % : 11.38

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

UANCV / FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A. JEF. RA
Mgtr. ARNALDO JAYAN TORRES
CIP 103297

B. N° 006-00304501



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

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

TESIS : EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO

SOLICITANTE : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE

MUESTRA : CALICATA N° 03

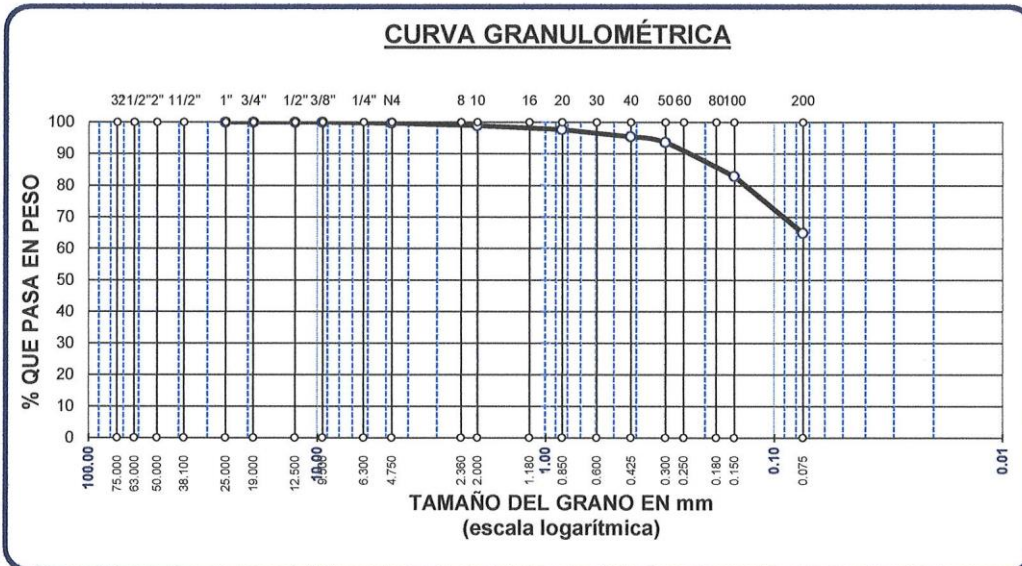
PROFUNDIDAD : 1+500

UBICACIÓN : VÍA HUATA - COATA

LUGAR : DISTRITO CAPACHICA

FECHA : 19 DE AGOSTO DEL 2024

TAMICES ASTM	ABER. mm	PESO RETENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	TAMAÑO MAXIMO:
3"	75.000					DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	63.000					P.I.= 250.00
2"	50.000					P.L.= 87.83
1 1/2"	38.100					P.P.= 162.17
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00	% W = 10.64
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00	LIMITES DE CONSISTENCIA:
1/2"	12.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.L.= 26.71
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.00	100.00	L.P.= 15.32
1/4"	6.300					I.P.= 11.38
No4	4.750	0.69	0.28	0.28	99.72	CARACT. GRANULOMÉTRICAS:
No8	2.360					D10= ---- Cu= ----
No10	2.000	2.10	0.84	1.12	98.88	D30= ---- Cc= ----
No16	1.180					D60= ----
No20	0.850	3.06	1.22	2.34	97.66	CLASIFICACIÓN:
No30	0.600					:
No40	0.425	5.55	2.22	4.56	95.44	SUCS : CL
No 50	0.300	4.62	1.85	6.41	93.59	ASSTHO : A-6 (7)
No60	0.250					OBSERVACIONES:
No80	0.180					
No100	0.150	26.75	10.70	17.11	82.89	
No200	0.075	45.06	18.02	35.13	64.87	
BASE		162.17	64.87	100.00	0.00	
TOTAL		250.00	100.00			
% PERDIDA						



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mg. ARINA LUYANA TORRES
 CIP 100297

B. N° 006-00304501



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

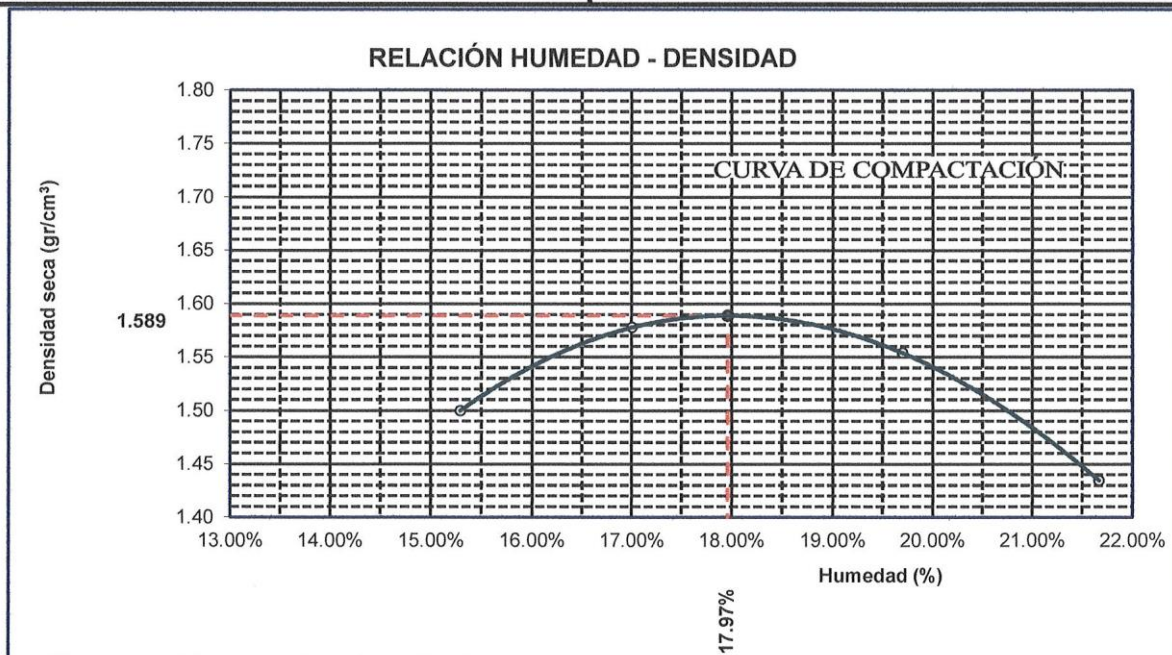
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE		
MUESTRA	: CALICATA N° 01		
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	PROGRESIVA : 0+500	
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA		
FECHA	: 23 DE AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2079 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9537	9780	9809	9571
Peso del Molde	gr.	5942	5942	5942	5942
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3595	3838	3867	3629
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.729	1.846	1.860	1.746

