



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



**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL  
PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA  
DE LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**  
**FELIX YUCRA MAMANI**

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

**JULIACA – PERÚ**  
**2025**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL  
PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA  
DE LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**FELIX YUCRA MAMANI**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL**

**MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES**

**APROBADA POR:**

**PRESIDENTE**

:   
Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. ARNALDO YANA TORRES

**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA

**ASESOR DE TESIS**

:   
Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERÓN

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50



**RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 213-2025-D-EPG-UANCV/J**

Juliaca, 03 de julio del 2025

**VISTOS:**

El expediente N°2024-016096 presentado por el (la) Bachiller: **FELIX YUCRA MAMANI** con número de DNI 01213292 asignado (a) con código de matrícula 131290010 de la **Maestría en INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" Juliaca.

**CONSIDERANDO:**

**Que**, el (a) Bach: **FELIX YUCRA MAMANI**, con número de DNI 01213292 asignado (a) con código de matrícula 131290010 de la **Maestría en INGENIERÍA CIVIL** Mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** ha solicitado fecha y hora, modalidad de sustentación de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO**, La misma que pertenece a la Línea de Investigación: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P50** y;

**Que**, el (a) referido (a) Dictamen de Tesis aprobado por los jurados el 18 de noviembre del 2024, Establece la fecha de sustentación; habiendo para el efecto cumplido los requisitos establecidos en el reglamento para la Obtención del Grado Académico de Magíster/Maestro y Doctor de la Escuela de Posgrado de la UANCV;

**Que**, en el Artículo 66 del Reglamento General de la Escuela de Posgrado de la UANCV, establece que la sustentación de Tesis de Postgrado es un trabajo de investigación original y crítico, de actualidad y de alto valor científico;

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

**SE RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO. – DECLARAR EXPEDITO** para la Sustentación de la Tesis Titulada: **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO** Elaborado por el (la) Bachiller: **FELIX YUCRA MAMANI**, la terna de jurados está integrado por los siguientes docentes:

Presidente del Jurado	: Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Primer miembro	: Dr. ARNALDO YANA TORRES
Segundo miembro	: Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA
Asesor de Tesis	: Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON

**ARTÍCULO SEGUNDO. -** El proceso de la Sustentación de la Tesis en mención, se llevará a cabo:

<b>Fecha</b>	<b>: martes 08 de julio del 2025</b>
<b>Hora</b>	<b>: 03:30 pm</b>
<b>Lugar</b>	<b>: Aula N°310 EPG – UANCV - JULIACA</b>

A cuya finalización el Jurado registrará los resultados en el Libro de Actas de Sustentación de Tesis de Maestría con el grado de **MAGISTER**, los estudiantes que ingresaron antes a la aprobación de la ley Universitaria N° 30220.

**ARTÍCULO TERCERO. -** Elévese la presente Resolución al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo y Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento.

Regístrese, comuníquese y Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
ESCUELA DE POSGRADO  
Dr. Javier Rómulo Quispe Zapana  
DIRECTOR (e)



# UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" ESCUELA DE POSGRADO



RESOLUCION DIRECTORAL N°0703-2024-USA-EPG/UANCV

Juliaca, 19 de Junio del 2024.

### VISTOS:

El expediente N° 07009, de fecha 11 de junio del 2024, presentado por el (la) Bach. **FELIX YUCRA MAMANI** con DNI N°01213292, código de matrícula 131290010, quien solicita resolución de aprobación de proyecto de tesis titulado: **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO** Línea de investigación **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50**, para optar el grado de **MAGISTER** en **INGENIERÍA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES**, de la Escuela de Postgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Sede Central Juliaca.

### CONSIDERANDO:

Que, en el Reglamento General de la Escuela de Postgrado de la UANCV, establece que la sustentación de tesis de Posgrado es un trabajo de investigación original y crítico de actualidad de alto valor científico.

Que, según Resolución N° 0555-2019-UANCV-CU-R, de fecha 08 de noviembre del 2019, se aprueba el Reglamento para la obtención del grado académico de Magister, Maestro, Doctor y Titulación de los Programas de Segunda Especialidad Profesional de la Escuela de Postgrado.

Que, el **Art. 17**, establece que la aprobación del proyecto de investigación de tesis para la obtención de grados académicos de Magister, Maestro, Doctor se inicia con la presentación del proyecto de investigación de tesis según corresponda, en forma individual y conforme a las recomendaciones de la Escuela de Postgrado y estándares de la investigación científica, tecnológica y humanística.

Que, en el **Art.60**, señala que la fecha límite para la presentación del borrador de tesis es de 02 años contados desde la emisión de la resolución de aprobación del proyecto de tesis, vencido el plazo máximo el candidato a Magister, Maestro o Doctor deberá presentar un nuevo proyecto de investigación de tesis.

Que, el **Art. 21**, establece que el Director de la Escuela de Postgrado y el Director de la Unidad de Investigación de la Escuela de Postgrado, nominarán por sorteo a 03 docentes miembros del comité de investigación.

Que, mediante oficio circular N° 0218-2024-USA-EPG/UANCV-J, de fecha 25 de marzo del 2024, se nombra al Comité de Investigación del proyecto de tesis conformado por los siguientes docentes:

Presidente : **Dr. OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA**  
Primer Miembro : **Mgr. ARNALDO YANA TORRES**  
Segundo Miembro : **Dr. SEGUNDO ORTIZ CANSAYA**  
Asesor : **Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON**

Que, con registro N° 006548, de fecha 05 de junio del 2024, el Comité de Investigación del proyecto de tesis titulado: **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO** cumple con los lineamientos y contenidos establecidos en reglamento de grado de investigación conducentes al grado académico de Magister/Maestro y Doctor de la Escuela de Postgrado de la UANCV.

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

### SE RESUELVE:

**PRIMERO: APROBAR**, el Proyecto de investigación de Tesis de maestría y **AUTORIZAR** el desarrollo de la Tesis, titulado: **EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO** para obtener el grado académico de **MAGISTER** en **INGENIERÍA CIVIL** mención: **GEOTECNIA Y TRANSPORTES** de la UANCV.

**SEGUNDO: ELEVAR** al Rectorado, Vicerrectorado Académico, Vicerrectorado Administrativo, Vicerrectorado de Investigación, Oficina del Órgano de Inspección y Control para conocimiento y cumplimiento de la presente resolución.

Regístrese, Comuníquese y Archívese;



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
ESCUELA DE POSGRADO

Dr. Leopoldo Wenceslao Condori Curi  
DIRECTOR (e)

c/c/CARGO (01)  
ARCHIVO EPG-2023 (01)  
INTERESADO (01)  
LWCC/wch



# FELIX YUCRA MAMANI

## EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CI...

📁 TESIS DE MAESTRIAS

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::13016:543499921

Fecha de entrega

29 dic 2025, 9:25 GMT-5

Fecha de descarga

29 dic 2025, 9:35 GMT-5

Nombre del archivo

T036\_01213292\_M.pdf

Tamaño del archivo

11.2 MB

183 páginas

28.538 palabras

151.788 caracteres



# 16% Similitud general

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




## Filtrado desde el informe

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

## Exclusiones

- ▶ N.º de fuentes excluidas

## Fuentes principales

- 11%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 13%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

## Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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



## Metadatos complementarios - UANCV

TÍTULO	
<b>EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y Apellidos	FELIX YUCRA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01213292
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0000-5582-9412">https://orcid.org/0009-0000-5582-9412</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	29565004
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-4274-3040">https://orcid.org/0000-0003-4274-3040</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres Y Apellidos	OSCAR VICENTE VIAMONTE CALLA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02371550
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0005-6613-6925">https://orcid.org/0009-0005-6613-6925</a>
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Nombres Y Apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0002-6740-5024">https://orcid.org/0000-0002-6740-5024</a>

<b>Miembro del jurado 2</b>	
Nombres Y Apellidos	SEGUNDO ORTIZ CANSAYA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29309750
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0003-0224-8651">https://orcid.org/0000-0003-0224-8651</a>
<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Dirección:</b> AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO  <b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Puno  <b>Distrito:</b> Puno                      -15.83314, -70.01867  <a href="https://maps.app.goo.gl/sA3umXyYgShQSZmEA">https://maps.app.goo.gl/sA3umXyYgShQSZmEA</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2024 – Julio 2025
URL de disciplinas OCDE - Librería	Ingeniería civil <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.00</a> Ingeniería de la construcción <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a>



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
ESCUELA DE POSTGRADO

Dr. Jesús Mamani Mamani  
DIRECTOR  
DE INVESTIGACIÓN - EPG



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo FELIX YUCRA MAMANI, identificado con DNI Nro. 01213292 en mi condición de egresado de:

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

MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL MENCIÓN: GEOTECNIA Y TRANSPORTES,

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

EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO

Asesorado por: Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERÓN

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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

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

Juliaca 25 de Julio del 2025

  
Firma del Asesor (Obligatoria)

  
Firma (Obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

A mi amado hijo Nicolas: Cada día que paso a su lado es un regalo que guardo en mi corazón. Sus risas, curiosidad e infinita capacidad de amar han sido la inspiración detrás de cada esfuerzo en mi vida. Esta tesis es un pequeño testimonio de todo lo que hago, lo hago pensando en ti. Gracias por llenar mi mundo de amor y dulzura.



### **AGRADECIMIENTO**

Agradezco infinitamente a mis padres Valentina y Nicolas que siempre me han brindado su apoyo incondicional para poder cumplir todos mis objetivos personales y académicos. Ellos son los que con su cariño me han impulsado siempre a perseguir mis metas y nunca abandonarlas frente a las adversidades.



**INDICE DE CONTENIDO**

DEDICATORIA..... i

AGRADECIMIENTO ..... ii

INDICE DE CONTENIDO .....iii

ÍNDICE DE TABLAS ..... viii

ÍNDICE DE FIGURAS ..... x

RESUMEN..... xi

ABSTRACT .....xii

INTRODUCCIÓN ..... xiii

**CAPÍTULO I**

**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

1.1 Exposición de la situación problemática. .... 1

1.2 Formulación del planteamiento del problema..... 2

1.2.1 Pregunta general. .... 2

1.2.2 Preguntas específicas ..... 2

1.3 Justificación de la investigación..... 2

1.3.1 Justificación técnica. .... 2

1.3.2 Justificación económica. .... 3

1.3.3 Justificación ambiental. .... 3

1.4 Objetivos. .... 3

1.4.1 Objetivo general. .... 3

1.4.2 Objetivos específicos. .... 3

1.5 Importancia y alcance de la investigación. .... 4

1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación..... 4

1.7 Variables e indicadores..... 5



1.7.1	Conceptualización de variables. ....	5
1.7.2	Operacionalización de las variables. ....	6

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1	Antecedentes del estudio. ....	7
2.1.1	A nivel internacional. ....	7
2.1.2	A nivel nacional. ....	9
2.1.3	A nivel regional. ....	11
2.2	Bases teóricas. ....	13
2.2.1	Procesos geotécnicos. ....	13
2.2.2.	Importancia de la geología en la construcción de pavimentos. ....	13
2.2.3.	Problemas geotécnicos en pavimentos. ....	14
2.2.4.	Interacción suelo estructura. ....	16
2.2.5.	Estudio geotécnico. ....	17
2.2.6	Problemas geotécnicos de la infraestructura vial. ....	20
2.2.7	Importancia de la investigación geológico - geotectónica en proyectos viales. ....	21
2.2.8	Ingeniería geotécnica. ....	22
2.2.9	Definición de pavimento rígido. ....	24
2.2.10	Estructura del pavimento rígido. ....	24
2.2.11	Dimensiones del deterioro del pavimento rígido. ....	25
2.2.12	Ciclo de vida de carreteras pavimentadas. ....	27
2.2.13	Vida útil de un pavimento. ....	30
2.2.14	Índice de condición del pavimento (PCI). ....	30
2.2.15	Desempeño funcional y estructural. ....	35



2.2.16	Interpretación de resultados del PCI.....	36
2.3	Marco conceptual.....	39
2.3.1	Geotecnia. ....	39
2.3.2	Procesos geotécnicos. ....	39
2.3.3	Interacción suelo estructura. ....	39
2.3.4	Estudio geotécnico. ....	39
2.3.5	Pavimento Rígido. ....	40
2.3.6	Subrasante. ....	40
2.3.7	Subbase. ....	40
2.3.8	Superficie de rodadura. ....	40
2.3.9	Gestión de proyectos viales. ....	41
2.3.10	Ciclo de vida de carreteras pavimentadas.....	41
2.3.11	Vida útil de un pavimento.....	41
2.3.12	Índice de condición del pavimento (PCI). ....	42
2.3.13	Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI). ....	42
2.3.14	Evaluación funcional (PSI). ....	42
2.3.15	Desempeño estructural. ....	42

## CAPÍTULO III

### MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

3.1	Métodos aplicados en la investigación. ....	43
3.1.1	Método general. ....	43
3.1.2	Método específico. ....	43
3.2	Tipo de investigación.....	44
3.3	Nivel de investigación.....	44
3.4	Diseño de investigación. ....	45



3.5	Población y muestra.....	45
3.5.1	Población. ....	45
3.5.2	Muestra. ....	45
3.6	Técnicas e instrumentos de recolección de información.....	46
3.6.1	Técnicas de investigación. ....	46
3.6.2	Instrumentos de investigación.....	46
3.6.3	Fuentes. ....	47
3.7	Validez y confiabilidad del instrumento de investigación.....	49
3.7.1	Validación de los instrumentos. ....	49
3.7.2	Confiabilidad de los instrumentos. ....	49

### **CAPÍTULO IV**

#### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

4.1	Identificación de las características y propiedades geotécnicas del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	50
4.1.1	Identificación de las características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	50
4.1.2	Identificación de las características y propiedades de los suelos de la base del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.....	55
4.1.3	Identificación de la propiedad resistente del concreto del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	59
4.1.4	Evaluación de fallas superficiales en el pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	60
4.1.5	Discusión de resultados de las características y propiedades geotécnicas del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	63



4.2	Identificación de las características del tránsito vehicular en la Avenida Costanera – Puno. ....	72
4.3	Incidencia de las características y propiedades geotécnicas en el deterioro del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	80

## CAPÍTULO V

### IMPACTO SOCIAL

5.1	Importancia de la concepción de construcción de pavimentos urbanos.....	81
5.2	Responsabilidad administrativa en las construcciones de pavimentos en la ciudad de Puno. ....	85
CONCLUSIONES.....		86
RECOMENDACIONES .....		88
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		89
ANEXOS.....		92



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Operacionalización de variables.....	6
Tabla 2.	Humedad del suelo de la subrasante del pavimento.....	51
Tabla 3.	Granulometría del suelo de la subrasante del pavimento. ....	51
Tabla 4.	Límites de consistencia del suelo de la subrasante del pavimento.....	52
Tabla 5.	Densidad por compactación del suelo de la subrasante del pavimento.....	53
Tabla 6.	Clasificación del suelo de la subrasante del pavimento.....	53
Tabla 7.	Relación de Soporte de California del suelo de la subrasante del pavimento.....	54
Tabla 8.	Resumen de las características y propiedades del suelo de la subrasante del pavimento.....	54
Tabla 9.	Humedad del suelo de la base del pavimento.....	55
Tabla 10.	Granulometría del suelo de la base del pavimento. ....	56
Tabla 11.	Límites de consistencia del suelo de la base del pavimento.....	57
Tabla 12.	Densidad por compactación del suelo de la base del pavimento. ....	57
Tabla 13.	Clasificación del suelo de la base del pavimento. ....	58
Tabla 14.	Relación de Soporte de California del suelo de la base del pavimento.....	58
Tabla 15.	Resumen de las características y propiedades del suelo de la base del pavimento.....	59
Tabla 16.	Resumen de propiedades resistentes del concreto del pavimento rígido. ....	60
Tabla 17.	Resumen de la evaluación con la metodología PCI para pavimentos rígidos de la Avenida Costanera – Puno. ....	62
Tabla 18.	Rangos de clasificación del PCI .....	63



Tabla 19. Resumen de las características y propiedades del suelo de la subrasante del pavimento.....	65
Tabla 20. Resumen de las características y propiedades del suelo de la base del pavimento.....	67
Tabla 21. Resumen de propiedades resistentes del concreto del pavimento rígido. ....	69
Tabla 22. Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico por el ACI 363. ....	69
Tabla 23. Resumen de la evaluación con la metodología PCI para pavimentos rígidos de la Avenida Costanera – Puno. ....	71
Tabla 24. Resumen del aforo vehicular diario semanal en el pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. ....	73
Tabla 25. Determinación del Índice medio diario semanal de la Avenida Costanera – Puno. ....	74
Tabla 26. Tipo, clasificación y nomenclatura vehicular .....	75
Tabla 27. Factor Camión para vías urbanas propuesto por el Instituto del Asfalto, (Asphalt Institute 2000) .....	75
Tabla 28. Índice Medio Diario Anual .....	76
Tabla 29. Matriz de clasificación AASTHO para el MEPDG .....	76
Tabla 30. Nomenclatura, ejes y descripción.....	77
Tabla 31. Pesos, ejes posteriores y equivalentes para el cálculo del EALF. ....	77
Tabla 32. Pesos, ejes posteriores y equivalentes para el cálculo del EALF .....	78
Tabla 33. Cálculo del factor camión para el tránsito vehicular actual en la Avenida Costanera – Puno. ....	78
Tabla 34. Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico por el ACI 363. ....	79



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Escala de clasificación del PCI .....	31
Figura 2.	Evaluación de serviciabilidad de carreteras .....	32
Figura 3.	Influencia de la calidad en el costo final .....	83
Figura 4.	Requerimiento de información para la evaluación del pavimento .....	84



## RESUMEN

El problema que se estudia está basado en el prematuro deterioro del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno, construido a orillas del Lago Titicaca. El trabajo se ha planteado a fin de establecer las características y propiedades de los componentes del pavimento; especificaciones de la estructura de la subrasante, base y resistencia del concreto de las losas y la evaluación de fallas superficiales; estas se complementaron con la identificación de las características del tránsito vehicular real en la actualidad. Los objetivos tomados en cuenta la identificación geotécnica de la subrasante, base, resistencia del concreto y fallas superficiales; todo ello complementado con las características del tránsito vehicular actual. Con todo ello se ha determinado el ESAL de diseño y el ESAL generado por el actual tránsito vehicular actual. Los resultados demuestran que la incidencia del prematuro deterioro del pavimento tiene como causa de la baja calidad de la estructura de la subrasante, base, resistencia del concreto y por otro lado un gran volumen de tránsito no tomado en cuenta en el diseño del pavimento; esto demostrado con aplicación de las especificaciones de diseño comparada con la sugerida por el MTC y AASHTO fundamentalmente. Como aporte final se recomienda con trabajos de recapeo asfáltico a fin de prolongar la vida útil del pavimento.

**Palabras Clave:** Evaluación geotécnica, pavimento rígido.



## ABSTRACT

The problem under study is based on the premature deterioration of the rigid pavement of the Avenida Costanera - Puno, built on the shores of Lake Titicaca. The work has been proposed in order to establish the characteristics and properties of the pavement components; specifications of the subgrade structure, base and concrete strength of the slabs and the evaluation of surface failures; these were complemented with the identification of the characteristics of the actual vehicular traffic at present. The objectives taken into account were the geotechnical identification of the subgrade, base, concrete strength and surface failures, complemented with the characteristics of actual vehicular traffic. With all this, the design ESAL and the ESAL generated by the current vehicular traffic have been determined. The results show that the incidence of premature pavement deterioration is caused by the low quality of the subgrade structure, base, concrete resistance and, on the other hand, a large volume of traffic not taken into account in the pavement design; this has been demonstrated by applying the design specifications compared to those suggested by the MTC and AASHTO, fundamentally. As a final contribution, asphalt resurfacing is recommended in order to extend the pavement's useful life.

**Key Words:** Geotechnical evaluation, rigid pavement.



## INTRODUCCIÓN

La construcción de pavimentos en el Perú y específicamente en la Región Puno, sigue siendo muy complejo; no tiene coherencia necesaria en su diseño, en la etapa de construcción, en el servicio y en las actividades de mantenimiento; cuando esto sucede se genera el prematuro deterioro. Todas estas etapas están debidamente aclaradas en normas, especificaciones que recomienda el MTC, ACI, ASTM, AASHTO en muchos. Estas sugieren especificaciones y acciones de control de calidad, que por lo general no son tomados en cuenta por los responsables de construcción de vías; en este caso de pavimentos rígidos. El descuido tiene muchos factores, como: Poca experiencia, falta de personal técnico, falta de maquinaria adecuada, entidades nada responsables. El presente estudio trata de establecer la incidencia de las características y propiedades geotécnicas que debe cumplir un pavimento para ser durable y cumpla su vida útil establecida. Considerando ello el trabajo desarrollado considera:

En el primer capítulo, EXPOSICIÓN DEL PROBLEMA, se formula el problema, se describe la situación problemática, se justifica la investigación, se esbozan los objetivos, se destaca la importancia y el alcance de la investigación, se describen sus límites y limitaciones, y se presentan las variables y los indicadores.

El marco teórico, el marco conceptual y los antecedentes de la investigación se exponen en el capítulo II, que corresponde al MARCO TEÓRICO.

Los métodos, el nivel de investigación, el diseño de la investigación, la población, la muestra, los procedimientos y los instrumentos se tratan en el capítulo III, MÉTODO DE INVESTIGACIÓN. También se analiza la validez y fiabilidad de los instrumentos de investigación.



En el Capítulo IV, que corresponde al ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS, se explica: La identificación de las características y propiedades geotécnicas del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno, la identificación de las características del tránsito vehicular en la Avenida Costanera – Puno y la incidencia de las características y propiedades geotécnicas en el deterioro del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.