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	190.30	193.30	185.60	190.12	178.88	184.70	190.10	188.50
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	171.06	174.60	165.00	170.02	157.14	162.30	165.00	163.05
Peso del Agua	gr.	19.24	18.70	20.60	20.10	21.74	22.40	25.10	25.45
Peso de la Capsula	gr.	48.50	49.00	48.30	47.20	48.20	47.10	46.60	48.10
Peso del Suelo Seco	gr.	122.56	125.60	116.70	122.82	108.94	115.20	118.40	114.95
% de Humedad	%	15.70%	14.89%	17.65%	16.37%	19.96%	19.44%	21.20%	22.14%
Promedio de Humedad	%	15.29%		17.01%		19.70%		21.67%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.500		1.578		1.554		1.435	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.589 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	17.97%



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



B. N° 006-00304501



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE		
MUESTRA	: CALICATA N° 01		
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	PROGRESIVA : 0+500	
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA		
FECHA	: 23 DE AGOSTO 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.	10804	10402	10958	10785	11028	10789
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	4009	3607	4214	4041	4243	4004
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.905	1.714	2.005	1.923	2.024	1.910

Capsula No	No	4								
Suelo Humedo + Capsula	gr.	205.40	203.60	210.50	210.30	204.50	206.30	211.10	201.50	204.60
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	178.10	176.09	194.20	185.42	180.06	189.50	188.50	180.00	188.03
Peso del Agua	gr.	27.30	27.51	16.30	24.88	24.44	16.80	22.60	21.50	16.57
Peso de la Capsula	gr.	39.00	40.10	39.50	41.20	38.60	39.44	39.55	40.10	39.60
Peso del Suelo Seco	gr.	139.10	135.99	154.70	144.22	141.46	150.06	148.95	139.90	148.43
% de Humedad	%	19.63%	20.23%	10.54%	17.25%	17.28%	11.20%	15.17%	15.37%	11.16%
Promedio de Humedad	%	19.93%		10.54%	17.26%	11.20%		15.27%	11.16%	
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.588		1.550	1.710	1.729		1.756	1.718	

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/08/2024	09:00: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
20/08/2024	09:00: a.m.	24:00:00	0.65	0.02	0.01	0.52	0.01	0.01	0.46	0.01	0.01
21/08/2024	09:00: a.m.	48:00:00	0.71	0.02	0.02	0.59	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01
22/08/2024	09:00: a.m.	72:00:00	0.86	0.02	0.02	0.62	0.02	0.01	0.55	0.01	0.01
23/08/2024	09:00: a.m.	96:00:00	0.92	0.02	0.02	0.70	0.02	0.02	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	
0.63	00:30		1.20	30.2	1.5		3.20	39	2.0		4.50	44	2.2	
1.27	01:00		5.00	46.4	2.3		7.50	57	2.9		10.30	69	3.5	
1.91	01:30		7.10	55.3	2.8		12.30	77	3.9		16.60	96	4.8	
2.54	02:00	70.31	9.70	66.3	3.4		16.30	94	4.8		22.30	120	6.1	
3.81	03:00		13.70	83.3	4.2		23.50	125	6.3		29.60	151	7.6	
5.09	04:00	105.00	16.50	95.2	4.8		30.20	153	7.7		35.40	175	8.9	
6.35	05:00		19.30	107.0	5.4		34.50	172	8.7		38.60	189	9.6	
7.62	06:00		22.10	118.9	6.0		37.40	184	9.3		42.10	204	10.3	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

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

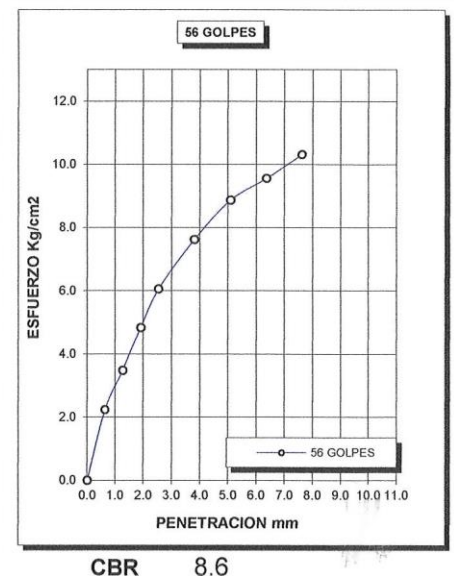
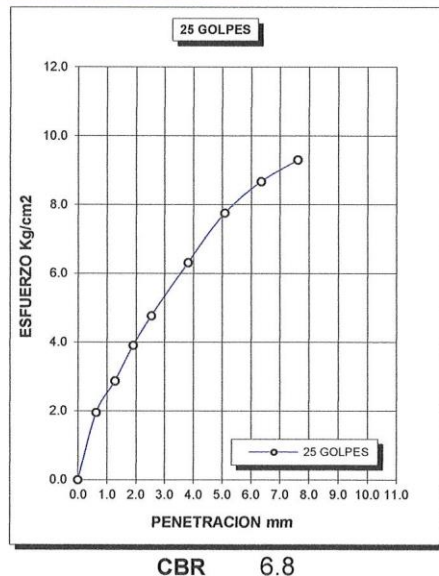
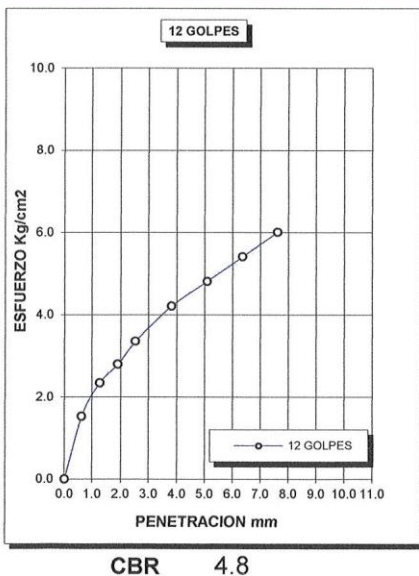
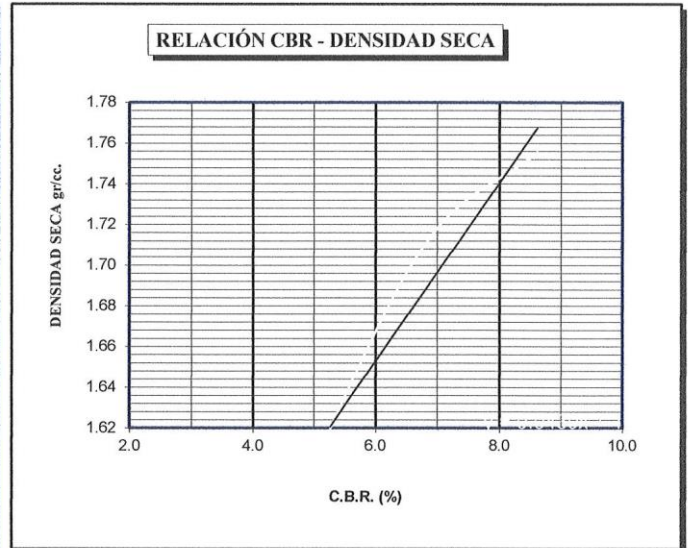
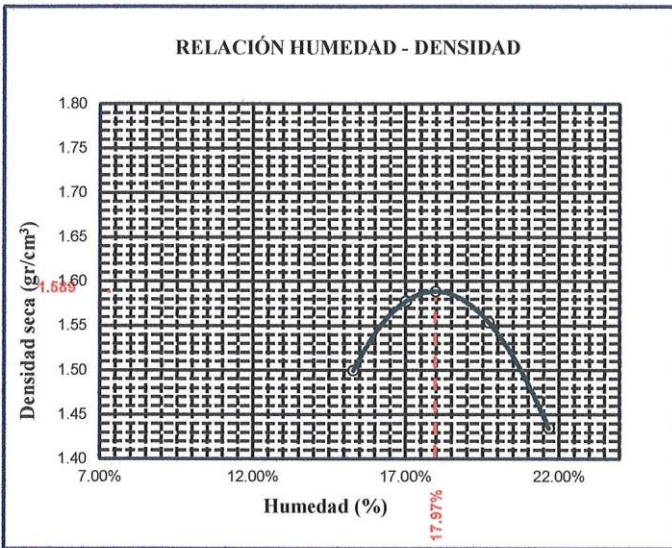
UANCV - FIOP
 CAP INGENIERÍA CIVIL

 Mgtr. ARNA DOYANA TORRES
 CIP 100257

B. N° 006-00304501



TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.589
MUESTRA	: CALICATA N° 01	HUMEDAD OPTIMA (%)	17.97%
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	7.25
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA	CBR AL 95 DE M.D.S. (%)	5.40
FECHA	: : 23 DE AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN	: CL - ML
		AASHTO	: A-4 (5)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATURA
Mgtr. ARNALDO JOYANA TORRES
DIP 100257