En el Capítulo V, que corresponde al IMPACTO SOCIAL, se expresa la importancia de la concepción de construcción de pavimentos urbanos y la responsabilidad administrativa en las construcciones de pavimentos en la ciudad de Puno.

El trabajo se concluye con la formulación de Conclusiones, Recomendaciones, Referencias Bibliográficas y Apéndices.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1 Exposición de la situación problemática.

La Avenida Costanera, es una vía que bordea el Lago Titicaca en la parte este de la ciudad de Puno; su construcción se ha efectuado dentro del lecho natural del lago por lo que es importante el desarrollo del presente trabajo; por la sencilla razón de que revelará la calidad geotécnica de los materiales y los trabajadores, así como la eficacia de los procedimientos de construcción. El problema que se considera en el presente trabajo está en el rápido deterioro del pavimento, dónde muestra significativas fallas en la superficie del pavimento; éstos analizados permitirán generar actividades de recuperación y/o protección. El pavimento de la vía en estudio corresponde a un pavimento rígido de concreto, conformado por losas de concreto y una subbase; la evaluación propuesta consistirá en identificar las características de la subbase del pavimento a fin de establecer la calidad de suelos empleados y la presencia del nivel freático por encontrarse cerca al Lago Titicaca; seguidamente se identificará las características del tráfico vehicular en la vía, finalmente identificar las características mecánicas de las losas de concreto en su resistencia en compresión y las fallas superficiales, para con todo ello efectuar la evaluación geotécnica propuesta. Con las respuestas arribadas proponer su protección u otras actividades orientadas a cuidar la comodidad del uso del pavimento en estudio.



## 1.2 Formulación del planteamiento del problema.

### 1.2.1 *Pregunta general.*

**PG.** ¿Cómo es la evaluación geotécnica de la estructura del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno?

### 1.2.2 *Preguntas específicas*

PE1. ¿Cómo son las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno?

PE2. ¿Cómo son las características del tránsito vehicular en el pavimento rígido de la Avenida Costanera de Puno?

PE3. ¿Cuál es la incidencia de las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno, en su deterioro?

## 1.3 Justificación de la investigación.

### 1.3.1 *Justificación técnica.*

Los pavimentos en general son estructuras artificiales, que deben dar comodidad a la circulación de todo tipo de vehículos sobre todo en las diversas actividades que se desarrolla en las ciudades. Por el costo y procesos constructivos para garantizar su durabilidad se tiene estudios, sugerencias y especificaciones técnicas en entidades nacionales e internacionales autorizadas para la construcción de pavimentos de calidad que garanticen su durabilidad; para ello en el Perú se tiene el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en el ámbito internacional está la AASHTO, ASTM y otros; cuyas recomendaciones deben ser asumidas con responsabilidad; otro aspecto está en que las vías y/o pavimentos deben merecer actividades de mantenimiento. El presente trabajo está orientado a evaluar las características geotécnicas y pueda establecerse las causas del rápido deterioro.



### **1.3.2 Justificación económica.**

Las vías pavimentadas y el buen estado para la transitabilidad vehicular, es beneficiosa sobre todo a las actividades que se desarrollan en la ciudad, en el caso de la Avenida Costanera es de intenso tránsito privado y vehicular que facilita el tránsito de la ciudad de Puno por una parte con la ciudad de Juliaca y la otra con la Ciudad de El Collao facilitando la conformación de la vía internacional Perú – Bolivia. En esto se considera el traslado de personas y productos requeridos al entorno de esta vía internacional.

### **1.3.3 Justificación ambiental.**

Las principales actividades sociales que se desarrollan en una ciudad son: Empleo, educación, salud entre otros, donde las vías pavimentadas permiten la circulación adecuada de vehículos que facilitan el desarrollo adecuado de las actividades referidas. Un pavimento deteriorado, descuidado en su mantenimiento genera perjuicios sociales a los usuarios, estas razones perjudican el desarrollo social de los pobladores, porque generan mayores costos, mayores tiempos de traslado, generando perjuicios que deben de ser evitados.

## **1.4 Objetivos.**

### **1.4.1 Objetivo general.**

OG. Efectuar la evaluación geotécnica de la estructura del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno.

### **1.4.2 Objetivos específicos.**

OE1. Identificar las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno.

OE2. Identificar las características del tránsito vehicular en el pavimento rígido de la Avenida Costanera de Puno.



OE3. Establecer la incidencia de las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno, en su deterioro.

## **1.5 Importancia y alcance de la investigación.**

La construcción de pavimentos en la ciudad de Puno, a la fecha sigue siendo compleja, sobre todo en la falta de control de calidad de los materiales empleados, en los procesos constructivos y su mantenimiento. La vía en estudio, que trata de la Avenida Costanera – Puno, está construida a orillas del Lago Titicaca; lo que obliga a que su diseño y construcción se haya efectuado cumpliendo lo establecido en las normas técnicas peruanas correspondientes. A la fecha el pavimento en estudio se encuentra muy deteriorada; y presta un servicio a un intenso tránsito vehicular, sobre todo pesado por donde circula gran volumen de vehículos de carga pesada. La construcción del tramo en estudio cata del año 2012; es decir que a la fecha tiene 12 años de servicio. Tomando en cuenta el pronto deterioro el presente estudio está orientado a la evaluación de la subrasante, la base, superficie de rodadura y el tránsito vehicular con cuyos resultados efectuar el análisis de las causas del pronto deterioro del pavimento.

## **1.6 Limitaciones y delimitaciones de la investigación.**

El pavimento rígido de Avenida Costanera – Puno, se ubica a orillas actuales del Lago Titicaca; observándose que esa ubicación estaba dentro de las aguas del lago en años pasados, lo que permite deducir que en los terrenos de fundación y/o subrasante predomina suelos finos, lo que genera siempre un deterioro prematuro en el caso de pavimentos. Para alcanzar los resultados del estudio se efectuará los estudios siguientes:



- Evaluación de la estructura de la subrasante.
- Evaluación de la estructura de la base.
- Evaluación de la superficie de rodadura del pavimento rígido.

Con los resultados obtenidos establecer las causas del prematuro deterioro del pavimento. Finalmente se menciona que la evaluación del deterioro prematuro, está basado fundamentalmente a las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento; tomando en cuenta las normas y reglamentos pertinentes.

## 1.7 Variables e indicadores.

### 1.7.1 *Conceptualización de variables.*

**Variable evaluativa:**        **Características y propiedades geotécnicas**

**Indicadores:**

- Características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento.
- Características y propiedades de los suelos de la base del pavimento.
- Características del tránsito vehicular en la vía

**Variable de control: Deterioro del pavimento.**

**Indicadores:**

- Verificación directa de la resistencia del concreto.
- Fallas superficiales predominantes.



1.7.2 Operacionalización de las variables.

Tabla 1.

Operacionalización de variables.

VARIABLES	INDICADORES	ÍNDICES
<b>VARIABLE EVALUATIVA:</b>  <b>(1)</b> <b>Características y propiedades geotécnicas</b>	1.1 Características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento.	1.1.1. Granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, clasificación AASHTO, densidad máxima y CBR.
	1.2 Características y propiedades de los suelos de la base del pavimento.	1.2.1. Granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, clasificación AASHTO, densidad máxima y CBR
	1.3 Características del tránsito vehicular en la vía	1.3.1. Valoración del ESAL de diseño y de servicio del tránsito vehicular.
<b>VARIABLE DE CONTROL:</b>  <b>(2)</b> <b>Deterioro del pavimento</b>	2.1. Resistencia en del del concreto del pavimento.	2.1.1. Verificación directa de la resistencia del concreto.
	2.2. Características de fallas superficiales en las losas del concreto.	2.2.1. Fallas superficiales predominantes.

Nota. Elaboración propia correspondiente al proyecto - 2024



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Antecedentes del estudio.

##### 2.1.1 A nivel internacional.

Miranda Urrutia, R. (2020), en su investigación titulada «Deterioros en Pavimentos Flexibles y Rígidos», realizada en la Universidad Austral de Chile, aborda sus objetivos, metodología y conclusiones: El documento ofrece una visión general de los numerosos tipos de pavimento que se utilizan en la construcción de carreteras. En este folleto se muestran los distintos tipos de degradación del pavimento, sus causas durante la construcción y a lo largo del tiempo, y las técnicas de reparación empleadas en los proyectos de pavimentación, acompañadas de documentación fotográfica para una mejor comprensión de los procesos involucrados. Este informe detalla los esfuerzos de conservación realizados en los pavimentos de los sectores 1 y 2 de Valdivia, esclareciendo las causas de su degradación y las soluciones utilizadas para repararlos, con énfasis en las metodologías constructivas empleadas en la reconstrucción de calzadas y capas asfálticas, entregando importantes elementos de juicio para los profesionales que aspiran a avanzar en el campo de las obras viales (Miranda Urrutia, R., 2020, pp. 75).

Pérez Gómez, E., y Pera Castillo, G. (2022), en su investigación titulada «Causas de Deterioro Prematuro de Pavimentos de Hormigón en la Ciudad de Bahía



Blanca y Rutas de Acceso», realizada en la Universidad Nacional del Sur-Argentina, Para determinar el estado de los pavimentos de hormigón y las razones de su degradación, se están inspeccionando una rotonda de acceso y los pavimentos de Bahía Blanca. El área examinada abarca 33 kilómetros cuadrados. La estructura, la abrasión de la superficie, las grietas, la degradación por interacción álcali-sílice y los tipos de áridos gruesos y finos formaron parte del análisis del estado de las losas. Se realizó un análisis petrográfico de los áridos y el hormigón, y se tomaron muestras para medir la densidad, la porosidad y la abrasión. De las 15 776 ondas analizadas, el 48 % muestra signos de deterioro. Los fallos estructurales representan el 47 % de estos casos, y en el 14 % de ellos es necesaria una sustitución completa. Hay mucha limpieza de superficies, especialmente en las esquinas. La razón de ello es la acumulación de agua de lluvia en el pavimento y la falta de un drenaje adecuado debido a la congestión del tráfico. Utilizamos modelos numéricos para evaluar el comportamiento hidrodinámico de la zona no saturada (USZ) en un sector de la ciudad, haciendo hincapié en la franja capilar del suelo arcilloso. Comparamos estos resultados con observaciones directas. La región se distingue por una capa freática poco profunda y elevados niveles de salinidad en el agua. La franja capilar se movilizó significativamente junto con los cambios de nivel, mostrando una altura capilar de 123 cm. Los resultados muestran una influencia hidrodinámica en los niveles superiores de la SNZ (Pérez Gómez, E. y Pera Castillo, G., 2022, pp. 68).

Hernández Ispo, J., 2020, Tras estudiar tres tramos de la carretera CA-01 Oeste, desde la estación 018+815 hasta la estación 124+200, en 2020, evaluó el rendimiento de los pavimentos rígidos utilizando su índice de condición del pavimento (PCI) y criterios de sostenibilidad. Un estudio realizado por Hernández Ispo, J., en la Universidad de San Carlos de Guatemala, destaca la importancia de evaluar el tramo



de carretera pavimentada CA-01-Oeste desde la estación 018+815 hasta la estación 124+200. Esta evaluación se basará en un análisis histórico de los problemas de deterioro que afectan a la red de carreteras pavimentadas de Guatemala y se ilustrará con tres segmentos de pavimento rígido. Para evaluar mejor el rendimiento de las carreteras, el índice de condición del pavimento (PCI) se vincula a criterios de sostenibilidad que incluyen aspectos técnicos, económicos, medioambientales y sociales. Gracias a esta conexión, se puede crear una técnica que evalúe el deterioro estructural y los niveles de vulnerabilidad. Al final, obtenemos una matriz de efectos que vincula la evaluación numérica del PCI con la evaluación numérica de los criterios de sostenibilidad. Para la intervención en segmentos basada en los daños y la vulnerabilidad reconocidos, los datos producidos a partir de la matriz de impacto son cruciales. Por lo tanto, puede utilizarse como herramienta metodológica para la gestión del pavimento, y el gestor de carreteras, ya sea público o privado, dispondrá de toda la información necesaria para tomar decisiones y asignar recursos para hacer frente a esta vulnerabilidad. (Hernández Ispo, J., 2020, pp. 109).

### **2.1.2 A nivel nacional.**

Pasapera, M. (2022), en su investigación titulada «Influencia de los problemas geotécnicos en las obras viales de la ciudad de Ica durante el año 2022», realizada en la Universidad Alas Peruanas, examina a través de sus objetivos y metodología el impacto de los problemas geotécnicos en la construcción de carreteras en Ica para dicho año. La investigación fue de naturaleza aplicada; en base a su profundidad, Se enmarca dentro de las categorías de investigación no experimental, transversal, descriptiva y correlacional. La selección intencional de los sujetos —40 educadores de la Universidad San Luis Gonzaga de Ica— constituyó la muestra no probabilística. Con el fin de recopilar los datos clave necesarios para alcanzar los objetivos y poner



a prueba las teorías, se empleó un cuestionario para recopilar datos destinados a evaluar el impacto de los problemas geotécnicos en la construcción de carreteras. Se concluye que los problemas geotécnicos típicamente presentes en los suelos no han sido abordados en la construcción de obras viales en la ciudad de Ica, que es altamente sísmica. Los especialistas afirman que el estudio se realiza únicamente en el ámbito de la ingeniería civil, descuidando el aspecto geotectónico. De esta situación se desprende claramente que el diseñador de la carretera, los geólogos y los ingenieros geotécnicos no se comunicaron entre ustedes (Pasapera Bouzas, M., 2022, pp. 79).

Quevedo García, A. (2022), en su investigación titulada 'Deterioro del Pavimento Rígido de la Avenida Arenales y Fernando León Arechua y su Relación con los Accidentes de Tránsito en el Cercado de Ica, 2022', realizado en la Universidad de Alas Peruanas en 2022, busca examinar la relación entre la degradación del pavimento duro y la ocurrencia de accidentes de tránsito en Cercado de Ica. Los niveles II y III en términos de profundidad, es decir, descriptivo-correlacional, se corresponden con la investigación central de este estudio, que utiliza una metodología no experimental, que es transversal. Se seleccionó aleatoriamente a 150 conductores cuyos vehículos circulaban por las avenidas Arenales y Fernando León Arechua de Cercado de Ica para la muestra probabilística, utilizando el enfoque probabilístico de Arkin y Colton. La estrategia de investigación se basó en una encuesta, en la que se pidió a la muestra que rellenara un cuestionario. Los resultados apuntaron a una fuerte asociación entre el deterioro del pavimento duro de las carreteras Arenales y Fernando León Arechua y la ocurrencia de accidentes de tráfico en el centro de la ciudad. (Quevedo García, A., 2022, pp. 106).



### 2.1.3 A nivel regional.

Gutino Soto, A. (2022), en su investigación titulada 'Criterios Técnicos para el Uso de Relleno Rocoso y Grava en la Formación de la Subrasante con Fines de Pavimentación en el Jr. Espinar del Barrio Chanu Chanu en la Ciudad de Puno', Realizado en la Universidad Andina. En sus objetivos, procedimientos y resultados, Néstor Cáceres Velásquez afirma que la Avenida Costanera es un ejemplo de pavimentos a orillas del lago Titicaca que han causado problemas de deterioro y durabilidad inadecuada debido a su intrincado diseño y construcción. En respuesta a este problema, la propuesta para el diseño y la construcción de un pavimento resistente, resiliente y duradero para Jr. Espinar en el barrio de «Chanu Chanu» implica: en primer lugar, evaluar la estratigrafía y el impacto del agua en los suelos finos que componen la subbase; en segundo lugar, evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la subbase existente. El diseño adecuado del pavimento rígido se completará en función de los resultados, que también guiarán el diseño y la construcción del terraplén y el bordillo. Los objetivos técnicos previstos se basan en: Los estratos del suelo de la subbase incluyen argillogravas finas, argillo arenas y arcillas orgánicas muy plásticas y compresibles, que presentan una sensibilidad significativa al agua. El contenido de compresibilidad es de 0,25, el índice de liquidez es de 0,45 y el índice de consistencia (CI) es de 0,65. Esto indica que los suelos arenosos son muy sensibles al agua. Esto significa que los suelos deben ser reemplazados, ya que son muy plásticos y blandos. Las cualidades físicas y mecánicas se evaluaron de acuerdo con las normas establecidas en el manual MTC y AASHTO EG - 2000, que indicaban que los suelos de la subbase debían sustituirse por marga y grava. El revestimiento y el relleno de grava se diseñaron de acuerdo con la modelización y las especificaciones descritas en el manual EG - 2000. Este manual



estipula las características geométricas de un revestimiento de 0,60 m de espesor, un relleno de grava de 0,60 m de espesor y un pavimento rígido recomendado compuesto por una base de 0,20 m de espesor y una losa de hormigón con una resistencia a la compresión de 2,80 kg/cm<sup>2</sup>. En conjunto, este proceso garantiza un pavimento duro y resistente (Gutino Soto, A., 2022, pp. 99).

Zapana Abbad, A. (2022), en su investigación titulada «Análisis del Ascenso Capilar del Agua Subterránea para su Control con Fines de Pavimentación en los Suelos de Subrasante de la Av. Juliaca en Juliaca - San Román - Puno», La producción de hormigón de alta calidad en la región de Puno, donde las temperaturas son bajas, especialmente en Juliaca, presenta retos según los objetivos, la metodología y las conclusiones del estudio. Esto se debe a que el hormigón está compuesto por una mezcla de cemento, áridos finos, áridos gruesos y agua. Debido al frío, el agua de la pasta de hormigón puede congelarse, lo que impide que se endurezca como debería. Ante este desafío, el objetivo de esta investigación es desarrollar una técnica de protección para producir hormigón de alta calidad en las bajas temperaturas de Juliaca mediante el uso de aditivos aireantes. El propósito de esta evaluación es determinar el efecto de los aditivos aireantes «Chema Entrampaire» y «Sika Aer D» en la mezcla final de hormigón. Para garantizar un desarrollo exhaustivo del proyecto, se han establecido los siguientes objetivos: evaluar el impacto negativo de las bajas temperaturas en la región de Puno sobre la resistencia del hormigón; seleccionar áridos de alta calidad; diseñar mezclas de hormigón con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>; seleccionar aditivos incorporadores de aire; y comparar la resistencia del hormigón con y sin estos aditivos para determinar su eficacia. Siguiendo los procedimientos prescritos, los resultados indican que la producción de hormigón a bajas temperaturas en Juliaca afecta negativamente a su



resistencia y durabilidad; los áridos procedentes de la cantera de Cabanillas son de alta calidad; en la formulación de una mezcla de hormigón con una resistencia de 210 kg/cm<sup>2</sup>, se alcanzaron proporciones ponderales de 1:2 87:3,80/0,26, a las que se ha incorporado el aditivo aireante «Chema Entrampaire» a una concentración del 0,15% del peso del cemento de diseño, y en el caso del aditivo «Sika Aer D», a una concentración del 3% del peso del cemento de diseño. En definitiva, la gestión del desarrollo de la resistencia indica que las bajas temperaturas de Juliaca afectan negativamente a la resistencia del hormigón. Los aditivos aireantes «Chema Entrampaire» y «Sika Aer D» resultan eficaces en la producción de concreto bajo estas bajas temperaturas, sirviendo, así como tecnologías de protección para la producción de concreto en tales condiciones. (Zapana Abbad, A, 2022, pp. 108).

## 2.2 Bases teóricas.

### 2.2.1 *Procesos geotécnicos.*

a) **Geotecnia.** La ingeniería que se centra en cómo interactúan los edificios y las carreteras con el subsuelo se conoce como ingeniería geotécnica. Por lo tanto, es una materia que se aplica a una amplia gama de profesiones relacionadas con la tierra, como la ingeniería civil, la arquitectura y la ingeniería minera. (Baca López, G., 2020, pp. 46).

b) **Procesos geotécnicos.** Frase de la ingeniería geológica que hace referencia a los métodos empleados para alterar las propiedades de suelos y rocas no consolidados con el fin de conseguir las características necesarias para aplicaciones de ingeniería. (Baca López, G., 2020, pp. 54).

### 2.2.2. *Importancia de la geología en la construcción de pavimentos.*

La ingeniería civil plantea numerosas cuestiones que requieren un conocimiento exhaustivo de la geología. Salir del aula y adentrarse en el mundo real



hará maravillas por sus conocimientos geológicos, complementando lo que aprende en el laboratorio. Al incorporar los principios geológicos fundamentales en su plan de estudios de ingeniería, puede acelerar y mejorar el proceso de aprendizaje, al tiempo que aprovecha mejor lo que estudia. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 96).

- Conocimientos sistematizados de los materiales (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 96).
- La mayoría de los problemas relacionados con los cimientos tienen su origen en la corteza terrestre. Los materiales naturales constituyen la base de muchas estructuras artificiales, como edificios, puentes y presas (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 98).
- Una planificación y gestión inteligentes pueden hacer que las excavaciones sean más seguras (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 99).
- En varias áreas de la ingeniería práctica, saber que existe agua subterránea y comprender los componentes de la hidrología subterránea son grandes ventajas (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 101).
- Para regular los caudales, proteger las costas y las riberas, preservar el suelo y otras cosas, es necesario comprender las aguas superficiales, su impacto en la erosión, el transporte y la sedimentación (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 103).
- Una de las habilidades más valiosas para los planificadores de proyectos de construcción es la capacidad de leer y comprender documentos geológicos, mapas, planos e imágenes (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 104).
- Educación sobre cómo identificar problemas geológicos (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 105).

### **2.2.3. Problemas geotécnicos en pavimentos.**

El suelo como cimiento: todas las construcciones deben anclarse al suelo; en



consecuencia, debe especificarse la naturaleza de este apoyo, y la transferencia de cargas de la estructura al suelo requiere un examen de la deformabilidad y resistencia del terreno (Baca López, G., 2020, pág. 77).

- El terreno como generador de cargas: en ocasiones, para establecer una variación de cota o con otros fines, se construyen estructuras que retienen el terreno (por ejemplo, muros de contención, revestimiento de túneles); para su diseño, es necesario evaluar la magnitud y distribución de las fuerzas ejercidas por el terreno (Baca López, G., 2020, pp. 80).

- El terreno como estructura independiente: en algunos casos, una estructura de contención no se construye para formar un talud, sino que se permite que el terreno siga inclinado. En estos casos, debe analizarse el ángulo del talud para garantizar su estabilidad (Baca López, G., 2020, pp. 81).

- Dado que el suelo es un elemento constructivo en los movimientos de tierra (como rellenos, terraplenes y presas de material suelto), es importante conocer sus cualidades y cómo les afecta la compactación. Los suelos bajo las construcciones presentan una diversidad considerable, que va desde un macizo granítico robusto hasta un barro pantanoso infranqueable (Baca López, G., 2020, pp. 84).

Numerosos factores contribuyen a las variaciones de comportamiento:

Variaciones en la composición mineralógica de los constituyentes: silíceos, calcáreos, orgánicos, etc. (Baca López, G., 2020, pp. 87).

Las variaciones en el tamaño de las partículas van desde milímetros o decímetros en rocas y guijarros, hasta decímetros, centímetros y milímetros en la grava, y menos de una milla en la arena (Baca López, G., 2020, pp. 89).

Variaciones en los modos de contacto y adhesión entre granos; estos pueden incluir mera yuxtaposición en arenas secas, adhesión menisco capilar en condiciones



húmedas, fuerzas electrostáticas en partículas de arcilla, o soldadura entre granos o cristales en rocas (Baca López, G., 2020, pp. 91).

Variaciones en el proceso de deposición y los estresores que soporta: La densidad o uniformidad de una partícula de suelo fluctúa bajo diversas condiciones: depositada recientemente a poca profundidad, experimentando por tanto una compresión mínima; situada a mayor profundidad, sometida a una sobrecarga sustancial; situada previamente a profundidades significativas y sometida posteriormente a erosión, Los procesos de sobreconsolidación provocan una disminución de la presión, mientras que los pliegues, los empujes tectónicos y la erosión influyen en la fracturación de las rocas. Como se ha dicho anteriormente, todo ello contribuye a la gran variedad de características del paisaje (Baca López, G., 2020, pp. 92).

Un problema geotécnico se refiere a cualquier suceso que induzca deformaciones y daños en el suelo y en las estructuras civiles adyacentes. Previo a cualquier proyecto o emprendimiento de ingeniería civil, es fundamental conocer las características del terreno en cuestión. Los siguientes objetivos deben guiar la investigación geotécnica del emplazamiento: examinar el tamaño y la topografía del proyecto para asegurarse de que las cargas de los cimientos, la excavación y el relleno, así como las soportadas por las estructuras de contención, no se vuelquen ni provoquen un desplazamiento excesivo (Baca López, G., 2020, pp. 95).

#### **2.2.4. Interacción suelo estructura.**

La forma en que los cimientos de un edificio absorben y transmiten el movimiento del suelo determina la reacción sísmica del edificio. Los efectos sísmicos sobre las estructuras se definen por la interacción entre el tipo de sistema estructural, la rigidez y la configuración de los cimientos, y las cualidades dinámicas del suelo



subyacente. Puede haber grandes disparidades entre la reacción sísmica esperada y la respuesta estructural real si no se tienen en cuenta la rigidez de los cimientos y las cualidades dinámicas del suelo en el estudio sísmico de un edificio. Por consiguiente, es imperativo incorporar los impactos de la interacción suelo-estructura en el análisis sísmico del edificio. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 154).

### **2.2.5. Estudio geotécnico.**

Antes de llevar a cabo la investigación geotécnica, es crucial comprender todos los aspectos que pueden afectar a sus cualidades, tensiones e implicaciones. Se pueden localizar e identificar suelos expansivos y corrosivos, el perfil del terreno, derrames, tuberías y servicios públicos subterráneos, posibles fallas, rellenos, pozos, galerías y depósitos enterrados. Esta lista no es en absoluto exhaustiva. El objetivo del estudio geotécnico es averiguar aspectos como cómo se realizará la excavación, qué materiales se utilizarán, cuál será la pendiente de los cortes, cuánto peso puede soportar el suelo, qué métodos se utilizarán, cuál será su pendiente, cuánto tiempo tardarán en producirse los asentamientos, qué coeficientes de seguridad se utilizarán, qué hacer si no son suficientes y cómo ralentizar o detener los asentamientos. (Baca Lopez, G., 2020, pp. 108).

Suele comprender las siguientes fases:

**a) Establecimiento de la campaña geotécnica a realizar.** A la hora de planificar rutas de transporte, la geología y la geotecnia desempeñan un papel decisivo. Estas consideraciones son esenciales desde el inicio del proceso de investigación y serán de suma importancia más adelante en el proyecto, a la hora de decidir cuál de las muchas soluciones posibles para un problema determinado se definirá como la opción preferida (Baca López, G., 2020, pp. 109).



**b) Realización de las prospecciones de campo y toma de muestras.** Los proyectos o escenarios que implican terrenos con condiciones geológicas o geotécnicas muy difíciles no son el objetivo principal de los estudios geotécnicos tal y como se definen en estas normas. Por otro lado, se reconoce que los principales problemas geotécnicos deberían ser más fáciles de identificar si la campaña descrita en este artículo se implementa y comprende correctamente, aunque en el futuro sea necesario un análisis completo. Una enumeración no exhaustiva de los escenarios que suelen presentar distintos retos geológico-geotécnicos incluye los siguientes: Paleoslidos, regiones geomorfológicamente inestables, formaciones kársticas, zonas susceptibles de hundimiento, regiones dominadas por sales solubles, materiales expansivos, materiales colapsables o marginales, y emplazamientos con acuíferos o capas freáticas poco profundas. Los valores numéricos presentados en este artículo representan generalmente magnitudes mínimas o máximas, priorizando sistemáticamente la seguridad. El Responsable del Contrato podrá sugerir valores alternativos para establecer una campaña más adecuada para un Proyecto concreto. En tales casos, deberá incluirse una justificación explícita en el Proyecto. (Baca López, G., 2020, pp. 111).

**c) Realización de los ensayos de laboratorio.** Las propiedades que se pueden determinar a partir de una muestra dependen de su grado de transformación, es decir, de las alteraciones estructurales que experimenta desde su posición original en el sustrato natural hasta su llegada al laboratorio tras la extracción mediante sondeos, pozos de sondeo o métodos alternativos. Una muestra prístina puede obtenerse utilizando un tubo de muestreo diseñado para minimizar la alteración del suelo durante la inserción; por lo tanto, debe tener bordes afilados y paredes finas. Según la sección transversal de estos tubos, la calidad de la extracción viene representada



por la relación entre la zona interna (que contiene la muestra) y la zona externa completa (que se extiende hacia el interior del terreno). Para obtener muestras de suelos blandos con poca alteración, en España se utilizan muestreadores del tipo Shelby. En suelos más compactos se utilizan dos o tres baterías. Se puede extraer físicamente un bloque de suelo de las paredes de pozos, zanjas o fosas entibados, o se puede utilizar un sacatestigos especializado para obtener muestras inalteradas. Antes de su uso en el laboratorio, deben transportarse en una cámara húmeda y embalarse con extremo cuidado para evitar cualquier alteración. Se pueden utilizar bolsas o sacos para transportar muestras alteradas sin pérdida de material, siempre que estén debidamente etiquetadas. Esto se aplica a las muestras tomadas de perforaciones o excavaciones, ya sean manuales o mecánicas. (Baca López, G., 2020, pp. 115).

**d) Preparación de la documentación** (Baca López, G., 2020, pp. 116).

**e) Redacción del informe (con un apartado de conclusiones y recomendaciones).** Las especificaciones técnicas específicas pertinentes describen los requisitos geológicos y geotécnicos que deben cumplirse para poder elaborar un estudio fundamentado. En este material se mencionan los siguientes aspectos (Baca López, G., 2020, pp. 117):

- El análisis de viabilidad geológica y geotécnica de todas las opciones examinadas, en particular de la solución finalmente recomendada para su aprobación, Servirá de respaldo a la evaluación geológica y geotécnica de dicho proyecto. Prestaremos especial atención a cualquier problema o limitación geológica que pueda afectar a la ejecución de las obras, como suelos o rocas expansivas, inestabilidad de taludes, regiones kársticas, etc. (Baca López, G., 2020, pp. 118).

- El objetivo principal de una campaña geotécnica es investigar los posibles problemas



geológicos y realizar una evaluación preliminar de los parámetros geotécnicos de las formaciones intersectadas por el trazado (Baca López, G., 2020, pp. 119).

- Análisis de las canteras, depósitos granulares, vertederos y préstamos de la región desde un punto de vista geológico-geotécnico y medioambiental. Esto incluye la caracterización del material en términos de calidad y cantidad, así como consideraciones relacionadas con las evaluaciones de impacto ambiental y la necesidad de iniciar procedimientos ambientales (Baca López, G., 2020, pp. 120).

La aseguradora es responsable de garantizar que se hayan recogido suficientes muestras de la investigación geotécnica en relación con la región afectada en situaciones de obras de gran envergadura, como se ha indicado anteriormente. Además, deberán obtenerse muestras adicionales a medida que avance el proyecto para identificar cambios en las condiciones del suelo, la aparición de estratos imprevistos, fluctuaciones en el nivel freático y factores similares. En caso de que el proyecto incluya componentes críticos, como puentes, es imperativo garantizar que el estudio geotécnico aborde a fondo la ubicación de elementos estructurales sensibles (soportes, cimientos, contrafuertes, etc.) o componentes auxiliares, minimizando así el riesgo de deslizamientos o asentamientos diferenciales durante la construcción. (Baca Lopez, G., 2020, pp. 122).

## **2.2.6 Problemas geotécnicos de la infraestructura vial.**

Entre las cuestiones más comunes que aborda la geotecnia de carreteras se incluyen la evaluación de la capacidad portante del subsuelo para pavimentos; Mejorar el subsuelo mediante compactación, estabilización, sustitución o refuerzo; realizar análisis de estabilidad y compresibilidad; diseñar estructuras de estabilización, como muros de anclaje y muros de contención; supervisar la consolidación y el asentamiento de los rellenos; tratar la licuefacción del suelo; y



diseñar estructuras como cabezales de pilotes y cimientos de puentes. A nivel nacional, la investigación geológica y geotécnica inadecuada es la causa principal de los problemas geotécnicos en la infraestructura vial; a la aplicación incorrecta de los criterios de diseño de carreteras (que exigen pendientes uniformes en todos los segmentos de un corredor viario); a las limitaciones financieras y la gestión deficiente de los proyectos; a los diseños geotécnicos e hidráulicos inadecuados; a la adopción limitada de tecnologías innovadoras; y a la repetición de soluciones de un proyecto a otro sin las investigaciones, análisis y diseños necesarios para justificar este enfoque. (Baca López, G., 2020, pp. 138).

### ***2.2.7 Importancia de la investigación geológico - geotectónica en proyectos viales.***

Para mitigar los efectos de las limitaciones geológico-geotécnicas en un proyecto de carretera, es imprescindible realizar una investigación geológica y geotécnica exhaustiva, adecuada y suficiente para identificar los tipos de peligros que afectan al corredor de la carretera, evaluar su probabilidad de ocurrencia y valorar su posible impacto en el proyecto. Una vez concluidas estas actividades, deberán evaluarse las alternativas de gestión de los peligros y crearse las obras necesarias. La recurrencia de estos eventos, sean aislados, continuos o periódicos, requiere establecer su predictibilidad y criticidad para determinar la investigación geológico-geotécnica requerida con base en esta información. Es esencial realizar un estudio exhaustivo y adecuado para determinar todas las características necesarias para las fases de diseño, construcción y explotación del proyecto. Los datos inexactos sobre el subsuelo y las investigaciones inadecuadas conllevan un aumento de los gastos del proyecto; por ello, es prudente y esencial asignar los recursos adecuados para las evaluaciones del subsuelo en las fases iniciales, lo que dará lugar a diseños



optimizados desde el punto de vista económico y técnico. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 178).

### **2.2.8 Ingeniería geotécnica.**

Basándose en las tradiciones de la ingeniería civil y geológica, la ingeniería geotécnica estudia las propiedades ingenieriles, hidráulicas y mecánicas de las rocas y los suelos. Se realizan estudios geotécnicos de rocas y suelos para determinar sus propiedades y diseñar sistemas de soporte o cimientos para puentes, autopistas, centrales hidroeléctricas, muros de contención y estabilización de taludes, entre otras estructuras artificiales. Es esencial que los ingenieros geotécnicos conozcan a fondo los principios geológicos básicos y que también posean una gran experiencia en hidráulica y mecánica. Es muy importante saber cómo se formaron o depositaron los materiales y qué cambios estructurales o diagenéticos (como la cristalización, el metamorfismo o la sustitución) han experimentado. Los deslizamientos de tierra, los hundimientos del terreno, los flujos de lodo y las caídas de rocas son solo algunos ejemplos de los desastres naturales y provocados por el hombre que evalúan los ingenieros geotécnicos. La mecánica del suelo ya no es la única subdisciplina de la ingeniería geotécnica; el campo ha crecido hasta incluir la ingeniería sísmica, una mejor caracterización del suelo, el desarrollo de materiales geotécnicos, la interacción entre el suelo y las estructuras, y mucho más. La ingeniería geotécnica es un campo emergente dentro de la ingeniería civil que está cambiando a un ritmo vertiginoso (Baca López, G., 2020, pp. 207).

Una subdisciplina de la ingeniería civil conocida como «ingeniería geotécnica» analiza las propiedades y la dinámica del subsuelo terrestre. La ingeniería geotécnica es el estudio de cómo utilizar los componentes básicos de la mecánica del suelo y las rocas para evaluar la estabilidad de los taludes naturales o artificiales mediante el



análisis de las condiciones del subsuelo y la determinación de las cualidades físicas, químicas y mecánicas del suelo. Además, se encarga de supervisar las condiciones del terreno y la construcción de estas obras, desarrollar movimientos de tierra, determinar las soluciones de cimentación más adecuadas y analizar los peligros relacionados con el emplazamiento de un proyecto. Desde la evaluación de la calidad del suelo hasta el desarrollo y la construcción de edificios que dependen de sistemas de soporte naturales, la ingeniería geotécnica utiliza metodologías científicas para conocer la interacción entre la ingeniería y el entorno geológico. Numerosos comités técnicos del Geo-Instituto de la Sociedad Americana de Ingenieros Civiles (ASCE) dan fe de la naturaleza interdisciplinaria de este campo. En la misma línea, los 31 comités técnicos que componen la Sociedad Internacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería Geotécnica (ISSMGE) abarcan una amplia gama de temas. Entre ellos se incluyen: sedimentos calcáreos, geotecnia costera, deformación del suelo, ingeniería sísmica, educación geotécnica, geotecnia medioambiental, efectos de la congelación, caracterización geofísica del terreno, geosintéticos y refuerzos, mejora del suelo, ensayos in situ, instrumentación geotécnica, diseño de estado límite, microgeomecánica, geotecnia offshore, pilotes, conservación de sitios históricos, práctica profesional, gestión de riesgos, socavación de cimientos, análisis de muestras de suelo, ensayos de tensión-deformación en laboratorio, presas de residuos, suelos tropicales y residuales. (Baca López, G., 2020, pp. 209).

La ingeniería costera y oceánica también están relacionadas con la ingeniería geotécnica. Los muelles, espigones y puertos deportivos forman parte de la ingeniería costera. Los proyectos marítimos, como las plataformas petrolíferas, pueden ubicarse en cualquier lugar, y los ingenieros marítimos pueden ayudar con los sistemas de cimentación y amarre. Los ámbitos de la ingeniería geotécnica y geológica tienen



muchos puntos en común y están muy relacionados entre sí. (Baca López, G., 2020, pp. 216).

### **2.2.9 Definición de pavimento rígido.**

Las losas de hormigón que se fijan hidráulicamente y, en ocasiones, se refuerzan con acero, conforman un pavimento rígido, que a veces se denomina pavimento hidráulico. La subbase se encuentra sobre la base, o subbase, sobre la que se colocan estas losas. Los pavimentos de este tipo evitan que las capas subyacentes se deformen. La vida útil de los pavimentos rígidos es de 20 a 40 años, sin embargo, su coste inicial es mayor que el de los pavimentos flexibles. El tratamiento de las juntas entre las losas es el principal objetivo del mantenimiento mínimo que se requiere. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 216).

### **2.2.10 Estructura del pavimento rígido.**

**a) Subrasante.** La estructura del pavimento se apoya en esta capa de suelo, que se extiende hasta una profundidad que no se ve afectada por la carga de diseño del tráfico previsto. La forma compactada de esta capa, que puede ser de corte o relleno, debe coincidir con los contornos y ángulos especificados en el plano final. La resistencia de la subbase, su incompresibilidad y su resistencia a la expansión y contracción causadas por la humedad son los principales factores que determinan el espesor del pavimento. Por lo tanto, ajustar la carga de diseño de las ruedas a la capacidad de la subbase es fundamental para el diseño del pavimento. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 219).

**b) Subbase.** Para garantizar que las cargas se soporten, transmitan y distribuyan de manera uniforme sobre la superficie del pavimento, la capa de subbase puede adaptarse a cualquier variación en la subbase que pueda afectar a la capa estructural del pavimento. Esta capa evita que el pavimento resulte dañado por variaciones en la



elasticidad y el volumen. A menudo se emplean materiales granulares, ya que actúan como capa de drenaje y controlan la subida capilar del agua, protegiendo así la estructura del pavimento. La acción capilar en condiciones de congelación provoca la expansión del agua debido a la congelación, lo que puede causar el fallo del pavimento si la subrasante o la subbase son insuficientes. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 220).

**c) Superficie de rodadura.** La estructura del pavimento se completa con la capa superior, que está construida con hormigón hidráulico. Debido a su alto módulo de elasticidad y rigidez, la capacidad de carga viene determinada por la losa y no por la capacidad de la subbase, ya que no se utiliza ninguna capa base. Por lo tanto, el hormigón hidráulico es superior a la hora de distribuir las cargas a la estructura del pavimento (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 222).

### ***2.2.11 Dimensiones del deterioro del pavimento rígido.***

#### **1. Daños en estructuras del pavimento rígido.**

**a) Fisuración longitudinal.** Cuando la losa se agrieta o se rompe principalmente en ángulo con respecto al eje de la carretera, se divide en dos planos distintos (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 227).

**c) Losas partidas.** Un patrón de fisuras caracterizado por fracturas longitudinales, transversales y/o diagonales que segmentan la losa de hormigón en cuatro o más partes como consecuencia de la fractura o agrietamiento (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 228).

**d) Fisuras en bloque.** Grietas o fisuras que dividen una losa en pequeños fragmentos, normalmente de menos de 1 metro cuadrado. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 230).



## **2. Deformaciones del pavimento rígido.**

**a) Elevación de la losa.** Pavimento que se abomba o se levanta repentinamente, normalmente en una fractura o junta transversal. En la mayoría de los casos, el hormigón dañado se rompe en muchos pedazos. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 254).

**b) Dislocación.** Una losa de pavimento irregular en un lado de un cruce, en comparación con una losa continua o fracturas, son los signos distintivos de este colapso provocado por el tráfico (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 256).

**c) Sumersión.** Una depresión localizada o hundimiento de la superficie del pavimento; grietas significativas que pueden observarse como resultado del asentamiento del pavimento; y la disparidad de altura entre el borde exterior del pavimento y el arcén son indicadores del asentamiento del pavimento (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 257).

## **3. Desintegración del pavimento duro.**

**a) Desconchados y fisuras finas.** Lijar la superficie de la losa a una profundidad de entre 5 y 15 mm para eliminar pequeños trozos de hormigón. En el hormigón, las grietas capilares aparecen como una red de fisuras microscópicas que se extienden por todo el material (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 259).

**b) Acabado superficial.** Superficie de la carretera demasiado lisa y pulida debido al procesamiento de los áridos. El pavimento y los neumáticos no tienen suficiente fricción, ya que la rugosidad de la superficie es inexistente o está muy deteriorada (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 261).

**c) Bache.** La rotura y posterior retirada de la losa de hormigón en una zona determinada crea un agujero con bordes irregulares. La profundidad es superior a 15 mm y el diámetro oscila entre 25 y 100 mm. (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 262).



#### **4. Limitaciones del pavimento rígido.**

**a) Atender problemas en el material de sello.** Esto describe cualquier situación en la que se puedan acumular residuos en las juntas o en la que el agua pueda penetrar de forma significativa. El levantamiento de juntas y el desprendimiento son ejemplos de fallos causados por la acumulación de material incompresible que bloquea la movilidad de la losa (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 263).

**b) Spalling.** Por lo general, los bordes de la losa no deben fracturarse ni desintegrarse a más de 0,60 metros de una junta o esquina. En lugar de discurrir perpendicularmente a la losa, la junta forma un ángulo (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 265). c) Parcheo. Para mantener el pavimento existente o realizar reparaciones en los servicios públicos, es habitual retirar una sección más grande del pavimento (más de 0,1 m<sup>2</sup>) y sustituirla por una mezcla de hormigón y asfalto. Este proceso se denomina «parche». Con el fin de facilitar la instalación o el mantenimiento de un servicio público subterráneo específico, se realizan modificaciones denominadas «parches». Cuando se parchean las carreteras, estas se vuelven menos transitables y pueden ser una señal de que se necesita más mantenimiento o de que hay que reforzar la estructura de la carretera. Como resultado de una ejecución incorrecta, los parches suelen causar más dificultades (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 268).