B. N° 006-00304501



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

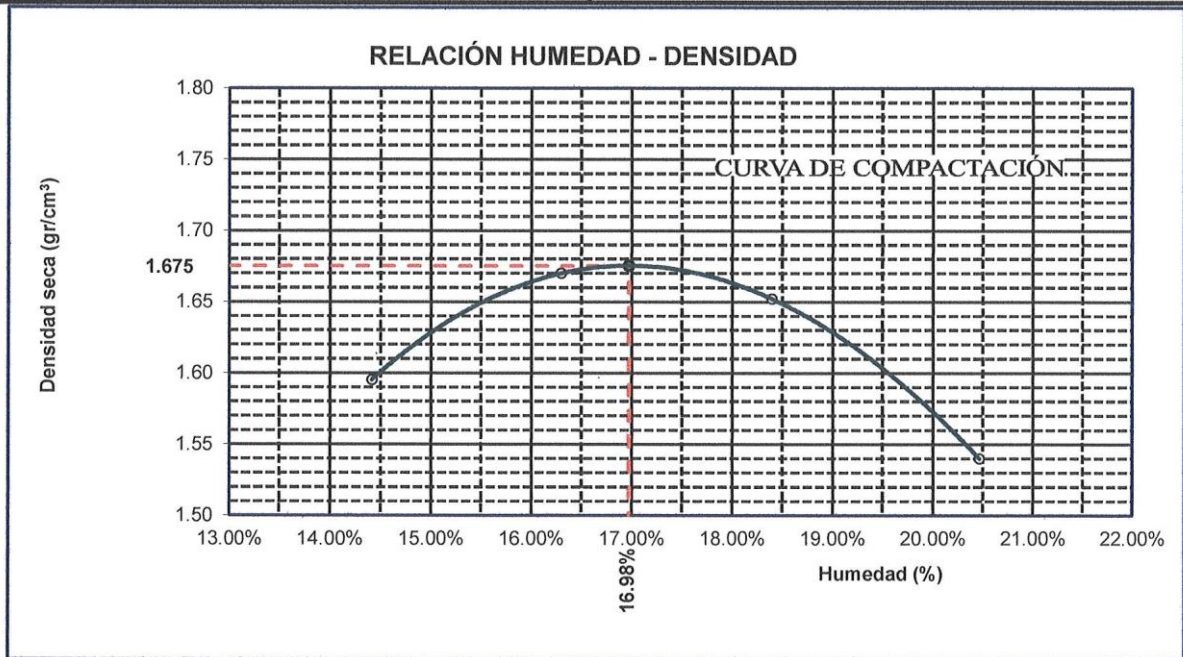
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE		
MUESTRA	: CALICATA N° 02		
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	PROGRESIVA : 1+000	
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA		
FECHA	: 23 DE AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	: 1	VOLUMEN DEL MOLDE	: 2079 cm ³
No DE CAPAS	: 5	GOLPES POR CAPA	: 56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9733	9976	10005	9795
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3795	4038	4067	3857
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.825	1.942	1.956	1.855

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	186.50	184.10	187.20	185.20	188.30	192.30	190.10	183.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	169.50	167.20	168.03	167.01	167.22	170.32	166.33	161.08
Peso del Agua	gr.	17.00	16.90	19.17	18.19	21.08	21.98	23.77	22.22
Peso de la Capsula	gr.	50.20	51.30	52.30	53.60	50.16	53.30	50.71	52.00
Peso del Suelo Seco	gr.	119.30	115.90	115.73	113.41	117.06	117.02	115.62	109.08
% de Humedad	%	14.25%	14.58%	16.56%	16.04%	18.01%	18.78%	20.56%	20.37%
Promedio de Humedad	%	14.42%		16.30%		18.40%		20.46%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.595		1.670		1.652		1.540	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.675 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	: 16.98%



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



B. N° 006-00304501



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE		
MUESTRA	: CALICATA N° 02		
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	PROGRESIVA	: 1+000
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA		
FECHA	: 23 DE AGOSTO 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.	10492	10092	10584	10285	10633	10409
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	3697	3297	3840	3541	3848	3624
Volumen del Suelo	cc.	2102.04	2102.04	2104.68	2104.68	2099.27	2099.27
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.759	1.568	1.825	1.682	1.833	1.726

Capsula No	No	4								
Suelo Humedo + Capsula	gr.	185.20	201.30	178.30	188.30	193.60	185.40	196.30	188.50	190.20
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	162.00	175.15	163.22	167.12	171.18	170.20	175.00	169.30	174.06
Peso del Agua	gr.	23.20	26.15	15.08	21.18	22.42	15.20	21.30	19.20	16.14
Peso de la Capsula	gr.	38.20	36.50	39.20	38.20	36.30	37.30	39.10	36.70	38.55
Peso del Suelo Seco	gr.	123.80	138.65	124.02	128.92	134.88	132.90	135.90	132.60	135.51
% de Humedad	%	18.74%	18.86%	12.16%	16.43%	16.62%	11.44%	15.67%	14.48%	11.91%
Promedio de Humedad	%	18.80%		12.16%	16.53%		11.44%	15.08%		11.91%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.480		1.398	1.566		1.510	1.593		1.543