#### **2.2.12 Ciclo de vida de carreteras pavimentadas.**

Para facilitar la supervisión administrativa del proyecto, el ciclo de vida de las carreteras pavimentadas suele dividirse en etapas, que comienzan con su creación y terminan con su desmantelamiento, modificación o mejora. A continuación se detallan las diferentes partes de cada fase (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 84):

##### **1. Fase de planificación diseño.**

- Abarca el examen de los antecedentes de la carretera y la evaluación de los estudios actuales o su aplicación en ausencia de tales datos (Ruíz Suarez, C., 2019,



pp. 85).

- Entre estos estudios destacan los estudios de tráfico realizados con el fin de diseñar construcciones de pavimento para carreteras, y los estudios medioambientales, socioeconómicos, hidráulicos, geotécnicos y de suelos que satisfacen las demandas culturales típicas de la región (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 87).
- Estos estudios servirán de base para los diseños generales de la carretera, incluyendo sus configuraciones geométricas verticales y horizontales (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 88).
- El diseño de la mezcla del pavimento, los sistemas de subdrenaje y drenaje, la estructura del pavimento (subrasantes, subbases y bases) y los diseños complementarios de macroestructura y microestructura forman parte de los diseños complementarios. Cuando es pertinente, también se tienen en cuenta consideraciones especiales relativas a la evapotranspiración y el curado del hormigón (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 89).
- Diseños complementarios que incluyan la señalización horizontal y vertical baja y alta de la carretera, junto con otras preocupaciones relativas a los derechos de paso. El diseño debe incluir medidas para mitigar el impacto ambiental, como la protección de taludes, y para restaurar las riberas de los ríos utilizando materiales prestados o vertidos de residuos (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 91).
- El diseño debe abarcar las especificaciones de construcción y el enfoque sugerido para la ejecución de las obras (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 93).

## **2. Fase de producción o construcción.**

- Esta sección aborda la supervisión física del proyecto, que incluye supervisar y garantizar la calidad de la puesta en servicio, el mantenimiento, la protección, los



métodos de ejecución, el personal, el equipo y los suministros de la carretera (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 95).

- La supervisión financiera es una parte del proyecto que comprueba si la inversión fue buena y si se siguieron los programas durante toda la ejecución (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 98).

- La supervisión física y financiera es pertinente tanto para el ejecutor del proyecto como para la autoridad supervisora, representando una fase crítica en la gestión del proyecto. Este proceso garantiza el cumplimiento de las especificaciones de diseño, lo que aumenta significativamente la durabilidad prevista de las obras terminadas. (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 100).

### **3. Fase de operación y monitoreo.**

- La implementación se lleva a cabo en esta fase, que se superpone con la anterior. También supone el inicio del seguimiento del comportamiento de los conductores en la carretera, con el fin de planificar las reparaciones o rehabilitaciones que puedan ser necesarias en el futuro. Por motivos estadísticos y de control operativo, es necesario llevar un registro general de los gastos de funcionamiento y mantenimiento del proyecto a lo largo de este periodo (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 104).

### **4. Fase de declive.**

- Incluso si la carretera se encuentra ya en un estado irreparable, la administración de carreteras debe aprovechar al máximo el valor residual durante todo el período de reparación. La estabilización de las subrasantes, subbases o bases preexistentes es uno de los usos de este valor ecológico (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 108).



### **2.2.13 Vida útil de un pavimento.**

Useful life is defined as the period, generally measured in years, during which an asset operates or is available for its intended use. However, an asset may remain operational for many years and change owners; therefore, for economic decision-making, the useful life of an asset should be interpreted as the period during which it will be used by the owner making the relevant economic decision, including the case where an investor acquires a second-hand asset. The useful life of a road is defined as the period, in years, during which the road can be used without violating minimum design standards. When design standards are compromised, it is essential to intervene according to the degree of deterioration observed, measured and documented; such interventions may include road maintenance, which encompasses preventive maintenance, minor or major repairs and, ultimately, rehabilitation or reconstruction of the road segment at the point of failure. Theoretical analysis indicates that rigid pavements have a superior service life compared to flexible pavements; however, this is dependent on efficient road maintenance management to mitigate damage over the life cycle of the pavement. (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 205).

### **2.2.14 Índice de condición del pavimento (PCI).**

Se puede realizar una evaluación de la integridad estructural y el estado operativo del pavimento utilizando el PCI. Podemos obtener más información sobre la causa del daño y cómo se relaciona con factores como las cargas y las condiciones meteorológicas utilizando los datos recopilados durante el inventario. La escala de calificación ASTM D6433-16 se estandariza en función del grado de daño o deterioro encontrado en la carretera; una puntuación de cien (100) indica un pavimento en excelentes condiciones, mientras que una puntuación de cero (0) significa un pavimento fallido o colapsado. (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 74).

**Figura 1.**

*Escala de clasificación del PCI*

Rango	Escala estándar de clasificación PCI	
	Desempeño	
100-85	Good	(Bueno)
85-70	Satisfactory	(Satisfactorio)
70-55	Fair	(justo)
55-40	Poor	(Pobre)
40-25	Very poor	(Muy pobre)
25-10	Serious	(Daño severo)
10-0	Failed	(Fallado)

*Nota.* Índice de condición del pavimento. ASTM International. (2019).

Para determinar el PCI, la norma ASTM D6433-16 exige una evaluación física y una categorización del deterioro del pavimento que afecta al rendimiento. Se genera un parámetro que mide el grado de degradación y la calificación del rendimiento de la carretera mediante la tabulación de la categorización del daño, su densidad, frecuencia y gravedad, de acuerdo con la técnica descrita en la norma ASTM D6433. Además, proporciona a los responsables de la gestión de carreteras los datos que necesitan para decidir si reparar, reconstruir o mantener la carretera (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 77).

#### **2.2.14.1 Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI).**

- Una forma de medir la utilidad de un pavimento es mediante el Índice de Servicio del Pavimento (PSI, por sus siglas en inglés). Para generar este índice, se evalúan la rugosidad y la degradación de la superficie, incluyendo grietas, parches y profundidad de los surcos (en pavimentos flexibles), en un momento determinado de la vida útil del pavimento. A la hora de calcular el PSI de un pavimento, la rugosidad

es el aspecto más importante (Varela Faguas, L., 2022, pág. 209).

- La habitabilidad de una carretera se define como la percepción que tiene el usuario de su comodidad, seguridad y funcionalidad; una carretera se considera totalmente transitable cuando su valor numérico es cinco (5) y completamente inaccesible cuando su valor numérico es cero (0) (Varela Faguas, L., 2022, pp. 213).
- En la Guía de diseño de estructuras de pavimento de 1993 se recomiendan índices de capacidad de servicio terminal de 2,5 o 3,0 para carreteras grandes, mientras que para carreteras locales se sugiere un índice de 2,0 Varela Faguas, L. (2022, p. 213). (Varela Faguas, L., 2022, pp. 216).
- 

### Figura 2.

#### Evaluación de serviciabilidad de carreteras

Formas de evaluación individual	
AASHO Road Test	Canadian Good Roads Association
<p>¿Aceptable?</p> <p>Sí <input type="checkbox"/></p> <p>No <input type="checkbox"/></p> <p>Indeciso <input type="checkbox"/></p>	<p>Evaluador: _____</p> <p>Carretera N°: _____</p> <p>Sección N°: _____</p> <p>Fecha: _____</p>
<p>5 — Muy bueno</p> <p>4 — Bueno</p> <p>3 — Regular</p> <p>2 — Malo</p> <p>1 — Muy malo</p> <p>0</p> <p>Calificación</p>	<p>10 — Muy bueno</p> <p>9</p> <p>8 — Bueno</p> <p>7</p> <p>6 — Regular</p> <p>5</p> <p>4</p> <p>3 — Malo</p> <p>2</p> <p>1 — Muy malo</p> <p>0</p> <p>Calificación</p>
<p>Sección: _____ Evaluador: _____</p> <p>Fecha: _____ Hora: _____</p> <p>Vehículo: _____</p>	<p>¿El pavimento es de calidad aceptable?</p> <p>Sí <input type="radio"/></p> <p>No <input type="radio"/></p> <p>Indeciso <input type="radio"/></p> <p>Observaciones: _____</p>

*Nota.* Conceptos asociados a serviciabilidad de los pavimentos

**1. Conservación y prolongación de vida de los pavimentos.** Es esencial reconocer que la gestión de proyectos viales implica extender la vida útil y económica de los pavimentos existentes a través de intervenciones que mejoren tanto su desempeño estructural como funcional, asegurando su estabilidad por lo menos



durante el tiempo especificado en el período de diseño. En consecuencia, deben ejecutarse tareas específicas para evaluar la condición de desempeño de los pavimentos, identificando así el tipo y el alcance de la intervención requerida para la carretera, como se indica a continuación. (Varela Faguas, L., 2022, pp. 220).

- **Fase 1.** Obtención de datos del terreno antes de su examen y procesamiento, junto con datos relativos al historial de la carretera (Varela Faguas, L., 2022, pp. 225).
- **Fase 2.** El procesamiento de datos para la evaluación de la sección basada en criterios estructurales, funcionales y de sostenibilidad con el fin de determinar el nivel de degradación de la carretera (Varela Faguas, L., 2022, pp. 226).
- **Fase 3.** Desarrollo de la estrategia de intervención en la carretera, de acuerdo con la degradación actual (Varela Faguas, L., 2022, pp. 228).
- El gestor de la carretera, ya sea un organismo gubernamental, una empresa privada o un experto individual, debe establecer una lista de comprobación preliminar que abarque la información específica que debe evaluarse en la carretera para abordar los problemas. Con el fin de encontrar la mejor manera de reparar la carretera, este documento expone los fundamentos de lo que hay que hacer para calcular el PCI y los requisitos de sostenibilidad del pavimento. La consideración del Índice de Servicio del Pavimento (ISP) complementa la evaluación de la carretera al proporcionar una valoración subjetiva del comportamiento funcional, sirviendo únicamente como parámetro de referencia. (Varela Faguas, L., 2022, pp. 235).

**2. Antecedentes de la vía.** Localización geográfica: Identificado como el entorno topográfico del lugar de construcción de la carretera. Tipo de pavimento: flexible o rígido. Mediante un estudio del suelo y el uso de perforaciones para determinar el espesor de la capa de rodadura, se puede determinar la forma y el espesor de la estructura del pavimento. Clasificación del sistema de carreteras: principal,



secundario y terciario. Clasificación de la ruta: CA, RN, RD. Cronología: cuándo se construyó la ruta y cómo se modificó. Factores adicionales: velocidad de diseño, evaluaciones geológicas y geotécnicas, consideraciones medioambientales y estudios de vulnerabilidad, si procede. (Varela Faguas, L., 2022, pp. 238).

**3. Recolección de datos de campo.** Los factores que deben tenerse en cuenta incluyen la fecha de recopilación de datos, la información recopilada para evaluar el índice de estado del pavimento (PCI) de conformidad con la norma ASTM D6433-16, la información recopilada para calcular el índice de servicio actual (PSI) utilizando las hojas de evaluación proporcionadas para este estudio, la velocidad de funcionamiento, la velocidad permitida, las pendientes máximas y mínimas (utilizadas para clasificar los tipos de terreno), la anchura y la longitud de la carretera, y el derecho de paso designado. La infraestructura auxiliar (por ejemplo, zanjas, arcenes, señales (tanto verticales como horizontales) y la macrotextura del pavimento) está presente y en buen estado. Llano, ondulado o montañoso en alineación vertical; lineal o sinuoso en alineación horizontal. Las zonas vulnerables a deslizamientos de tierra, invasiones del derecho de paso, clima, frecuencia de accidentes y otros factores pueden ser designadas por el Director de Carreteras de acuerdo con los requisitos del proyecto (Varela Faguas, L., 2022, pp. 241).

#### **2.2.14.2 Evaluación estructural (PCI).**

Procesamiento de datos y obtención del PCI según Norma ASTM D6433- 16 (Varela Faguas, L., 2022, pp. 244).

#### **2.2.14.3 Evaluación funcional (PSI).**

Como se mencionó anteriormente, esto se logra calculando el índice de operatividad (PSI), que se basa completamente en las percepciones de los clientes sobre su experiencia de viaje por carretera y varía entre una puntuación de cinco



(excelente) y cero (muy malo) (Varela Faguas, L., 2022, pp. 249).

**1. Criterios de sostenibilidad.** Evaluación de la sostenibilidad y el grado de vulnerabilidad de la sección (Varela Faguas, L., 2022, pp. 250).

**2. Plan de intervención.** Este proceso implica combinar datos con el fin de gestionar y priorizar las tareas de mantenimiento, ya sean pequeñas, importantes o de reconstrucción, en función de los resultados obtenidos (Varela Faguas, L., 2022, pp. 252).

### **2.2.15 Desempeño funcional y estructural.**

- **Desempeño funcional.** Todo se reduce a cómo se siente el conductor respecto a su nivel de comodidad y seguridad en la carretera (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 95).

- **Efectos de deterioro por funcionalidad.** Algunos lo atribuyen al hecho de que la persona promedio tarda más tiempo en llegar de A a B (los puntos de inicio y finalización de un viaje), mientras que otros dicen que se debe a que es necesario transportar más artículos o más personas a la vez, lo que hace que los vehículos consuman más combustible y otros insumos. Las velocidades de conducción serán inferiores a la velocidad de diseño de la carretera debido a la percepción de falta de seguridad y comodidad, lo que es un reflejo del rendimiento funcional (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 98).

- **Desempeño estructural.** Durante su vida útil, una estructura de pavimento debe ser capaz de soportar el tráfico y otras tensiones operativas sin degradarse más allá de los límites recomendados (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 100).

- **Efectos de deterioro estructural.**

- Daños en la textura inherente del pavimento, lo que alarga el tiempo que tardan los coches en detenerse, ya que hay menos fricción.

- Incremento de la cantidad de baches, fuentes comunes de la generación de accidentes.
- Incremento de losas fracturadas, agrietamientos o daños en el pavimento.
- Pérdida de sello de juntas.
- La carretera se vuelve menos regular como resultado del asentamiento o hundimiento del suelo subyacente, lo que provoca que las losas se desalineen (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 102).

- ***Efectos de deterioro por eventos climáticos y sísmicos.***

Independientemente de si la estructura del pavimento y sus obras complementarias funcionan correctamente, estos fenómenos pueden provocar pérdidas en las infraestructuras debido a deslizamientos de tierra, corrimientos de lodo, inundaciones o eventos sísmicos, entre otros (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 105).

- ***Efectos de deterioro por deficiencias de ponderación de probabilidad e impacto.*** Esto denota esencialmente la falta o inadecuación en el desarrollo de los estudios y diseños del proyecto, que omiten considerar los impactos climáticos, las temperaturas regionales, las condiciones topográficas, las aguas subterráneas, las capas freáticas, la degradación o deforestación del sitio, el tipo y calidad del suelo, la presencia de zonas sísmicamente activas y las áreas propensas a inundaciones, entre otros factores (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 106).

Todos estos impactos se manifiestan, algunos de manera superficial y por simple observación, mientras que otros aparecen con el tiempo sin deterioro visible del pavimento hasta su eventual colapso. (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 109).

### **2.2.16 Interpretación de resultados del PCI.**

Para interpretar los resultados del índice de condición del pavimento (PCI), cabe aclarar que éste mide el desempeño estructural del pavimento de acuerdo a su



comportamiento superficial, no así su capacidad estructural o mecánica. Sin embargo, marca una clara diferenciación de su desempeño y operatividad a lo largo de su vida útil (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 116)

- ***Rangos generales para interpretación del PCI.***

- **(Rangos de PCI) 100-85, 85-70 y 70-55:** Por lo tanto, el rendimiento de la sección puede restaurarse adecuadamente, ya que el pavimento se encuentra en condiciones excelentes, aceptables o satisfactorias (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 117).

- **(Rangos de PCI) 55-40 y 40-25:** El pavimento se encuentra en un estado entre regular y malo; por lo tanto, el rendimiento del tramo podría mejorarse considerando el umbral con un PCI de 40, en el que se podría restablecer la transitabilidad del tramo (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 118).

- **(Rangos de PCI) 25-10 y 10-0:** El pavimento se encuentra en un estado aceptable, pero ha sufrido daños tan graves que resulta difícil, si no imposible, circular por él y mucho más complicado repararlo o minimizar los daños (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 120).

- ***Tipos de intervenciones generales para pavimentos rígidos.***

La Unidad Ejecutiva de Conservación Vial (COVIAL) y otras agencias gubernamentales especifican los tipos de intervenciones viales y el alcance de su implementación. Sin embargo, el mantenimiento de pavimentos rígidos no es algo en lo que el país tenga mucha experiencia (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 122).

- ***Tipos de intervención que define COVIAL.***

- ***Mantenimiento.*** Conjunto de actividades de mantenimiento de carreteras que se realizan de forma sistemática y rutinaria para mantener la carretera en buenas condiciones de funcionamiento y prolongar su vida útil tanto como sea posible,



respetando al mismo tiempo los criterios de diseño y construcción del proyecto (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 130).

- **Mejoramiento.** Realizar las tareas necesarias para mejorar el estado operativo y físico de una carretera existente con el fin de satisfacer el aumento de la demanda de capacidad o proporcionar un mejor servicio a los usuarios (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 132).

- **Tipos de intervención que define la DGC**

- **Rehabilitación.** Esto implica reparar y restaurar un pavimento de hormigón que ha sufrido diversos daños y está compuesto por cemento hidráulico. El fresado de la superficie con discos de diamante, la reparación de juntas, la reparación de grietas, el sellado del fondo, la estabilización de losas, la colocación de segmentos en las juntas, la pulverización de la superficie y las reparaciones de espesor total y parcial forman parte de la descripción de este trabajo (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 135)

- **Grado de intervención.** Las diversas acciones enumeradas en las normas técnicas de COVIAL 2018 sirven como ejemplos de cómo la Unidad Ejecutora de Mantenimiento Vial (COVIAL) ha clasificado y priorizado las tareas de mantenimiento. La división 300, que no incluye secciones relacionadas con cunetas y bordillos, la división 400, que trata sobre la construcción de sistemas de contención, la división 600, que trata sobre obras de señalización vertical y horizontal (sin incluir las secciones 603 que tratan sobre el mantenimiento de barreras metálicas de seguridad), y la división 1200, que trata sobre la limpieza de los derechos de paso, el drenaje longitudinal y transversal y la eliminación de pequeños deslizamientos de tierra, son ejemplos de actividades de intervención directa llevadas a cabo por COVIAL en el pavimento (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 138)

Obviamente, estos objetos y tareas no son los únicos que necesitan reparaciones,



restauraciones o intervenciones de mantenimiento, ya sean pequeñas o grandes (Sanhuesa Flores, C., 2021, pp. 140).

## **2.3 Marco conceptual.**

### **2.3.1 Geotecnia.**

La geotecnia es la disciplina de la ingeniería que examina la interacción entre las estructuras y el suelo. Por consiguiente, es un estudio que abarca no sólo la Ingeniería Civil, sino también otros campos, como la Arquitectura y la Ingeniería de Minas, intrínsecamente ligados a la tierra. (Baca Lopez, G., 2020, pp.46).

### **2.3.2 Procesos geotécnicos.**

Frase de la ingeniería geológica que hace referencia a los métodos empleados para alterar las propiedades de suelos y rocas incoherentes con el fin de conseguir las características necesarias para aplicaciones de ingeniería. (Baca Lopez, G., 2020, pp.54).

### **2.3.3 Interacción suelo estructura.**

La forma en que los cimientos de un edificio absorben y transmiten el movimiento del suelo determina la reacción sísmica del edificio. El sistema estructural del edificio, la rigidez y la disposición de los cimientos, las cualidades dinámicas del suelo subyacente y el diseño general del edificio influyen en la forma en que este responde a las sacudidas sísmicas (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 154).

### **2.3.4 Estudio geotécnico.**

Antes de realizar la investigación geotécnica, es fundamental conocer todos los hechos que pueden afectar a sus propiedades, tensiones e impactos. Podemos identificar el perfil del terreno, tuberías y servicios públicos subterráneos, posibles fallas, suelos expansivos y agresivos, vertederos, pozos, túneles y depósitos ocultos, entre muchas otras cosas. Esta lista no es en absoluto exhaustiva (Baca Lopez, G.,



2020, pp. 108).

### **2.3.5 Pavimento Rígido.**

Las losas hidráulicas de hormigón, a veces reforzadas con acero, conforman el pavimento rígido, otro nombre con el que se le conoce. La subbase, o base, se sitúa sobre la subrasante, y esta losa se coloca encima de ella. Las capas subyacentes quedan protegidas de la deformación gracias a este diseño de pavimento. La vida útil de los pavimentos rígidos es de entre 20 y 40 años, sin embargo, su coste inicial es mayor que el de los pavimentos flexibles (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 216).

### **2.3.6 Subrasante.**

El suelo a una profundidad compatible con la carga de diseño del tráfico previsto es lo que mantiene la estructura del pavimento en su sitio. El diseño final especifica las secciones transversales y las pendientes que debe tener esta capa compactada, que puede generarse mediante corte o relleno (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 219).

### **2.3.7 Subbase.**

Además de soportar y transmitir las cargas a la superficie de rodadura del pavimento, esta capa de la estructura del pavimento también distribuye dichas cargas de manera uniforme. En consecuencia, la capa de subbase puede estabilizar la base al absorber las fluctuaciones del terreno (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 220).

### **2.3.8 Superficie de rodadura.**

Dado que en una construcción de pavimento realizada con hormigón hidráulico no hay capa de cimentación, la capacidad de carga viene determinada por la propia losa y no por la capacidad del subsuelo. Esto se debe a que la losa es rígida y tiene un alto módulo de elasticidad. En consecuencia, el hormigón hidráulico mejora la



distribución de la carga de la estructura del pavimento (Salgado Cruz, M., 2018, pp. 222).

### **2.3.9 Gestión de proyectos viales.**

Para evitar que una carretera se deteriore demasiado rápido, se requieren medidas administrativas que la devuelvan a unos niveles de calidad y estado al menos iguales a los establecidos durante su diseño. Dependiendo de la estrategia de intervención elegida, esto puede lograrse mediante un mantenimiento o una rehabilitación oportunos. La gestión de proyectos viarios emplea procedimientos administrativos para supervisar los proyectos, desde las fases de planificación, diseño, construcción, puesta en servicio y supervisión del ciclo de vida de una carretera hasta su finalización, garantizando que los vehículos puedan circular libremente por ella (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 55).

### **2.3.10 Ciclo de vida de carreteras pavimentadas.**

Los proyectos de carreteras pavimentadas suelen dividirse en fases para facilitar la gestión administrativa a lo largo de todo su ciclo de vida, que comienza con la concepción del proyecto y continúa con su construcción, puesta en servicio, modificaciones y eventual retirada (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 84).

### **2.3.11 Vida útil de un pavimento.**

La vida útil de un activo es el tiempo durante el cual puede utilizarse para la función prevista a lo largo de su fase de diseño. Los años son una unidad de medida habitual para este periodo de tiempo. La vida útil de un activo es el número de años que estará en servicio para el propietario que toma la decisión, lo cual es una información importante a tener en cuenta a la hora de tomar decisiones con repercusiones económicas. Un inversionista puede optar por comprar un activo de segunda mano que ha pasado por muchas manos y ha estado en funcionamiento



durante bastante tiempo; todo esto forma parte de la definición (Ruíz Suarez, C., 2019, pp. 205).

### **2.3.12 Índice de condición del pavimento (PCI).**

La obtención de un indicador de la integridad estructural y el estado operativo del pavimento condujo al desarrollo del PCI. Los datos sobre los daños recopilados a lo largo del proceso de inventario pueden proporcionar información sobre el origen de los daños y su relación con las cargas o las condiciones meteorológicas. Basándose en la acumulación de daños, la escala de calificación se define de acuerdo con la norma ASTM D6433-16 (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 74).

### **2.3.13 Índice de serviciabilidad del pavimento (PSI).**

El índice de servicio del pavimento (PSI) mide la capacidad de un pavimento para soportar el tráfico y otras condiciones de servicio. La rugosidad y los daños del pavimento, incluyendo grietas, parches y profundidad de los surcos (en el caso de pavimentos flexibles), se miden en un momento determinado a lo largo de su vida útil para determinar el PSI (Varela Faguas, L., 2022, pp. 209).

### **2.3.14 Evaluación funcional (PSI).**

Utilizando el mismo método que antes, podemos calcular el índice de funcionalidad (PSI), que va desde una puntuación perfecta de cinco (que indica una funcionalidad excelente) hasta una puntuación de cero (que indica una funcionalidad muy mala), dependiendo totalmente de cómo evalúen los consumidores su experiencia durante el viaje (Varela Faguas, L., 2022, pp. 249).

### **2.3.15 Desempeño estructural.**

Es la capacidad de una estructura de pavimento para soportar cargas y ser utilizada repetidamente sin sufrir un deterioro operativo que supere los límites aceptables (Sanhueza Flores, C., 2021, pp. 100).



## CAPÍTULO III

### MÉTODO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Métodos aplicados en la investigación.

##### 3.1.1 *Método general.*

El proyecto emplea una serie de enfoques sistemáticos para abordar el problema de la degradación prematura del pavimento rígido de la Avenida Costanera-Puno. Esto implica evaluar las características y cualidades geotécnicas de los materiales del pavimento y, a continuación, realizar un estudio para determinar las causas de la degradación prematura mediante una evaluación de la resistencia del hormigón y los fallos superficiales registrados en el pavimento en cuestión.

##### 3.1.2 *Método específico.*

El estudio se desarrolló, tomando en consideración variables evaluativas y variables de control. Las evaluativas están basadas en las características y propiedades geotécnicas de la estructura de la subrasante, base y superficie de rodadura del pavimento y las de control se basan en la identificación de la resistencia del concreto del pavimento y la evaluación de las fallas superficiales. Con tales resultados efectuar el análisis para determinar las causas del prematuro deterioro con corta durabilidad; lo que se especifica en las características siguientes:

**a. Investigación tecnológica.** El estudio desarrollado, es de TIPO TECNOLÓGICO, porque los objetivos establecidos están orientados a identificar las



características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno y establecer las causas del prematuro deterioro.

**b. Investigación cuantitativa.** El estudio desarrollado es CUANTITATIVA, porque las características y propiedades de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno; está basado en resultados de ensayos de laboratorio; aplicación de normas y reglamentos correspondientes; que corresponde a un problema objetivo, que es el deterioro prematuro del pavimento rígido estudiado.

**c. Investigación no experimental.** El trabajo desarrollado es NO EXPERIMENTAL; puesto que se identifica las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno. La identificación es directa y no se tiene manipulación de variables.

### 3.2 Tipo de investigación

Este trabajo se ajusta a las normas y directrices de la Escuela de Posgrado de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y se clasifica como de TIPO TECNOLÓGICO, ya que aborda la evaluación geotécnica de la estructura rígida del pavimento de la Avenida Costanera – Puno, identificando los factores que contribuyen a su limitada durabilidad.

### 3.3 Nivel de investigación.

Los objetivos planteados, es identificar las características y propiedades geotécnicas de un pavimento rígido, de lo que se toma en cuenta los suelos de la subrasante, suelos de la base, características del tránsito vehicular, características de la resistencia del concreto y las fallas superficiales del pavimento es que se considera el estudio de NIVEL DESCRIPTIVO, debido a que los objetivos referidos estarán sustentados a resultados de ensayos de laboratorio y aplicación de diversas metodologías.



### 3.4 Diseño de investigación.

La evaluación de las características y propiedades geotécnicas del pavimento está basada en las normas y dispositivos pertinentes, en dónde los objetivos se sustentan en:

- Identificación de las características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento.
- Identificación de las características y propiedades de los suelos de la base del pavimento.
- Identificación de las características del tránsito vehicular en la vía.
- Identificación de la resistencia en compresión del concreto del pavimento.
- Identificación de las características de fallas superficiales en las losas del concreto.

Los resultados obtenidos permiten el análisis correspondiente a fin de establecer las causas del prematuro deterioro del pavimento.

### 3.5 Población y muestra.

#### 3.5.1 Población.

Considera la totalidad de pavimentos rígidos que se han construido en la ciudad de Puno.

#### 3.5.2 Muestra.

Para el estudio se considera como muestra el pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno específicamente del tramo entre la Avenida Floral y la Avenida Titicaca que tiene una longitud total de 717.80 m de un ancho promedio 17.00 m, construido en el año 2012; pavimento rígido; el estudio geotécnico se efectuará en los componentes siguientes:

- Estructura de subrasante.



- Estructura de base.
- Superficie de rodadura de concreto.

A los anteriores se adicionará el estudio del tránsito vehicular.

### **3.6 Técnicas e instrumentos de recolección de información.**

#### **3.6.1 Técnicas de investigación.**

El estudio geotécnico del pavimento se efectuará con la finalidad de compatibilizar las características geotécnicas de los componentes del pavimento con la incidencia del tránsito vehicular existente para establecer las causas del prematuro deterioro; para lo que se consideró:

- Identificación de las características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento.
- Identificación de las características y propiedades de los suelos de la base del pavimento.
- Identificación de las características del tránsito vehicular en la vía.
- Identificación de la resistencia en compresión del concreto del pavimento.
- Identificación de las características de fallas superficiales en las losas del concreto.

#### **3.6.2 Instrumentos de investigación.**

El estudio de la mecánica del pavimento, el análisis estructural de los componentes, la tecnología de la construcción y la gestión del mantenimiento se considera actualmente un subcampo diferenciado de la ingeniería de pavimentos. La búsqueda constante de la solución óptima al coste más económico supone un reto para los ingenieros de pavimentos, que deben abarcar varios ámbitos de conocimiento.

El número de materiales de cantera disponibles ha disminuido, se ha producido un



aumento significativo del tráfico en los últimos años, existe una presión cada vez mayor para obtener diseños que sean a la vez económicos y eficaces, y hay una mayor variedad de materiales producidos industrialmente, como estabilizadores y modificadores, con los que deben lidiar los ingenieros de pavimentos. Sin embargo, se ha producido una mejora en la precisión de las simulaciones de laboratorio de escenarios del mundo real debido al avance de las metodologías de ensayo. Además, las herramientas de simulación más sofisticadas han permitido la integración de un mayor número de variables.

Hay que tener en cuenta otra cosa: hasta hace muy poco, la mayor parte del trabajo de diseño era encargado por organismos gubernamentales. Esto incluye ministerios, gobiernos locales y gobiernos regionales. Los descuentos en las carreteras y los contratos de reparación y mantenimiento han provocado un aumento de la demanda de diseño de pavimentos por parte de las empresas. A la hora de evaluar estos diseños, hay que tener en cuenta el cumplimiento de los contratos de concesión, además de si cumplen o no los objetivos del enfoque de diseño.

### **3.6.3 Fuentes.**

Antes de poner en servicio el pavimento, ya sea nuevo o recién reparado, reforzado o mantenido, es fundamental realizar un examen de su estado, lo que incluye evaluar el trabajo previsto.

#### **a) Evaluación inicial.**

- Características geológicas de la región, posibles zonas inestables y peligros asociados para la carretera, drenaje general, cobertura vegetal y terreno general.
- Datos históricos sobre el pavimento: el diseño del pavimento incluye el tipo de pavimento, la cantidad y el espesor de las capas, las especificaciones de los materiales, incluida la subbase, las dimensiones de las capas y el sistema de drenaje

previsto.

- Información de construcción.
- Un registro detallado de todos los trabajos realizados en el pavimento, desde la construcción original hasta su rehabilitación y reconstrucción, incluyendo el mantenimiento, la rehabilitación y la reconstrucción. La documentación debe incluir lo siguiente: las fechas de ejecución, el tipo de trabajo realizado, su alcance y tamaño, los materiales utilizados, cualquier detalle o problema encontrado y una evaluación de la calidad y el rendimiento general del trabajo.
- Instalaciones subterráneas, indicando su posición, tipo y profundidad.

### **b) Evaluación de seguimiento.**

A partir de los resultados de la evaluación inicial del pavimento, se llevarán a cabo una serie de evaluaciones periódicas. Para diseñar un plan sensato de reparación del pavimento, es necesario realizar un seguimiento de su evolución a lo largo del tiempo. Para llevar a cabo este tipo de evaluación, necesitamos una forma de recopilar datos que nos permitan observar signos específicos que muestren cómo se comporta el pavimento con el paso del tiempo. Algunos ejemplos de estos indicios son las características de la superficie del pavimento, su nivel de deterioro, su textura y su resistencia a la fricción.

### **c) Evaluación puntual.**

Para recuperar o reforzar el pavimento, es necesario definir primero el problema con precisión, comprender lo mejor posible el estado del pavimento para determinar las causas de su deterioro y, por último, elaborar un plan de acción concreto. Las partes que presenten un comportamiento anómalo durante las inspecciones periódicas o sistemáticas, o aquellas que se prevea que vayan a sufrir cambios en las características del tráfico que requieran una reparación, refuerzo o



ampliación formales, se someterán a esta evaluación.

### **3.7 Validez y confiabilidad del instrumento de investigación.**

#### **3.7.1 Validación de los instrumentos.**

Debido a su establecimiento dentro del marco jurídico pertinente, los instrumentos desplegados son inmediatamente aplicables.

#### **3.7.2 Confiabilidad de los instrumentos.**

La identificación de las características geotécnicas propuestas en el trabajo, cumplen con lo establecido por las normas y especificaciones de diseño y construcción establecidas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, AASHTO, ASTM, ACI y otros de contenidos vigentes.



## CAPÍTULO IV

### ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Identificación de las características y propiedades geotécnicas del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.

Se considera los componentes siguientes:

- Características y propiedades de suelos de la subrasante del pavimento.
- Características y propiedades de suelos de la base del pavimento.
- Propiedades resistentes del concreto del pavimento que corresponde a cada ensayo de laboratorio.

##### 4.1.1 Identificación de las características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.

Se desarrolla las siguientes:

- Humedad natural.
- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- Compactación.
- Relación de Soporte California.

Los resultados obtenidos son:

#### 1. Humedad del suelo de la subrasante del pavimento.

**Especificaciones:**

- ASTM D – 2216.



- NTP 339.127.
- Profundidad 1.50 mt
- Tres (3) muestras de estudio.

Resultados:

**Tabla 2.**

*Humedad del suelo de la subrasante del pavimento.*

Muestra N°	Humedad %
1	13.08
2	13.08
3	13.03
<b>Promedio</b>	<b>13.06</b>

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 2. Granulometría del suelo de la subrasante del pavimento.

**Especificaciones:**

- ASTM D 422
- AASHTO T 88
- NTP 339.128
- Profundidad 1.50 mt
- Número de muestras 1, peso 1245.55 gr

Resultados:

**Tabla 3.**

*Granulometría del suelo de la subrasante del pavimento.*

Muestra N°	Grava %	Arena %	Fino %
1	1.14	56.88	21.59

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno



(PRORRIDRE) – Agosto 2024.

### 3. Límites de consistencia del suelo de la subrasante del pavimento.

#### Especificaciones:

- ASTM D 4318
- NTP 339.129
- Profundidad 1.50 mt
- Número de muestras 3

Resultados:

#### Tabla 4.

*Límites de consistencia del suelo de la subrasante del pavimento.*

Muestra N°	LL	Lp	Ip
1	27.07	16.03	11.04
2	28.22	16.13	12.09
3	29.54	16.04	12.12
Promedio	28.15	16.07	12.08

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno  
(PRORRIDRE) – Agosto 2024.

### 4. Compactación con Proctor modificado del suelo de la subrasante del pavimento.

#### Especificaciones:

- ASTM D – 156
- Profundidad 1.50 mt
- Número de muestras 4

Resultados:

**Tabla 5.**

*Densidad por compactación del suelo de la subrasante del pavimento.*

Muestra N°	Densidad Seca gr/cm <sup>3</sup>	COA %
1	1.100	16.00

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 5. Clasificación del suelo de la subrasante del pavimento.

### Especificaciones:

- NTP 339.134
- Aashto d 422
- Astm d 422
- Profundidad 1.50 mt

Resultados:

**Tabla 6.**

*Clasificación del suelo de la subrasante del pavimento.*

Muestra N°	AASHTO	SUCS	IG
1	A – 6 (7)	CL	7.00

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 6. Relación de Soporte de California del suelo de la subrasante del pavimento.

### Especificaciones:

- AASHTO T – 193
- ASTM D 1883
- Método T – 180 “D”
- Profundidad 1.50 mt



Resultados:

**Tabla 7.**

*Relación de Soporte de California del suelo de la subrasante del pavimento.*

Muestra N°	CBR 100% MDS	CBR 95% MDS	COA
1	8.60	3.0	16.00

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 7. Resumen de las características y propiedades del suelo de la subrasante.

**Tabla 8.**

*Resumen de las características y propiedades del suelo de la subrasante del pavimento.*

N°	Características y propiedades	Valoración
1	Humedad natural.	13.06 %
2	Límites de consistencia	
	- LL	28.15 %
	- LP	16.07 %
	- IP	12.08 %
5	Granulometría	
	- Grava	1.14 %
	- Arena	33.86 %
	- Fino	65.00 %
6	Clasificación	
	- AASHTO	A – 6 (7)
	- SUCS	CL
7	Compactación	
	- DMS	1.100 gr/cm3
	- COA	16.00 %
8	Relación Soporte California	
	100% DMS	8.60 %
	95% DMS	3.00 %

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 4.1.2 Identificación de las características y propiedades de los suelos de la base del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.

Se desarrolla las siguientes:

- Humedad natural.
- Granulometría.
- Límites de consistencia.
- Compactación.
- Relación de Soporte California.

Los resultados obtenidos son:

### 1. Humedad del suelo de la base del pavimento.

#### Especificaciones:

- ASTM D – 2216.
- NTP 339.127.
- Profundidad 1.50 mt
- Tres (3) muestras de estudio.

Resultados:

#### Tabla 9.

*Humedad del suelo de la base del pavimento.*

Muestra N°	Humedad %
1	8.66
2	8.98
3	8.75
Promedio	8.80

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.



## 2. Granulometría del suelo de la base del pavimento.

### Especificaciones:

- ASTM D 422
- AASHTO T 88
- NTP 339.128
- Profundidad 1.50 mt
- Número de muestras 1, peso 1245.55 gr

Resultados:

### Tabla 10.

*Granulometría del suelo de la base del pavimento.*

Muestra N°	Grava %	Arena %	Fino %
1	30.59	31.92	37.49

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 3. Límites de consistencia del suelo de la base del pavimento.

### Especificaciones:

- ASTM D 4318
- NTP 339.129
- Profundidad 1.50 mt
- Número de muestras 3

Resultados:

**Tabla 11.**

*Límites de consistencia del suelo de la base del pavimento.*

Muestra N°	LL	Lp	Ip
1	13.68	7.02	6.66
2	15.11	7.09	8.02
3	17.18	7.00	10.18
Promedio	15.04	7.04	8.00

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

#### **4. Compactación con Proctor modificado del suelo de la base del pavimento.**

##### **Especificaciones:**

- ASTM D – 156
- Profundidad 1.50 mt
- Número de muestras 4

Resultados:

**Tabla 12.**

*Densidad por compactación del suelo de la base del pavimento.*

Muestra N°	Densidad Seca gr/cm <sup>3</sup>	COA %
1	1.35	10.50

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

#### **5. Clasificación del suelo de la base del pavimento.**

##### **Especificaciones:**

- NTP 339.134
- Aashto d 422
- Astm d 422



- Profundidad 1.50 mt

Resultados:

### Tabla 13.

*Clasificación del suelo de la base del pavimento.*

Muestra N°	AASHTO	SUCS	IG
1	A – 4	SC	0.00

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 6. Relación de Soporte de California del suelo de la base del pavimento.

### Especificaciones:

- AASHTO T – 193
- ASTM D 1883
- Método T – 180 “D”
- Profundidad 1.50 mt

Resultados:

### Tabla 14.

*Relación de Soporte de California del suelo de la base del pavimento.*

Muestra N°	CBR 100%	CBR 95%	COA
	MDS	MDS	
1	27.00	20.40	10.50

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

## 7. Resumen de las características y propiedades del suelo de la base.

**Tabla 15.**

*Resumen de las características y propiedades del suelo de la base del pavimento.*

N°	Características y propiedades	Valoración
1	Humedad natural.	8.80 %
2	Límites de consistencia	
	- LL	15.04 %
	- LP	7.04 %
	- IP	8.00 %
5	Granulometría	
	- Grava	30.59 %
	- Arena	31.92 %
	- Fino	37.49 %
6	Clasificación	
	- AASHTO	A – 4
	- SUCS	SC
7	Compactación	
	- DMS	1.35 gr/cm <sup>3</sup>
	- COA	10.50 %
8	Relación Soporte California	
	100% DMS	27.00 %
	95% DMS	20.40 %

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

#### **4.1.3 Identificación de la propiedad resistente del concreto del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.**

Para la identificación de la propiedad resistente del concreto del pavimento rígido en estudio se efectuó en cinco (5) puntos, para lo que se empleó el esclerómetro conformado por el Equipo Martillo Schimidt.

Resultado:

Tabla 16.

Resumen de propiedades resistentes del concreto del pavimento rígido.

N°	Posición	N° Golpes	Resistencia	
		Prom.	Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
1	Vertical	24.83	174.00	17.06
2	Vertical	24.25	173.00	16.97
3	Vertical	24.17	173.00	16.97
4	Vertical	24.00	173.00	16.97
5	Vertical	24.67	174.00	17.00
	Promedio		173.40	17.01

Nota. Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

#### **4.1.4 Evaluación de fallas superficiales en el pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.**

a) **Descripción del pavimento rígido.** La Avenida Costanera – Puno se ubica a orillas del Lago Titicaca en una orientación de norte a sur, el tramo en estudio corresponde a la longitud entre la Avenida Bella Vista – Avenida Titicaca, haciendo una longitud de 717.80 m de longitud, con un ancho promedio de 17.00 m, donde el pavimento rígido está cubierto por una losa de concreto de 0.20 m.

b) **Características urbanas y de drenaje.** La Avenida Costanera – Puno se ha construido dentro de lo que significa el lecho antiguo del Lago Titicaca, situación que ha permitido comprobar que los suelos de la subrasante están conformadas por suelos finos de arena y arcilla; por la topografía de la ciudad las aguas de las precipitaciones se drenan al lago por lo que la presencia del nivel freático y de la humedad es permanente y considerable en la subrasante.



**c) Unidades de muestra para su inspección.** El pavimento rígido está constituido por losas de concreto en tres filas longitudinales, las dimensiones de las losas son 5.00 m x 4.50 m; en una longitud de 717.80 m que une las vías de la Avenida Bella Vista y Avenida Titicaca.