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
23/09/2024	08:40: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
24/09/2024	08:40: a.m.	24:00:00	0.56	0.01	0.01	0.50	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01
25/09/2024	08:40: a.m.	48:00:00	0.65	0.02	0.01	0.56	0.01	0.01	0.56	0.01	0.01
26/09/2024	08:40: a.m.	72:00:00	0.77	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.60	0.02	0.01
27/09/2024	08:40: a.m.	96:00:00	0.83	0.02	0.02	0.72	0.02	0.02	0.63	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	
0.63	00:30		0.90	29.0	1.5		2.70	36.6	1.8		4.30	43.4	2.2	
1.27	01:00		3.80	41.3	2.1		6.60	53.1	2.7		9.10	63.8	3.2	
1.91	01:30		6.50	52.7	2.7		9.90	67.2	3.4		13.60	82.9	4.2	
2.54	02:00	70.31	9.50	65.5	3.3		13.20	81.2	4.1		19.20	106.6	5.4	
3.81	03:00		13.20	81.2	4.1		17.60	99.8	5.0		26.50	137.6	7.0	
5.09	04:00	105.00	16.50	95.2	4.8		22.00	118.5	6.0		32.30	162.2	8.2	
6.35	05:00		19.00	105.8	5.3		24.50	129.1	6.5		35.60	176.2	8.9	
7.62	06:00		21.30	115.5	5.8		27.00	139.7	7.1		39.10	191.1	9.7	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

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


UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. ARNELO YAJÑA TORRES
CIP 163257

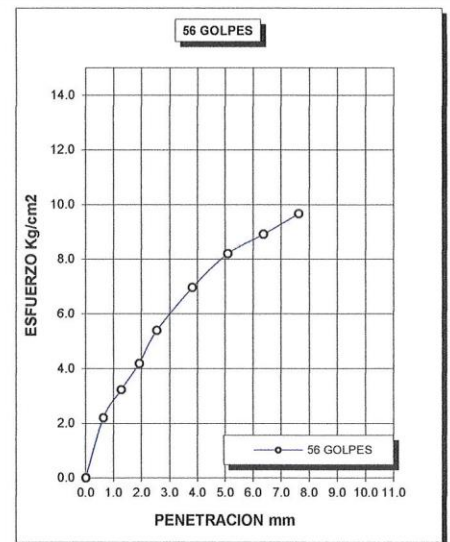
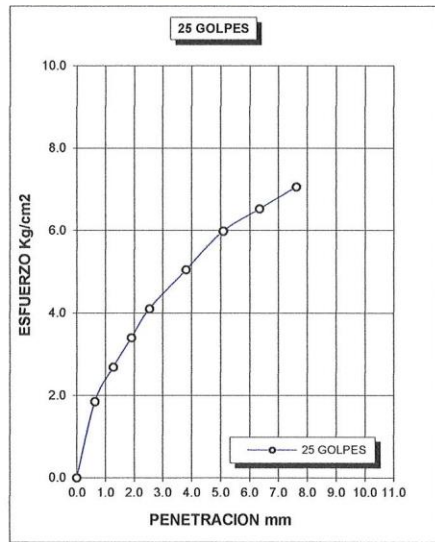
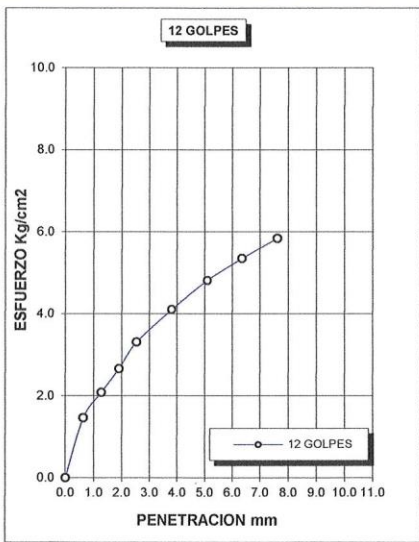
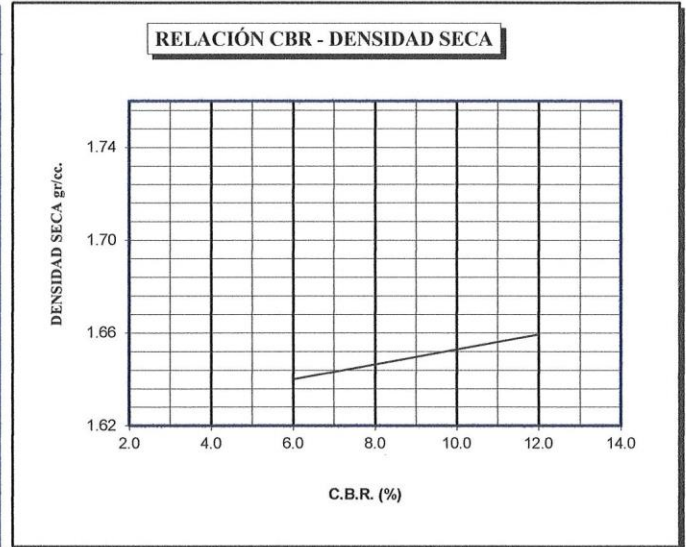
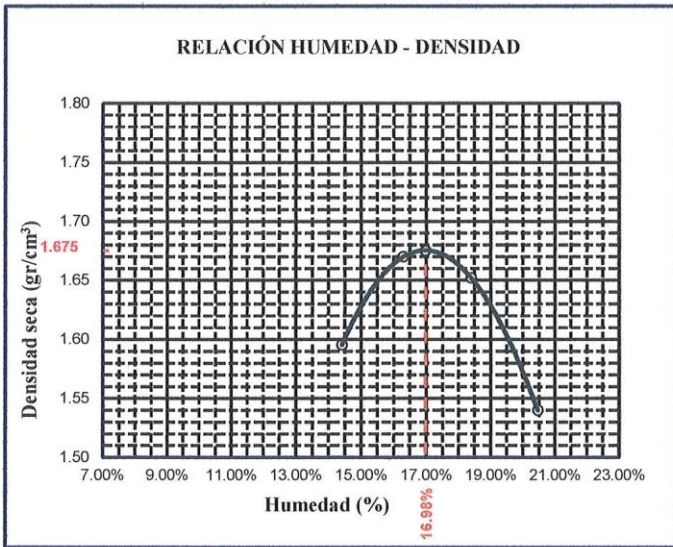
B. N° 006-00304501