**d) Selección de unidades de muestreo para inspección.** Se ha determinado en tramos conformados por 27 losas en tres carriles, lo que se detalla a continuación.

- Longitud total de la vía : 717.80 m.
- Dimensiones de losas : 5.00 m. x 4.50 m.
- Longitud de tramos de estudio : 40.50 m.
- N° de losas por tramo : 27.
- Tramos a evaluar : 18.

**e) Inspección de las unidades de muestra.**

- Tramos a evaluar : 18.
- N° de losas por tramo : 27.
- N° total de losas de la vía : 486.

**f) Evaluación.** La evaluación se ha efectuado aplicando la Metodología PCI para pavimentos rígidos, en los 18 tramos, a continuación, se muestra los resultados.

## Resumen

### Evaluación de fallas superficiales del pavimento rígido de la Avenida

#### Costanera – Puno

**Evaluado por : Felix Yucra Mamani**

**Fecha : Agosto, 2024**



**Tabla 17.**

*Resumen de la evaluación con la metodología PCI para pavimentos rígidos de la Avenida Costanera – Puno.*

Tramo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Área Tramos (m <sup>2</sup> )	N° losas	PCI	Estado
1	0 + 000	0 + 0405	67.5	27	22	Muy Malo
2	0 + 0405	0 + 081	67.5	27	19	Muy Malo
3	0 + 081	0 + 1215	67.5	27	21	Muy Malo
4	0 + 1215	0 + 1620	67.5	27	29	Malo
5	0 + 1620	0 + 2025	67.5	27	28	Malo
6	0 + 2025	0 + 2430	67.5	27	28	Malo
7	0 + 2430	0 + 2835	67.5	27	18	Muy Malo
8	0 + 2835	0 + 3240	67.5	27	25	Muy Malo
9	0 + 3240	0 + 365	67.5	27	32	Malo
10	0 + 365	0 + 4055	67.5	27	18	Muy Malo
11	0 + 4055	0 + 4460	67.5	27	35	Malo
12	0 + 4460	0 + 4865	67.5	27	19	Muy Malo
13	0 + 4865	0 + 5270	67.5	27	20	Muy Malo
14	0 + 5270	0 + 5675	67.5	27	28	Malo
15	0 + 5675	0 + 6080	67.5	27	36	Malo
16	0 + 6080	0 + 6485	67.5	27	21	Muy Malo
17	0 + 6485	0 + 6890	67.5	27	34	Malo
18	0 + 6890	0 + 7178	67.5	25	45	Regular
PCI Promedio					27	MALO

*Nota.* PCI Promedio final de la Avenida Costanera – Puno, Agosto, 2024.

Los tramos procesados de la Avenida Costanera – Puno, se encuentran en la parte de anexos.



**g) Evaluación de fallas superficiales de la vía con la metodología PCI.**

**Tabla 18.**

*Rangos de clasificación del PCI*

<b>Rango</b>	<b>Clasificación</b>
100 – 85	Excelente
85 – 70	Muy Bueno
70 – 55	Bueno
55 – 40	Regular
40 – 25	Malo
25 – 10	Muy Malo
10 – 0	Fallado

*Nota.* Cuadro de valoración del para establecer es estado de deterioro de la Avenida Costanera – Puno.

**Resultados:**

**PCI promedio : 27.00**

**Calificación según tabla 18 : Estado de la vía MALO.**

**4.1.5 Discusión de resultados de las características y propiedades geotécnicas del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.**

Los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno que se ha propuesto identificar las características y propiedades geotécnicas son los que corresponde a:

- Estructura de la subrasante
- Estructura de la base
- Estructura de la losa de concreto

A lo referido se ha adicionado las características del tránsito vehicular actual; de los resultados alcanzado se efectuará la discusión correspondiente.



## 4.1.5.1 Discusión de los resultados de las características y propiedades geotécnicas de la subrasante.

La Avenida Costanera – Puno ha sido construido dentro de lecho antiguo del Lago Titicaca; lo que por su comportamiento ofrece una composición de suelos finos, que son arenas finas y arcillas, materiales no recomendables en la conformación de subrasantes de pavimentos; en estos casos por lo general se recomienda efectuar enrocado o la sustitución por materiales granulares, otro aspecto que se hay verificado en el estudio de la estructura de subrasante es la presencia del agua subterránea más aun por la proximidad del lago Titicaca. Por el contrario, cabe señalar que los requisitos para la elección de los materiales de construcción se establecen en los estatutos y normas peruanos, en el manual de carreteras que incluye las especificaciones técnicas generales para la construcción EG-2000, las normas técnicas peruanas y las normas internacionales como AASHTO, ACI y ASTM, entre otras. Los valores sugeridos por el MTC y la AASHTO se comparan con los que se encuentran en el estudio en la tabla siguiente.

**Tabla 19.**

*Resumen de las características y propiedades del suelo de la subrasante del pavimento.*

N°	Características y propiedades	Valoración Subrasante	MTC	AASHTO
1	Humedad natural.	13.06 %		10% - 20%
2	Límites de consistencia			
	- LL	28.15 %	25% máx	45% máx.
	- LP	16.07 %	10% máx.	10% máx.
	- IP	12.08 %	10% máx.	10% máx.
5	Granulometría			
	- Grava	1.14 %	40%	40%
	- Arena	33.86 %	40%	40%
	- Fino	65.00 %	20%	20%
6	Clasificación			
	- AASHTO	A – 6 (7)	A – 3	A – 3
	- SUCS	CL	SG	SG
7	Compactación			
	- DMS	1.100 gr/cm <sup>3</sup>	1.300 gr/cm <sup>3</sup>	1.300–1.500 gr/cm <sup>3</sup>
	- COA	16.00 %	10%	10% - 20%
8	Relación Soporte California			
	100% DMS	8.60 %	> 30%	30% - 50%
	95% DMS	3.00 %	> 25%	25% - 40%

*Nota.* Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

**Análisis de los suelos de la estructura de la subrasante:**

- Definitivamente los valores obtenidos de los suelos de la subrasante del pavimento estudiado son menores significativamente.
- Los valores más importantes diferenciado son: La clasificación de suelos



determinada del pavimento estudiado es A – 6(9), el MTC recomienda A – 3 y AASHTO A – 3; la densidad seca máxima al 100% es 1.10 gr/cm<sup>3</sup>, el MTC recomienda 1.300 gr/cm<sup>3</sup>; y la AASHTO recomienda valores entre 1.300 gr/cm<sup>3</sup> – 1.500 gr/cm<sup>3</sup>; el contenido óptimo de humedad es 16.00%, el MTC recomienda 10%; y la AASHTO recomienda valores entre 10% - 20%; finalmente el CBR al 100% es 8.60%, el MTC recomienda un valor mayor a 30% y la AASHTO valores entre 25% - 40%.

- El análisis efectuado, permite manifestar que los suelos de la estructura de la subrasante, son de baja calidad, no recomendable, debe protegerse su calidad puesto que la subrasante es parte del pavimento que tiene la función de transmitir al suelo natural los esfuerzos producidos por la carga del pavimento y la ocasionada por la circulación de vehículos, donde la carga pesada tiene mucha significancia por lo que la estructura de subrasante debe ser adecuadamente diseñada.

#### **4.1.5.2 Discusión de los resultados de las características y propiedades de la base.**

Tomando en cuenta que la base es componente de un pavimento, sus materiales, procesos constructivos deben cumplir también las especificaciones nacionales y extranjeras establecidas. Las especificaciones de construcción que deben asumirse en la construcción de una base de pavimento se encuentran en el Manual de Carreteras, que también contiene normas nacionales, como las Normas Técnicas Peruanas, y normas internacionales, como AASHTO, ACI y ASTM. A continuación se muestra una tabla que compara los valores que se encontraron en el pavimento estudiado con los valores que propusieron el MTC y la AASHTO.

Tabla 20.

Resumen de las características y propiedades del suelo de la base del pavimento.

N°	Características y propiedades	Valoración	MTC	AASHTO
1	Humedad natural.	8.80 %	- . -	9% - 18%
2	Límites de consistencia			
	- LL	15.04 %	25% máx..	40% máx..
	- LP	7.04 %	4% máx..	4% máx..
	- IP	8.00 %	4% máx..	4% máx..
5	Granulometría			
	- Grava	30.59 %	50%	50%
	- Arena	31.92 %	30%	30%
	- Fino	37.49 %	20%	20%
6	Clasificación			
	- AASHTO	A – 4	A – 1, A – 2	- . -
	- SUCS	SC	SG, WG	SG, WG
7	Compactación			
	- DMS	1.35 gr/cm <sup>3</sup>	- . -	1.70 – 2.10 gr/cm <sup>3</sup>
	- COA	10.50 %	- . -	9% - 18%
8	Relación Soporte California			
	100% DMS	27.00 %	> 50%	60% - 80%
	95% DMS	20.40 %	> 45%	55% - 75%

Nota. Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

#### Análisis de los suelos de la estructura de la base:

- Definitivamente los valores obtenidos de los suelos de la base del pavimento estudiado son menores significativamente.
- Los valores más importantes diferenciado son: La clasificación de suelos determinada del pavimento estudiado es A – 4, el MTC recomienda A – 1, A – 2; la



densidad seca máxima al 100% es 1.35 gr/cm<sup>3</sup>, la AASHTO recomienda valores entre 1.70 gr/cm<sup>3</sup> – 2.10 gr/cm<sup>3</sup>; el contenido óptimo de humedad es 10.50%, la AASHTO recomienda valores entre 9% - 18%; finalmente el CBR al 100% es 27%, el MTC recomienda un valor mayor a 50% y la AASHTO valores entre 55% - 75%.

- El análisis efectuado, permite manifestar que los superficies de la estructura de la base, son de caída disposición, no recomendable, debe protegerse su calidad puesto que la base es parte del pavimento que tiene la función de transmitir a la subrasante el peso de la estructura del pavimento y la ocasionada por la circulación de vehículos, donde la carga pesada tiene mucha significancia por lo que la estructura de base debe ser adecuadamente diseñada.

#### **4.1.5.3 Discusión de los resultados de la resistencia a la compresión del concreto del pavimento.**

La superficie de rodadura de un pavimento rígido son las losas de concreto, que es la superficie de rodadura; por lo tanto la resistencia del concreto, las juntas y demás detalles requiere también el correspondiente control de calidad, del mismo modo sus especificaciones están sugeridas claramente por el MTC, NTP y ACI, AASHTO, en el caso del presente estudio la resistencia del concreto ha sido determinada empleando el equipo conformado por el Martillo Schimidt, en cinco (5) puntos los resultados se muestran a continuación y se comparan con la calculada en el ítem 4.1.3 y la recomendada por el ACI 363.

**Tabla 21.**

Resumen de propiedades resistentes del concreto del pavimento rígido.

N°	Posición	N° Golpes Prom.	Resistencia	
			Kg/cm <sup>2</sup>	Mpa
1	Vertical	24.83	174.00	17.06
2	Vertical	24.25	173.00	16.97
3	Vertical	24.17	173.00	16.97
4	Vertical	24.00	173.00	16.97
5	Vertical	24.67	174.00	17.00
	Promedio		173.40	17.01

Nota. Resultados de ensayos propios del proyecto – Lab. Gobierno Regional Puno (PRORRIDRE) – Agosto 2024.

**Tabla 22.**

Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico por el ACI 363.

Rangos de tráfico pesado en EE	Resistencia mínima a la flexotracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (F'C)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
≤ 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE		

Nota. ACI 363

El módulo de rotura (Mr) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la siguiente regresión:

$$Mr = a\sqrt{f'c} \text{ (valores en kg/cm}^2\text{), según el ACI 363}$$

Donde los valores "a" varían entre 1.99 y 3.18



## **Análisis de la resistencia del concreto en las losas del pavimento:**

- Las losas de concreto, de la vía en estudio alcanzan una resistencia promedio del concreto de 173.40 kg/cm<sup>2</sup> (17.01 Mpa) y el sugerido por el ACI 363 es de 300 kg/cm<sup>2</sup>.
- La resistencia del concreto de losas de concreto, en su diseño debe de considerarse a la futura densidad de circulación vehicular en la vía, por tanto, esta característica debe ser tomado en cuenta en el diseño y utilizar la vía para un servicio antes analizado y establecido.

### **4.1.5.4 Discusión de los resultados de las fallas superficiales en el pavimento rígido.**

Los resultados corresponden a la aplicación de la metodología del PCI, para pavimentos rígidos con las siguientes características:

- Longitud de la vía en estudio                      717.80 m
- Dimensiones de losas de concreto                5.00 m x 4.50 m
- Tramos estudiados                                    18
- Número de losas                                        486



**Tabla 23.**

*Resumen de la evaluación con la metodología PCI para pavimentos rígidos de la Avenida Costanera – Puno.*

Tramo	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Área Tramos (m <sup>2</sup> )	N° losas	PCI	Estado
1	0 + 000	0 + 0405	67.5	27	22	Muy Malo
2	0 + 0405	0 + 081	67.5	27	19	Muy Malo
3	0 + 081	0 + 1215	67.5	27	21	Muy Malo
4	0 + 1215	0 + 1620	67.5	27	29	Malo
5	0 + 1620	0 + 2025	67.5	27	28	Malo
6	0 + 2025	0 + 2430	67.5	27	28	Malo
7	0 + 2430	0 + 2835	67.5	27	18	Muy Malo
8	0 + 2835	0 + 3240	67.5	27	25	Muy Malo
9	0 + 3240	0 + 365	67.5	27	32	Malo
10	0 + 365	0 + 4055	67.5	27	18	Muy Malo
11	0 + 4055	0 + 4460	67.5	27	35	Malo
12	0 + 4460	0 + 4865	67.5	27	19	Muy Malo
13	0 + 4865	0 + 5270	67.5	27	20	Muy Malo
14	0 + 5270	0 + 5675	67.5	27	28	Malo
15	0 + 5675	0 + 6080	67.5	27	36	Malo
16	0 + 6080	0 + 6485	67.5	27	21	Muy Malo
17	0 + 6485	0 + 6890	67.5	27	34	Malo
18	0 + 6890	0 + 7178	67.5	25	45	Regular
PCI Promedio					27	MALO

*Nota.* PCI Promedio final de la Avenida Costanera – Puno, Agosto, 2024.

Los tramos procesados de la Avenida Costanera – Puno, se encuentran en la parte de anexos.

**Resultados:**

**PCI promedio : 27.00**

**Calificación según tabla 23 : Estado de la vía MUY MALO.**

**Análisis de la evaluación de fallas superficiales por la metodología del PCI:**

- Los resultados obtenidos y tomando en cuenta que el servicio de la vía se inicia



en el año 2012, a la actualidad tiene 12 años de servicio.

- Tomando en consideración el estado de deterioro de la vía de MUY MALO y el tiempo de servicio de 12 años se concluye en mencionar que el pavimento tiene un prematuro deterioro.

#### **4.2 Identificación de las características del tránsito vehicular en la Avenida Costanera – Puno.**

El diseño de un pavimento rígido requiere fundamentalmente tomar en cuenta en su diseño; las características del tránsito vehicular futuro de 20 a 30 años de servicio; las características finales establecidas y el servicio destinado de la vía debe ser base para la selección de la resistencia del concreto. Uno de los factores más importantes a tener en cuenta al diseñar un pavimento es el tipo de tráfico que lo utilizará. Una evaluación adecuada depende de estos factores, y hay muchos que podrían dar lugar a una estimación inexacta. Los métodos actuales se basan en la idea de la traducción de la carga por eje estándar equivalente para diferentes tipos de vehículos, seguida de la determinación del número de repeticiones ESAL a lo largo de la fase de diseño del pavimento. La determinación de las tasas de crecimiento de los vehículos en función de sus diversas clases es otro tema crítico. Es bien sabido que esta estimación se basa en la demografía y la economía de la zona en la que se encuentra la ruta.

Aquí se determinan las características del tráfico de vehículos en el pavimento rígido de la Avenida Costanera - Puno, que serán útiles para futuras investigaciones y cálculos de ESAL. Para calcular la carga equivalente por eje único (ESAL), se recopilaron los siguientes datos:

- Tránsito vehicular actual de la vía en estudio.
- Índice medio diario semanal de la vía en estudio

- Clasificación vehicular y nomenclatura
- Selección del factor camión según el Instituto de Asfalto 2000
- Índice medio diario anual de la vía en estudio
- Determinación de la Matriz e índice medio anual
- Evaluación del Número de ejes equivalentes
- Selección de ejes equivalentes
- ESAL de diseño de la vía en estudio
- ESAL evaluado del actual tránsito en la vía en estudio
- Análisis comparativo del ESAL de diseño y ESAL del tránsito vehicular actual

## 1. Características del tránsito vehicular en la Avenida Costanera – Puno.

Se efectuó un aforo semanal del 14 – 07 – 24 al 20 – 07 – 24; los resultados se muestran a continuación:

**Tabla 24.**

*Resumen del aforo vehicular diario semanal en el pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.*

Características del aforo del tráfico vehicular semanal en el pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno										
TIPO VEHÍCULO	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	TOTAL		
Auto	286	281	283	267	218	230	241	1806		
Camioneta	185	180	102	153	161	172	181	1134		
Bus Med	280	238	197	184	190	193	194	1476		
Bus Gran	250	245	308	233	243	238	244	1761		
Camión 2E	215	158	195	138	211	217	212	1346		
Camión 3E	137	132	133	125	132	128	118	905		
Articulado	65	68	72	85	95	78	75	538		
TOTAL	1418	1302	1290	1185	1250	1256	1265	8966		

*Nota.* Elaboración propia – Aforo semanal en la Avenida Costanera – Puno – Julio,



2024.

**2. Índice medio diario semanal de la Avenida Costanera – Puno.**

Se determinó, en base al aforo semanal anteriormente calculado:

**Tabla 25.**

*Determinación del Índice medio diario semanal de la Avenida Costanera – Puno.*

<b>ÍNDICE MEDIO DIARIO SEMANAL DE LA VÍA EN ESTUDIO EN BASE AL AFORO DEL TRÁFICO VEHICULAR SEMANAL</b>		
Tipo Vehículo	Aforo Semanal	Índice Medio Diario Semanal (IMDS)
Auto	1806	258
Camioneta	1134	162
Bus Med	1476	211
Bus Gran	1761	252
Camión 2E	1346	192
Camión 3E	905	129
Articulado	538	77
<b>TOTAL</b>	<b>8966</b>	<b>1281</b>

*Nota.* Elaboración propia – Aforo semanal en la Avenida Costanera – Puno – Julio, 2024.

**3. Clasificación vehicular y nomenclatura.**

Basado en lo establecido por la AASHTO y el MTC:

**Tabla 26.***Tipo, clasificación y nomenclatura vehicular*

TIPO VEHÍCULO	CLASIFICACIÓN	NOMENCLATURA	IMDS
Auto	VEHÍCULO LIGERO	VL	258
Camioneta	VEHÍCULO LIGERO	VL	162
Bus Mediano	ÓMNIBUS DE 2 EJES	B2	211
Bus Grande	ÓMNIBUS DE 3 EJES	B3	252
Camión 2E	CAMIÓN SIMPLE 2 EJES	C2	192
Camión 3E	CAMIÓN SIMPLE 3 EJES	C3	129
Articulado	REMOLQUE 3 EJES + 1	C3 - R2	77
	DOBLE		
	TOTAL		1281

*Nota.* Elaboración propia – Aforo semanal en la Avenida Costanera – Puno – Julio, 2024.

#### 4. Selección del factor camión según el Instituto de Asfalto 2000.

Basado en los valores propuesto por el Instituto de Asfalto 2000:

**Tabla 27.**

*Factor Camión para vías urbanas propuesto por el Instituto del Asfalto, (Asphalt Institute 2000)*

Tipo de camión	Sistema Rural				Rango	
	Interestatal	Otras vías principales	Arterial menor	Colectoras Mayores Menores		
Camiones de una sola unidad						
2 ejes 4 neumáticos	0.003	0.003	0.003	0.017	0.003	0.003-0.017
2 ejes 6 neumáticos	0.21	0.25	0.28	0.41	0.19	0.19-0.041
3 ejes o más	0.61	0.86	1.06	1.26	0.45	0.45-1.26
Todas las unidades	0.06	0.08	0.08	0.12	0.03	0.03-0.12

*Nota.* Instituto de Asfalto 2000

## 5. Índice medio diario anual de la Avenida Costanera – Puno.

Basado en el aforo semanal, el índice medio diario semanal y el factor camión, se desarrolla el cálculo de índice medio diario anual (IMDA)

**Tabla 28.**

*Índice Medio Diario Anual*

TIPO DE VEHÍCULO	TOTAL, SEMANTAL	IMDS = $V_i / 7$	FC	IMDA = IMDS x FC
Auto	1806	258	1.26	325
Camioneta	1134	162	1.26	204
Buses Medianos	1476	211	1.26	266
Buses Grandes	1761	252	1.26	318
Camión 2E	1346	192	1.26	242
Camión 3E	905	129	1.26	163
Articulado	538	77	1.26	97
SUB TOTAL	8966	1281	-	1615

*Nota.* Elaboración propia – Aforo semanal en la Avenida Costanera – Puno – Julio, 2024.

## 6. Determinación de la Matriz e índice medio anual.

Los valores que se consideran corresponden a buses, camiones con 2 ejes, camión con 3 ejes y articulado:

**Tabla 29.**

*Matriz de clasificación AASTHO para el MEPDG*

CLASIFICACIÓN AASTHO	CLASIFICACIÓN MEPDG	IMDA	(%)
Buses	Clase 4	584	54
Camión 2 Ejes	Clase 6	242	22
Camión 3 Ejes	Clase 7	163	15
Articulado	Clase 11	97	9
	TOTAL	1086	100

*Nota.* Elaboración propia – Aforo semanal en la Avenida Costanera – Puno – Julio, 2024.



**Tabla 30.**

*Nomenclatura, ejes y descripción.*

TIPO DE VEHÍCULO	NOMENCLATURA A	Nº DE EJES	DESCRIPCIÓN
Auto	VL	2	2 ejes, 4 llantas
Camioneta	VL	2	2 ejes, 4 llantas
Bus Mediano	B2	2	2 ejes, 6 llantas
Bus Grande	B3	3	3 ejes, 8 llantas
Camión 2 Ejes	C2	2	2 ejes, 6 llantas
Camión 3 Ejes	C3	3	3 ejes, 8 llantas
Articulado	T3S1/2/3	5	1 eje simple, 4 tandem dual

*Nota.* AASTHO 1993

**7. Evaluación del Número de ejes equivalentes.**

Tanto los camiones ligeros como los pesados se consideran de acuerdo con las normas de la AASTHO 93. Una vez introducidos estos números, se puede determinar el factor común (CF) y el ESAL.

**Tabla 31.**

*Pesos, ejes posteriores y equivalentes para el cálculo del EALF.*

VEHÍCULOS	PESOS	PESOS (TN)			EJES EQUIVALENTES (EALF)			
	(TN)	EJES POSTERIORES						
	Eje delantero	Eje 1	Eje 2	Eje 3	Eje delantero	Eje 1	Eje 2	Eje 3
Auto	2	2			0.0022	0.0022		
Camioneta	5	5			0.1311	0.1311		
Bus Mediano	7	11			0.5505	3.03		
Bus Grande	7	16			0.5505	0.0472		
Camión 2 Ejes	7	11			0.5505	3.03	3.03	
Camión 3 Ejes	7	18			0.5505	1.985	3.03	3.03
Camión Articulado	7	11	11	11	0.5505	3.03	3.03	3.03

*Nota.* AASTHO 93

## 8. Selección de ejes equivalentes.

Para ello se considera los cálculos previos efectuados que son:

**Tabla 32.**

*Pesos, ejes posteriores y equivalentes para el cálculo del EALF*

TIPO DE VEHÍCULO	IMDA	%
Auto	325	20
Camioneta	204	13
Buses Medianos	266	16
Buses Grandes	318	20
Camión 2E	242	15
Camión 3E	163	10
Articulado	97	6
<b>SUB TOTAL</b>	<b>1615</b>	<b>100</b>

*Nota.* Elaboración propia – Aforo semanal en la Avenida Costanera – Puno – Julio, 2024.

Los autobuses medianos, los autobuses grandes, los camiones 2E, los camiones 3E y los vehículos articulados contribuyen al cálculo, que da como resultado un 67 %.

## 9. ESAL de diseño para la Avenida Costanera – Puno.

**Tabla 33.**

*Cálculo del factor camión para el tránsito vehicular actual en la Avenida Costanera – Puno.*

Vehículo	EJES EQUIVALENTES				ESAL(*)
	Eje delantero (EALF)	Eje 1(EALF)	Eje 2(EALF)	Eje 3(EALF)	
Auto	0.0022	0.0022			0.0044
Camioneta	0.1311	0.1311			0.2622
Bus Mediano	0.5505	3.0300			3.5805
Bus Grande	0.5505	0.0472			0.5977
Camión 2 ejes	0.5505	3.0300	3.0300		6.6105
Camión 3 ejes	0.5505	1.9850	3.0300	3.0300	8.5955
Articulado	0.5505	3.0300	3.0300	3.0300	9.6405
				Sumatoria	29.2913

*Nota.* AASHTO 1993



**ESAL de diseño es de: 2 929 130**

## 10. ESAL evaluado del actual tránsito en la Avenida Costanera – Puno.

Se utiliza la información siguiente:

- índice medio anual (IMDA) : 1615
- Porcentaje de vehículos en circulación actual (T) : 57%
- Ejes equivalentes (T<sub>f</sub>) : 1.26
- Factor de crecimiento (D<sub>y</sub>) : 36.79
- Uso de la vía (D<sub>i</sub>) : 80%
- Días del año (D<sub>a</sub>) : 365

### a. ESAL evaluado del actual tránsito.

Se emplea la relación establecida por AASHTO 1993

$$ESAL = (IMDA) (T) (T_f) (D_y) (D_i) (D_a)$$

$$ESAL = (1615) (0.57) (1.26) (36.79) (0.8) (365)$$

$$ESAL = 12\ 460\ 359$$

### Tabla 34.

*Valores recomendados de resistencia del concreto según rango de tráfico por el ACI 363.*

Rangos de tráfico pesado en EE	Resistencia mínima a la flexotracción del concreto (MR)	Resistencia mínima equivalente a la compresión del concreto (F'C)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm <sup>2</sup>	280 kg/cm <sup>2</sup>
> 5'000,000 EE	42 kg/cm <sup>2</sup>	300 kg/cm <sup>2</sup>
≤ 15'000,000 EE	44 kg/cm <sup>2</sup>	320 kg/cm <sup>2</sup>
> 15'000,000 EE	45 kg/cm <sup>2</sup>	350 kg/cm <sup>2</sup>

*Nota.* ACI 363

El módulo de rotura (Mr) del concreto se correlaciona con el módulo de compresión (f'c) del concreto mediante la siguiente regresión:



$Mr = a\sqrt{f'c}$  (valores en kg/cm<sup>2</sup>), según el ACI 363

Donde los valores "a" varían entre 1.99 y 3.18

## **11. Discusión comparativa del ESAL de diseño y ESAL del tránsito vehicular actual en la Avenida Costanera – Puno.**

En este punto la explicación del prematuro deterioro de la vía en estudio está basada en que el ESAL de diseño ha sido considerada equivocadamente, siendo esta mucho menor al requerido para el tránsito real actual que se tiene en la vía; sus valores se muestran a continuación:

- ESAL de diseño : 2 929 130
- ESAL real : 12 460 359

Este análisis es otra de las causas del prematuro deterioro del pavimento.

## **4.3 Incidencia de las características y propiedades geotécnicas en el deterioro del pavimento rígido de la Avenida Costanera – Puno.**

Los objetivos planteados en el presente estudio que corresponden a:

- Identificación de las características y propiedades geotécnicas de la estructura de la subrasante.
- Identificación de las características y propiedades geotécnicas de la estructura de la base.
- Identificación de las propiedades resistentes del concreto del pavimento.
- Identificación de las características del tránsito vehicular.
- Evaluación de las fallas superficiales.

Estas características y propiedades identificadas definitivamente tienen incidencia en el prematuro deterioro de la vía. Se recomienda finalmente que la situación actual del pavimento puede ser mejorada en su vida útil diseñando un recapeo asfáltico en la totalidad del pavimento.



## CAPÍTULO V

### IMPACTO SOCIAL

#### 5.1 Importancia de la concepción de construcción de pavimentos urbanos.

La concepción de la construcción de un pavimento debe estar basado en la siguiente secuencia:

- Diseño del pavimento.
- Construcción del pavimento.
- Control de calidad en las construcciones.
- Conservación y mantenimiento.

##### 1. Diseño del pavimento.

Las zonas urbanas, las vías principales y los aeropuertos suelen tener los pavimentos de hormigón más rígidos. Además, se utilizan en suelos de almacenes, puertos y cualquier otro lugar por donde circulen camiones de gran tonelaje. Debido a su bajo coste y facilidad de acceso, las losas hidráulicas de hormigón se utilizan a menudo para construir pavimentos rígidos. La construcción de las losas de hormigón debe ser tal que puedan soportar las cargas del tráfico para evitar el fallo por fatiga del pavimento causado por tensiones recurrentes. Además, su construcción debe permitirles ofrecer un rendimiento funcional adecuado. Los periodos de diseño de los pavimentos rígidos suelen oscilar entre 30 y 40 años, mientras que pueden construirse para tener una vida útil de 15 a 20 años. El objetivo del diseño de pavimentos rígidos es satisfacer las necesidades y circunstancias específicas de cada



proyecto, manteniendo al mismo tiempo unos costes bajos. Esto incluye la elección del espesor de la losa, el tamaño de las juntas, el refuerzo y los requisitos de transmisión de carga.

El pavimento rígido se caracteriza por su capacidad para dispersar las cargas en una gran superficie bajo la losa. Gracias a ello, se reducen las deflexiones y las cargas que se perciben a nivel de la subbase. Para este tipo de pavimento, la consistencia de la superficie de apoyo de la losa es más importante que la resistencia del pavimento.

El pavimento de la Avenida Costanera no cumplía los requisitos de normas internacionales como AASHTO, ACI y ASTM, ni se ajustaba a las directrices y especificaciones técnicas establecidas por normas peruanas como MTC y NTP. En consecuencia, el pavimento ha comenzado a desgastarse demasiado pronto.

## **2. Construcción de pavimentos.**

Dentro de la ingeniería de pavimentos, la construcción es una de las etapas críticas puesto que traslada a la realidad el diseño. La etapa de construcción es una combinación de técnicas constructivas, organización, control de calidad y supervisión. La complejidad de la naturaleza del terreno sumado a las dificultades climatológicas y a las diferencias entre los expedientes y las condiciones reales hacen que la construcción sea una actividad compleja. Las técnicas constructivas están asociadas a los materiales que componen la estructura pero también a la experiencia del contratista y el equipo mecánico disponible. En esta parte es inevitable un control de calidad riguroso establecido por normas y reglamentos en los que sobresale la calidad de los materiales, equipo mecánico requerido y procesos constructivos establecidos.

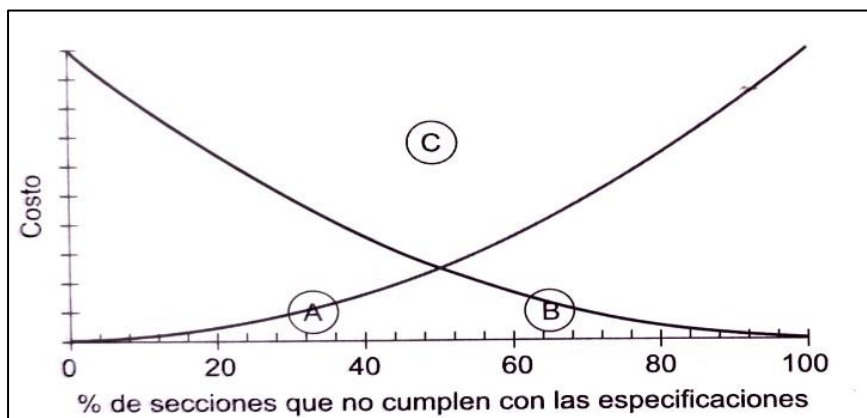
## **3. Control de calidad en las construcciones.**

La calidad puede ser definida de muchas maneras, pero en el caso de las carretas puede ser definida como el cumplimiento de los niveles de servicio considerados en el diseño y en las especificaciones y regulaciones. Para alcanzar

esta condición se debe controlar tanto el proceso como los componentes. En última instancia, la calidad de la carretera debe verse reflejada en la satisfacción de los usuarios. El Control de calidad está incorporado en todas las actividades relacionadas con la construcción del pavimento, Las regulaciones y especificaciones obligan a que el contratista y la supervisión cumplan con determinados procedimientos para la ejecución, aprobación y pago Similar concepto es extensivo a los trabajos posteriores de mantenimiento que deben alcanzar determinados estándares. En la Figura 3 se presenta un esquema de cómo influye el costo del control de calidad en el costo total. Es claro que cuando no existe un control adecuado (bajo costo), Se tiene un mayor riesgo de incumplimiento y, por ende, de rechazo de los trabajos. Por otra parte, un alto costo en control de calidad reduce este riesgo, pero incrementa el costo y tiempo de ejecución. El balance de ambos es el adecuado, siendo en algunos casos necesario que el contratista ejecute un mayor número de ensayos que los señalados en las especificaciones a fin de reducir el riesgo de incumplimientos.

**Figura 3.**

*Influencia de la calidad en el costo final*



*Nota.* ICG. (A) Costo de control de calidad, (B) costo de las pérdidas debido al no cumplimiento, y (C) zona donde es óptima la combinación de costo y calidad.

La gestión de la calidad comprende todos los aspectos relacionados a la producción y aceptación de los productos y trabajos. Abarca temas tales como las

especificaciones técnicas, control del proceso, aceptación del producto, capacitación, comunicaciones y certificaciones de laboratorio y técnicos.

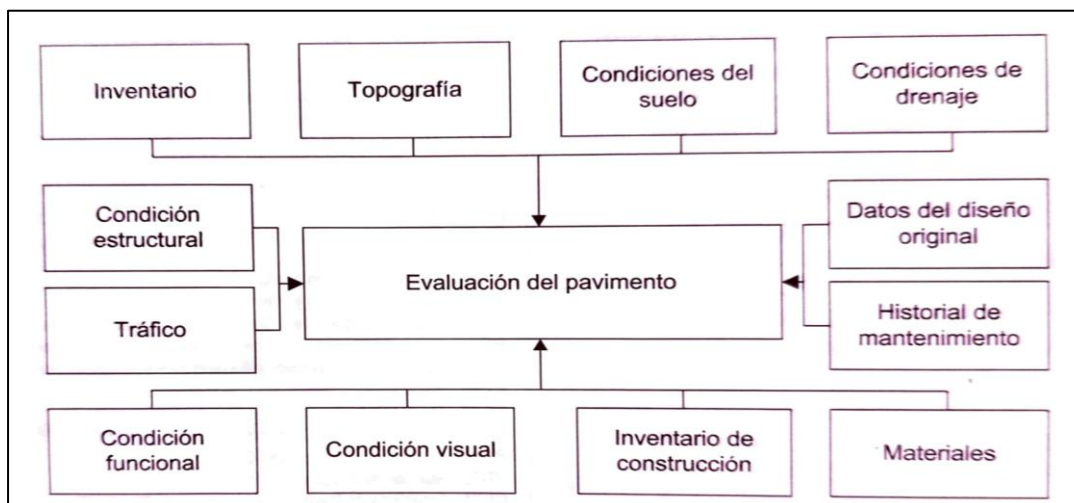
#### 4. Conservación y mantenimiento.

Conocer el estado actual y cómo cambia con el tiempo un pavimento es fundamental para la agencia encargada de su diseño, construcción, mantenimiento y funcionamiento. No obstante, estos temas son de vital importancia para la gran población que utiliza las superficies pavimentadas, ya sea en zonas urbanas, autopistas o aeropuertos, ya que tienen un impacto significativo en la economía y la seguridad del transporte.

Además de proporcionar información sobre el estado del pavimento en el momento de la evaluación, también ayuda a la agencia a acumular experiencia, lo que a su vez mejora el diseño y la construcción de nuevos pavimentos o de pavimentos en proceso de rehabilitación. Esto ayuda a estos últimos de muchas maneras, incluyendo su eficiencia técnica y económica. Puede ver las estadísticas más frecuentes en el siguiente gráfico:

**Figura 4.**

*Requerimiento de información para la evaluación del pavimento*



*Nota.* ICG – evaluación de pavimentos para su conservación y mantenimiento.



## 5.2 Responsabilidad administrativa en las construcciones de pavimentos en la ciudad de Puno.

La construcción de pavimentos en la ciudad de Puno, sigue siendo compleja; las entidades responsables para ello como es el Gobierno Regional, la Municipalidad Provincial, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones; sus divisiones y/o reparticiones técnicas adolecen o tienen limitaciones en:

- Personal técnico limitado, muchos de ellos de poca experiencia.
- Falta de equipo mecánico y maquinaria requerida.
- Laboratorios de ensayo y control de calidad deficientes y/o limitados.
- Programas de conservación y mantenimiento de vías con deficiente implementación.

En el caso del presente proyecto la Avenida Costanera está construida en el lecho antiguo del Lago Titicaca, suelos en considerable espesor conformado por suelos finos, los que, como subrasante de pavimentos, no son recomendables, para ello deben de ser reemplazados y/o enrocados, previo estudio correspondiente en el diseño.



## CONCLUSIONES

**Primera.** - Efectuado la evaluación geotécnica de la estructura del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno, se concluye que las estructuras de la subrasante y base del pavimento no alcanzan a los valores de características y propiedades sugeridas por el MTC y AASHTO; la resistencia en compresión del concreto es muy baja lo que manifiesta como resultado de la baja calidad de la subrasante, base y resistencia del concreto de las losas.

**Segunda.** - Identificadas las propiedades geotécnicas del pavimento rígido en la Avenida Costanera de Puno, se concluye que la **subrasante:** clasificación AASHTO A-6(7) con densidad seca máxima de  $1.10 \text{ gr/cm}^3$ . Contenido óptimo de humedad del 16.00% y CBR del 100% en 8.60%, valores inferiores a los recomendados por el MTC y AASHTO, lo que sugiere que son No Apropriados y contribuyen al deterioro prematuro del pavimento. **Base:** clasificación AASHTO A-4, densidad seca máxima de  $1.35 \text{ gr/cm}^2$ , contenido óptimo de humedad de 10.50% y CBR del 100% en 27.00%, también por debajo de las especificaciones recomendadas por el MTC y AASHTO, lo que indica que son No Apropriadas. **Concreto de losa:** resistencia a la compresión de  $173.40 \text{ kg/cm}^2$ , considerada muy baja para el tránsito de la vía en estudio. Finalmente, efectuada la evaluación de fallas superficiales empleando la metodología PCC se tiene PCI promedio de 27%, que corresponde a un estado de la Vía de MUY MALO.

**Tercera.** - Identificado las características del tránsito vehicular en el pavimento rígido de la Avenida Costanera de Puno, se concluye que el uso de la vía en estudio, ha sido diseñado con un valor de ESAL DE DISEÑO de 2 929 130, el ESAL DE USO del tránsito vehicular actual es de 12 460 359. La comparación de estos valores nos hace concluir que la vía soporta un tránsito de vehículos pesados mucho más de lo



previsto en el diseño; esta característica nos permite concluir en mencionar que es otra causa del prematuro deterioro del pavimento.

**Cuarta.** - Establecido la incidencia de las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno, en su deterioro, se concluye que las estructuras de la subrasante y base del pavimento no alcanzan a los valores de características y propiedades sugeridas por el MTC y AASHTO; la resistencia en compresión del concreto es muy baja lo que manifiesta en las fallas superficiales identificadas con la metodología del PCI que se interpreta un estado de MUY MALO, que refleja como consecuencia de la baja calidad de la subrasante, base y resistencia del concreto de las losas.



## RECOMENDACIONES

**Primera.** - Es necesario realizar un estudio más profundo en la evaluación geotécnica del pavimento rígido. Se sugiere aumentar el número de calicatas y/o utilizar ensayos no destructivos, como el Ground Penetrating Radar (GPR), para mapear las diferentes capas y detectar anomalías. Además, para evaluar la resistencia del concreto de forma precisa, es recomendable emplear máquinas de ensayo de compresión en laboratorio y/o con instrumentos de mayor exactitud como la combinación de diversos métodos de ensayo, lo que asegura una evaluación más completa y confiable.

**Segunda.** - En el diseño de pavimentos a orillas del Lago Titicaca debe desarrollarse como trabajo de tesis, el problema de controlar los suelos blandos de la subrasante probablemente con la construcción de pedraplenes, y de igual forma el diseño de concretos de alta resistencia para pavimentos rígidos.

**Tercera.** - El estudio de tránsito futuro en un pavimento debe de ser minuciosamente estudiada, puesto que la carga pesada en vehículos es la principal causa del prematuro deterioro de pavimentos urbanos.

**Cuarta.** - Todo pavimento a construirse en la ciudad de Puno, en sus etapas de diseño, construcción y mantenimiento debe efectuarse con el adecuado control de calidad y las entidades responsables deben estar conformados técnica y administrativamente como corresponde.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Society for Testing and Materials. (2019). *Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03)*. Ed. McH.
- Baca Lopez, G. (2020). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. McGraw-Hill, Interamericana Editores.
- Cardoso Adenuga, S. y Fernández Castillo, M. (2018). *Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos*. Editorial Rueda.
- Cayetano Vassar, C. (2021). *Relaciones gravimétricas y volumétricas durante el proceso de secado en un suelo de estructura fina*.
- Gamboa Morales, R. (2022). *Mal estado de los pavimentos y su efecto en el tránsito vehicular del distrito de Trujillo, año 2022* [Tesis de Maestría, Universidad César Vallejo – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.
- Gonzáles Adenso, W. (2019). *Propuesta de instrumentos de medición de niveles de serviciabilidad de carreteras asfaltadas: un aporte de innovación tecnológica al mantenimiento de obras de infraestructura vial* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Ingeniería - Perú]. Repositorio Institucional Virtual.
- Gutinio Soto, A. (2022). *Criterios técnicos para el empleo del enrocamiento y pedraplén en la conformación de la subrasante con fines de pavimentación en el Jr. Espinar del Barrio Chanu Chanu de la ciudad de Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.
- Hernández Ispo, J. (2020). *Evaluación del desempeño de pavimentos rígidos en función a su índice de condición del pavimento (pci) y criterios de sostenibilidad*



*en tres segmentos del tramo ca-01 occidente de estación 018+815 a estación 124+200. [Tesis de maestría, Universidad de San Carlos – Guatemala]. Repositorio Institucional Virtual.*

Hernández Ortiz, S., Fernández Nufio, C. y Baptista Torres, L. (2020). *Metodología de la investigación*. Editorial Mc Graw Hill.

Miranda Urrutia, R. (2020). *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos* [Tesis de Maestría, Universidad Austral – Chile]. Repositorio Institucional Virtual.

Pasapera Bouzas, M. (2022). *Influencia de los problemas geotectónicos sobre las obras viales en la ciudad de Ica durante el año 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.