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	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.675
MUESTRA	: CALICATA N° 02	HUMEDAD OPTIMA (%)	16.98%
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	8.39
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	6.49
FECHA	: : 23 DE AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN :	CL - ML
		AASHTO :	A-4 (4)
		EMBEBIDO :	4 DIAS



UANCV - FICP
 CAP INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA
 MGR. ARNOLD GUAYANA TORRES
 CIP 100297

B. N° 006-00304501



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

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

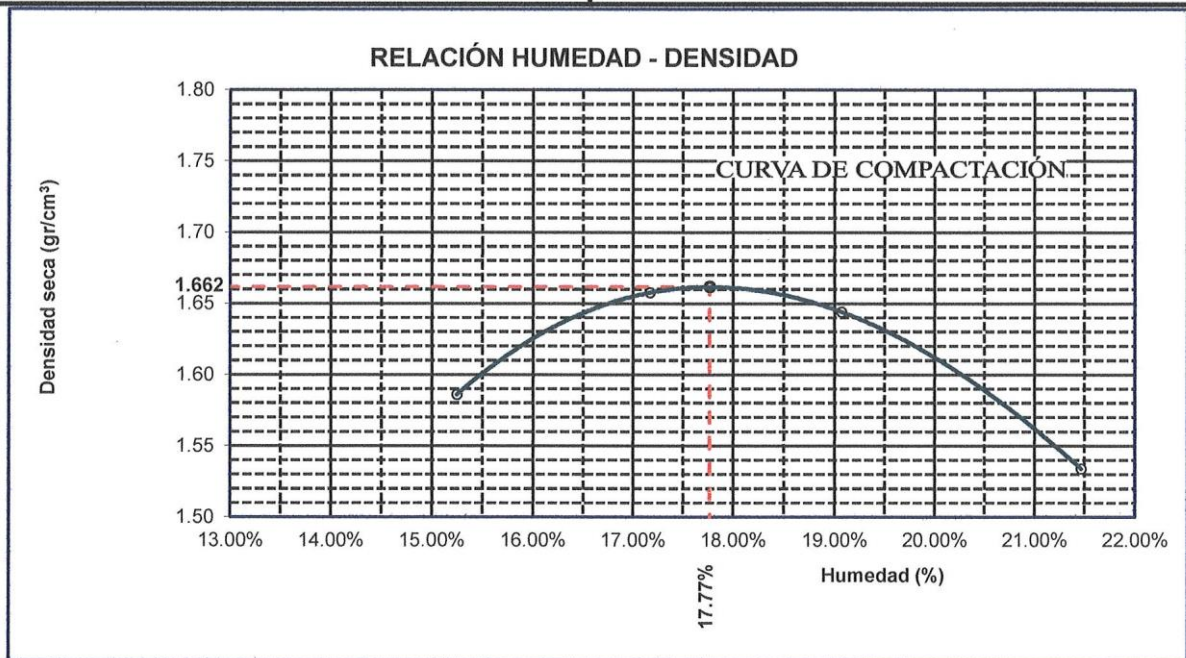
TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO		
SOLICITANTE	: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE		
MUESTRA	: CALICATA N° 03		
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	PROGRESIVA : 1+500	
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA		
FECHA	: 23 DE AGOSTO DEL 2024		

MOLDE No	:	1	VOLUMEN DEL MOLDE	:	2079 cm ³
No DE CAPAS	:	5	GOLPES POR CAPA	:	56 golpes

Peso Suelo Humedo + Molde	gr.	9738	9976	10008	9812
Peso del Molde	gr.	5938	5938	5938	5938
Peso del Suelo Húmedo	gr/cm ³ .	3800	4038	4070	3874
Densidad del Suelo Humedo	gr/cm ³ .	1.828	1.942	1.958	1.863

Capsula No	No	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.	SUP.	INF.
Suelo Humedo + Capsula	gr.	241.10	238.60	236.10	239.00	235.11	231.55	240.09	238.10
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	216.88	214.05	209.34	212.66	205.75	203.06	207.30	204.89
Peso del Agua	gr.	24.22	24.55	26.76	26.34	29.36	28.49	32.79	33.21
Peso de la Capsula	gr.	56.10	55.00	54.20	58.60	52.30	53.20	51.44	53.21
Peso del Suelo Seco	gr.	160.78	159.05	155.14	154.06	153.45	149.86	155.86	151.68
% de Humedad	%	15.06%	15.44%	17.25%	17.10%	19.13%	19.01%	21.04%	21.89%
Promedio de Humedad	%	15.25%		17.17%		19.07%		21.47%	
Densidad del Suelo Seco	%	1.586		1.658		1.644		1.534	

METODO:	ASTM D - 1557 MODIFICADO "C"	MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.662 gr/cm ³
		HUMEDAD OPTIMA	:	17.77%



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

UANCV - FICP
CAP INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA

Nombre: ARNOLDUSANA TORRES

CIP 100.07

B. N° 006-00304501



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



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

TESIS	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO					
SOLICITANTE	: Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE					
MUESTRA	: CALICATA N° 03					
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA			PROGRESIVA : 1+500		
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA					
FECHA	: 23 DE AGOSTO 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.	10400	10183	10610	10481	10751	10679
Peso del Molde	gr.	6795	6795	6744	6744	6785	6785
Peso del Suelo Humedo	gr.	3605	3388	3866	3737	3966	3894
Volumen del Suelo	cc.	2104.81	2104.81	2101.91	2101.91	2096.50	2096.50
Densidad del Suelo Humedo	gr/cc.	1.713	1.610	1.839	1.778	1.892	1.857

Capsula No	No	4								
Suelo Humedo + Capsula	gr.	203.10	240.10	305.10	266.50	268.90	311.50	248.30	281.50	329.30
Peso del Suelo Seco + Capsula	gr.	175.10	218.47	292.60	232.50	238.60	290.10	220.10	244.50	305.60
Peso del Agua	gr.	28.00	21.63	12.50	34.00	30.30	21.40	28.20	37.00	23.70
Peso de la Capsula	gr.	37.40	37.50	38.20	38.10	38.50	36.22	38.20	38.40	38.40
Peso del Suelo Seco	gr.	137.70	180.97	254.40	194.40	200.10	251.88	181.90	206.10	267.20
% de Humedad	%	20.33%	11.95%	4.91%	17.49%	15.14%	8.50%	15.50%	17.95%	8.87%
Promedio de Humedad	%	16.14%		4.91%	16.32%		8.50%	16.73%		8.87%
Densidad del Suelo Seco	gr/cc.	1.475		1.534	1.581		1.639	1.621		1.706

EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion		Dial	Expansion		Dial	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
19/08/2024	08:40: a.m.	0	0.00	0.00	0	0.00	0	0	0.00	0	0
20/08/2024	08:40: a.m.	24:00:00	0.55	0.01	0.01	0.51	0.01	0.01	0.52	0.01	0.01
21/08/2024	08:40: a.m.	48:00:00	0.61	0.02	0.01	0.60	0.02	0.01	0.62	0.02	0.01
22/08/2024	08:40: a.m.	72:00:00	0.79	0.02	0.02	0.64	0.02	0.01	0.69	0.02	0.02
23/08/2024	08:40: a.m.	96:00:00	0.81	0.02	0.02	0.78	0.02	0.02	0.76	0.02	0.02

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	
0.63	00:30		0.80	28.5	1.4		2.90	37.4	1.9		3.20	39	2.0	
1.27	01:00		3.00	37.9	1.9		6.20	51.4	2.6		7.20	56	2.8	
1.91	01:30		5.50	48.5	2.5		8.50	61.2	3.1		10.90	71	3.6	
2.54	02:00	70.31	7.00	54.8	2.8		11.05	72.0	3.6		14.20	85	4.3	
3.81	03:00		10.30	68.8	3.5		13.60	82.9	4.2		18.20	102	5.2	
5.09	04:00	105.00	12.90	79.9	4.0		16.20	93.9	4.7		22.30	120	6.1	
6.35	05:00		14.60	87.1	4.4		19.00	105.8	5.3		26.10	136	6.9	
7.62	06:00		16.20	93.9	4.7		21.30	115.5	5.8		29.30	149	7.6	
8.84	07:00													
10.16	08:00													

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



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL

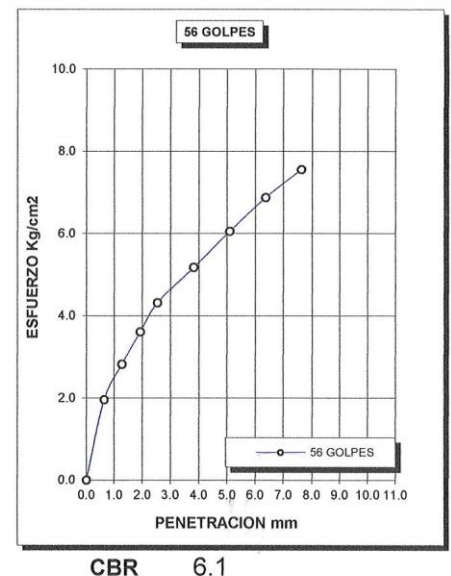
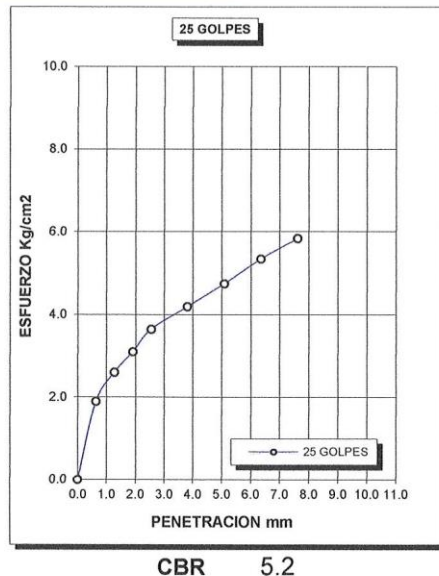
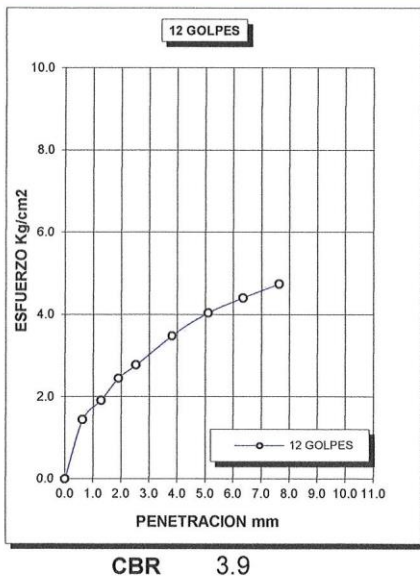
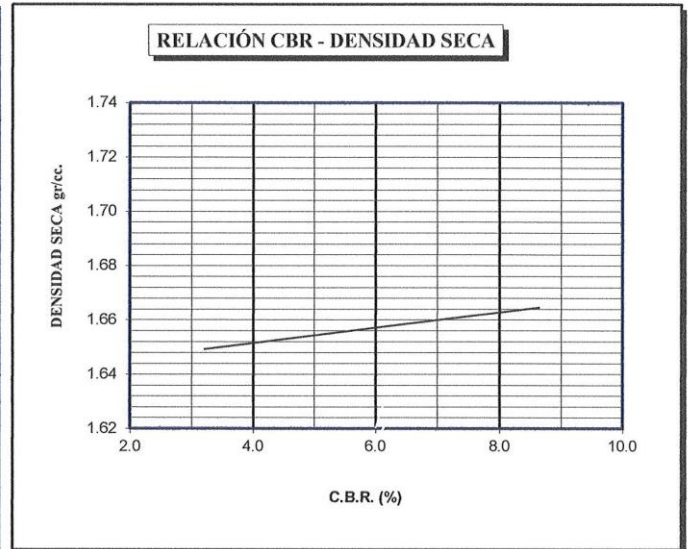
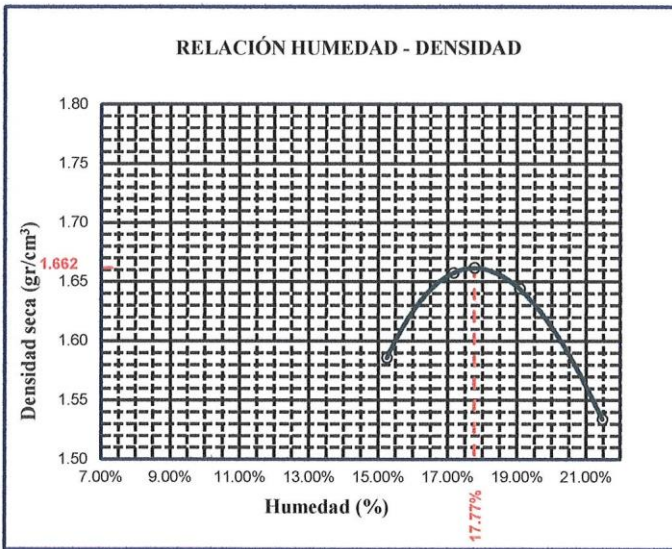
Mgtr. ARINA JOYANA TORRES
CIP 163237

B. N° 006-00304501



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	: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VÍA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN PUNO	METODO DE COMPACTACIÓN ASTM D1557-91	
SOLICITANTE	: : Bach. SHAMI DALMIRA ARIAS CCOARITE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³.)	1.662
MUESTRA	: CALICATA N° 03	HUMEDAD OPTIMA (%)	17.77%
UBICACIÓN	: VÍA HUATA - COATA	CBR AL 100 DE M.D.S. (%)	6.03
LUGAR	: DISTRITO CAPACHICA	CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	4.90
FECHA	: : 23 DE AGOSTO DEL 2024	CLASIFICACIÓN	: CL
		AASHTO	: A-6 (11)
		EMBEBIDO	: 4 DIAS



UANCV - FICP
CAP INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO M.S.C.A.
JEFATORA
Mgtr. ARMA DOYANA TORRES
CIP 41207

B. N° 006-00304501



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 03/03/25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: Shami Dalmira Arias Ccoarite

Dirección: psj. José Olaya N° 519

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74497269

Teléfono: 910482927 email: shamidalmiraariasccoarite@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: Título profesional de Ingeniero Civil

Asesor: Mgr. Franz Joseph Baratorra Perales

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE CON TRATAMIENTO SUPERFICIAL ASFALTICO DE LA VIA HUATA - COATA - CAPACHICA DE LA REGIÓN DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Pavimento flexible, durabilidad, estructura del pavimento, estudio de tráfico.

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller Título 2da Especialidad Maestría Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo
 No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

03 de marzo del 2025

Fecha