Pérez Gomez, E. y Pera Castillo, G. (2022). *Causas del deterioro prematuro de pavimentos de hormigón de la ciudad de Bahía Blanca y rutas de acceso* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Sur – Argentina]. Repositorio Institucional Virtual.

Peña Martinez, A. (2022). *Cálculo del índice de estado para establecer una estrategia de recuperación vial en la carretera Piura-Sechura* [Tesis de Maestría, Universidad de Piura – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.

Quevedo Garcia, A. (2022). *Deterioro del pavimento rígido de la Avenida Arenales Y Fernando León Arechua y su relación con los accidentes de tránsito en el mercado de Ica, 2022*. [Tesis de pregrado, Universidad Alas Peruanas – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.

Rodríguez Reyes, D. (2021). *Cálculo del índice de condición del pavimento flexible en la Av. Luis Montero, distrito Castilla* [Tesis de Pregrado, Universidad de Piura – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.

Ruíz Suarez, C. (2019). *Análisis de los factores que producen el deterioro de los*



*pavimentos rígidos*. Editorial del Oriente

Reyes Cotacio, M. (2021), *Determinación de esfuerzos por expansión de suelos de estructura fina*. Editorial Boca del Río.

Salgado Cruz, M. (2018). *Criterios generales de diseño de pavimentos de concreto*. Editorial Antigua Guatemala.

Sanhueza Flores, C. (2021). *Aplicación del análisis del costo del ciclo de vida* [Tesis de Doctorado, Universidad Técnica Federico Santa María]. Repositorio Institucional Virtual.

Varela Faguas, L. (2022). *PCI para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras*. Editorial SJ Navarro.

Zapana Abbad, A. (2022). *Análisis de la ascensión capilar de aguas subterráneas para su control con fines de pavimentación en suelos de la subrasante de la Av. Juliaca de la ciudad de Juliaca – San Román – Puno* [Tesis de pregrado, Universidad Andina Néstor Cáceres Velasquez – Perú]. Repositorio Institucional Virtual.



# ANEXOS



**ANEXO 01**

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**



MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA : EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO

EJECUTOR : FELIX YUCRA MAMANI

FECHA : Agosto, 2024.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN  
CÓDIGO : P - 50

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIONES	INSTRUM. DE MEDICIÓN
<b>PROBLEMA GENERAL.</b> ¿Cómo es la evaluación geotécnica de la estructura del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno?	<b>OBJETIVO GENERAL.</b> Efectuar la evaluación geotécnica de la estructura del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno.	<b>VARIABLE EVALUATIVA:</b>			
<b>PROBLEMAS ESPECÍFICOS.</b> 1. ¿Cómo son las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno? 2. ¿Cómo son las características del tránsito vehicular en el pavimento rígido de la Avenida Costanera de Puno? 3. ¿Cuál es la incidencia de las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno, en su deterioro?	<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS.</b> 1. Identificar las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno. 2. Identificar las características del tránsito vehicular en el pavimento rígido de la Avenida Costanera de Puno. 3. Establecer la incidencia de las características y propiedades geotécnicas de los componentes del pavimento rígido de la Avenida Costanera de la ciudad de Puno, en su deterioro.	<b>Características y propiedades geotécnicas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Características y propiedades de los suelos de la subrasante del pavimento.</li> <li>Características y propiedades de los suelos de la base del pavimento.</li> <li>Características del tránsito vehicular en la vía.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, clasificación AASHTO, densidad máxima y CBR.</li> <li>Granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, clasificación AASHTO, densidad máxima y CBR.</li> <li>Valoración del ESAL de diseño y de servicio del tránsito vehicular.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Especificaciones Manual EG 2000 del MTC.</li> <li>Especificaciones Manual EG 2000 del MTC</li> <li>Aplicación de la metodología del MTC</li> </ul>
		<b>VARIABLE DE CONTROL:</b>			
		<b>Deterioro del pavimento</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Resistencia en compresión del concreto del pavimento.</li> <li>Características de fallas superficiales en las losas de concreto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificación directa de la resistencia del concreto.</li> <li>Fallas superficiales predominantes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Empleo del equipo esclerómetro.</li> <li>Aplicación de la Metodología PCI para pavimentos rígidos.</li> </ul>



# ANEXO 02

## ENSAYOS DE LABORATORIO



## Evaluación de fallas superficiales con la Metodología PCI







































**Cuadros y gráficos para la evaluación de pavimentos rígidos con la Metodología PCI**

115

PAVIMENTOS DE CONCRETO

21. BLOW UP / BUCLING

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	3.00	15.00
5.00	4.40	9.60	37.30
10.00	8.30	17.50	58.40
15.00	12.00	25.40	65.80
20.00	15.50	32.40	71.60
25.00	19.00	40.60	76.50
30.00	22.40	47.20	80.70
35.00	25.80	52.80	84.40
40.00	29.10	57.60	87.80
45.00	32.40	61.90	90.90
50.00	34.90	65.80	93.80
55.00	36.20	69.20	97.00
60.00	37.30	72.50	100.00
65.00	38.40	74.80	-
70.00	39.40	76.30	-
75.00	40.30	77.60	-
80.00	41.20	79.00	-
85.00	42.00	80.10	-
90.00	42.70	81.20	-
95.00	43.50	82.20	-
100.00	44.20	83.20	-

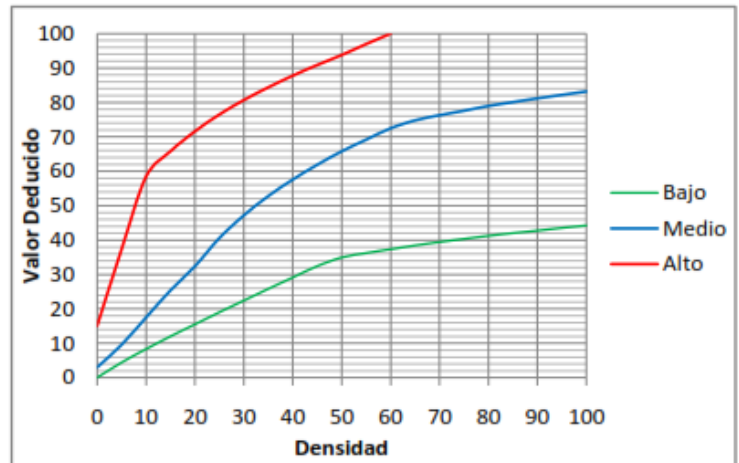


Fig. B.21 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Blow up / Bucling.

## 22. GRIETA DE ESQUINA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	3.50	7.20	12.10
10.00	8.70	14.50	23.40
15.00	12.60	21.70	34.00
20.00	16.40	28.70	41.50
25.00	20.20	34.40	47.30
30.00	23.80	39.20	52.10
35.00	27.40	43.10	56.10
40.00	31.00	46.60	60.00
45.00	34.50	49.60	64.00
50.00	37.50	52.30	67.30
55.00	39.70	53.80	69.30
60.00	41.20	55.30	70.90
65.00	42.60	56.60	72.40
70.00	43.90	57.80	73.80
75.00	45.10	58.90	75.00
80.00	46.20	60.00	76.20
85.00	47.30	61.00	77.30
90.00	48.30	61.90	78.30
95.00	49.20	62.80	79.30
100.00	50.10	63.70	80.30

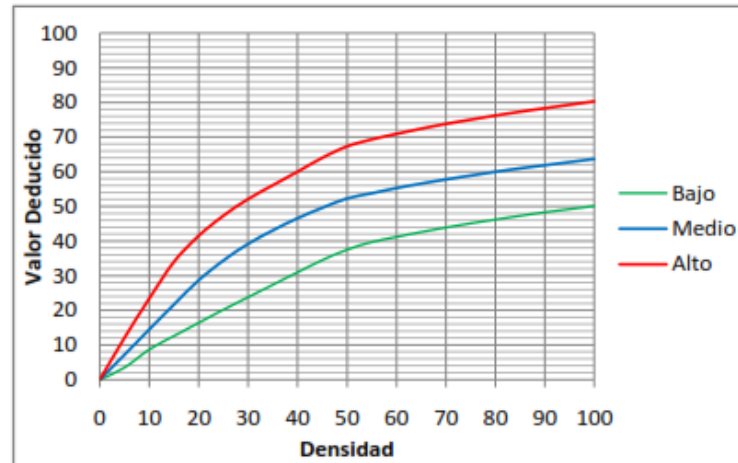


Fig. B.22 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Grieta de esquina.



## 23. LOSA DIVIDIDA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	5.10	10.70	17.00
10.00	9.80	21.50	32.00
15.00	14.20	28.20	42.70
20.00	18.60	33.30	50.30
25.00	22.90	37.90	56.20
30.00	27.10	42.20	61.00
35.00	31.00	46.10	65.10
40.00	34.50	49.90	68.60
45.00	36.60	53.40	71.80
50.00	38.50	56.80	74.00
55.00	40.20	59.80	76.30
60.00	41.70	62.00	78.40
65.00	43.10	64.00	80.30
70.00	44.50	65.80	82.10
75.00	45.70	67.50	83.70
80.00	46.80	69.10	85.30
85.00	47.90	70.50	86.80
90.00	48.90	71.90	88.10
95.00	49.90	73.30	89.40
100.00	50.80	74.50	90.70

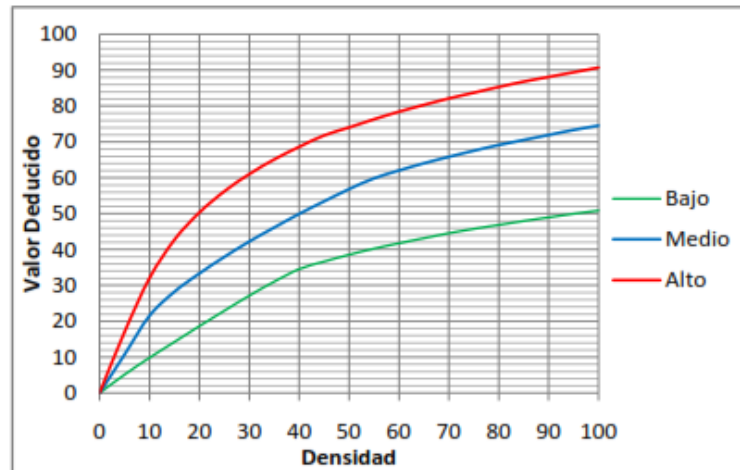


Fig. B.23 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Losa Dividida.

## 24. GRIETA DE DUCTILIDAD "D"

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	2.00	5.00	11.70
10.00	3.60	10.00	23.40
15.00	5.20	14.50	32.80
20.00	6.70	19.00	39.40
25.00	8.30	22.40	44.50
30.00	9.90	25.20	48.70
35.00	11.50	27.60	52.30
40.00	13.20	29.60	55.30
45.00	14.70	31.40	58.10
50.00	15.70	33.00	60.40
55.00	16.60	34.50	61.70
60.00	17.50	35.80	62.90
65.00	18.30	37.10	64.00
70.00	19.00	38.20	65.00
75.00	19.70	39.20	65.90
80.00	20.30	40.20	66.80
85.00	20.90	41.20	67.60
90.00	21.40	42.00	68.40
95.00	22.00	42.90	69.20
100.00	22.50	43.70	69.90

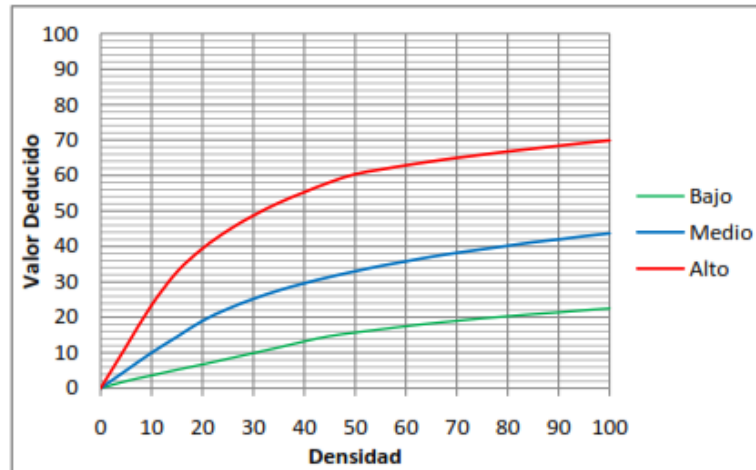


Fig. B.24 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Grieta de Ductilidad "D".

## 25. ESCALA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	1.50	3.90	7.70
10.00	3.30	8.00	15.40
15.00	5.00	12.00	23.00
20.00	7.50	16.00	29.70
25.00	10.90	20.10	35.30
30.00	13.70	24.10	40.70
35.00	16.10	28.10	46.00
40.00	18.10	32.20	51.00
45.00	19.90	36.20	56.40
50.00	21.60	39.90	61.00
55.00	23.00	42.40	64.90
60.00	24.00	44.10	67.70
65.00	24.90	45.70	70.30
70.00	25.80	47.20	72.70
75.00	26.70	48.60	74.90
80.00	27.40	49.90	77.00
85.00	28.20	51.10	78.90
90.00	28.90	52.20	80.80
95.00	29.50	53.30	82.50
100.00	30.10	54.00	84.20

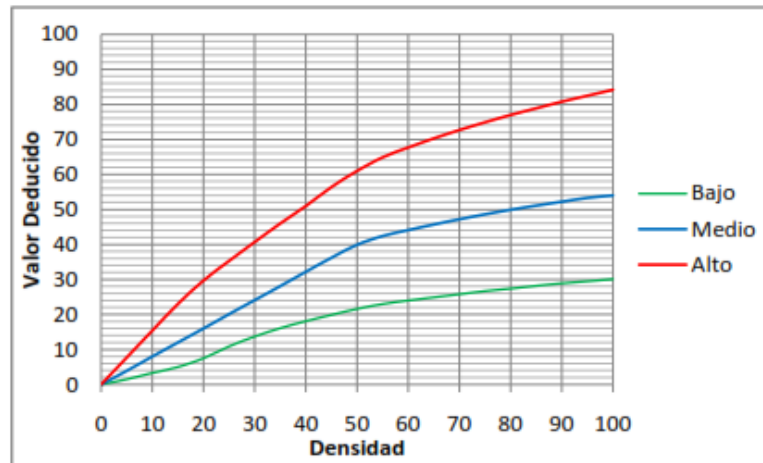


Fig. B.25 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Escala.

## 26. SELLO DE JUNTA

El sello de junta no está relacionado por la densidad. La severidad del daño es determinada la condición del sellador en general para una unidad de muestra en particular.

Los valores deducidos para los tres niveles de severidad, son:

<b>Bajo</b>	<b>2 Puntos.</b>
<b>Medio</b>	4 Puntos.
<b>Alto</b>	8 Puntos.

## 27. DESNIVEL CARRIL / BERMA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	0.80	2.60	4.10
10.00	1.30	4.60	7.60
15.00	1.60	6.40	10.90
20.00	2.00	8.40	14.10
25.00	2.30	10.00	17.20
30.00	2.60	11.30	19.50
35.00	2.80	12.40	21.80
40.00	3.10	13.30	23.20
45.00	3.30	14.10	24.30
50.00	3.50	14.90	25.40
55.00	3.80	15.60	26.40
60.00	4.00	16.20	27.30
65.00	4.20	16.80	28.10
70.00	4.40	17.30	28.80
75.00	4.60	17.80	29.50
80.00	4.80	18.20	30.20
85.00	5.00	18.70	30.80
90.00	5.20	19.10	31.40
95.00	5.30	19.40	31.90
100.00	5.50	19.80	32.50

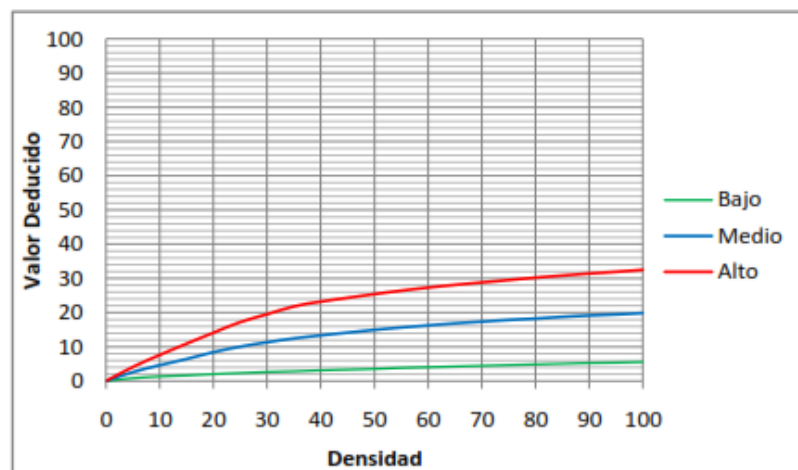


Fig. B.27 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Desnivel Carril / Berma.

## 28. GRIETA LINEAL

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	3.20	4.00	9.60
10.00	5.90	7.80	19.20
15.00	8.30	11.50	24.20
20.00	10.60	14.40	28.30
25.00	12.80	17.60	31.60
30.00	14.90	20.20	34.70
35.00	16.20	22.40	37.60
40.00	17.20	24.30	40.30
45.00	18.10	26.00	42.80
50.00	18.90	27.50	45.20
55.00	19.60	28.80	47.50
60.00	20.30	30.10	49.70
65.00	20.90	31.20	51.80
70.00	21.40	32.30	53.90
75.00	22.00	33.30	55.80
80.00	22.40	34.20	57.70
85.00	22.90	35.10	59.60
90.00	23.30	35.90	61.40
95.00	23.70	36.70	63.10
100.00	24.10	37.40	64.80

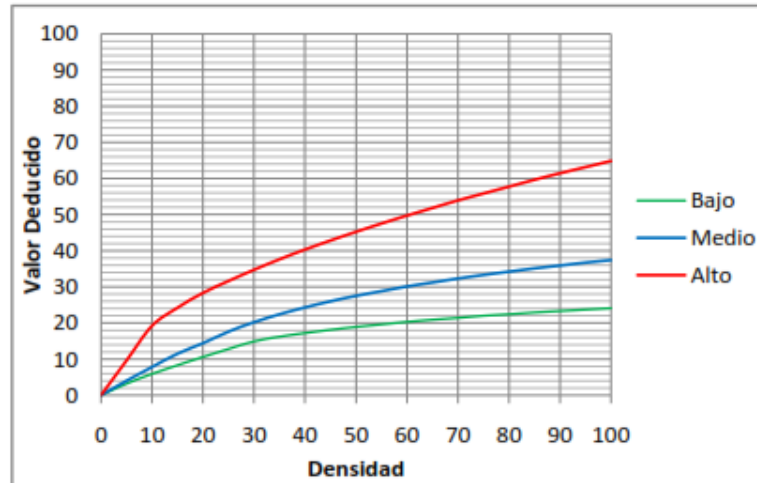


Fig. B.28 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Grieta Lineal.

## 29. PARCHEO (GRANDE)

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	1.10	2.90	8.00
10.00	2.70	5.80	15.70
15.00	4.30	8.80	23.20
20.00	6.30	11.70	29.50
25.00	9.40	16.90	34.60
30.00	11.90	21.10	39.40
35.00	14.00	24.70	43.50
40.00	15.80	27.80	47.00
45.00	17.50	30.50	50.10
50.00	18.90	33.00	52.90
55.00	20.20	35.20	55.40
60.00	21.40	37.20	57.70
65.00	22.50	39.00	59.80
70.00	23.50	40.70	61.80
75.00	24.50	42.30	63.60
80.00	25.40	43.80	65.30
85.00	26.20	45.20	66.90
90.00	27.00	46.60	68.50
95.00	27.70	47.80	69.90
100.00	28.40	49.00	71.20

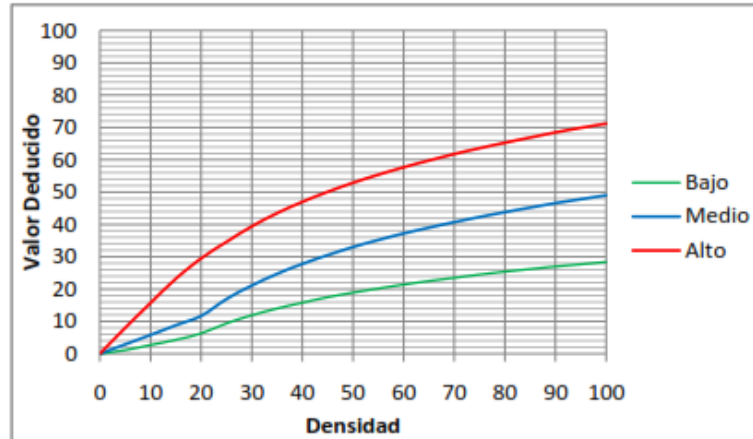


Fig. B.29 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Parcheo Grande.

## 30. PARCHEO (PEQUEÑO)

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	-	0.90	2.20
10.00	-	1.70	4.20
15.00	0.60	2.60	6.30
20.00	1.10	3.00	8.40
25.00	1.50	5.00	10.50
30.00	1.80	6.60	12.90
35.00	2.00	8.00	14.50
40.00	2.20	9.20	15.90
45.00	2.40	10.20	17.10
50.00	2.60	11.20	18.20
55.00	2.70	12.00	19.20
60.00	2.90	12.90	20.10
65.00	3.00	13.50	21.00
70.00	3.10	14.40	21.70
75.00	3.30	14.40	22.40
80.00	3.40	14.50	23.10
85.00	3.50	14.60	23.70
90.00	3.60	14.70	24.30
95.00	3.60	14.80	24.90
100.00	3.70	14.80	25.40

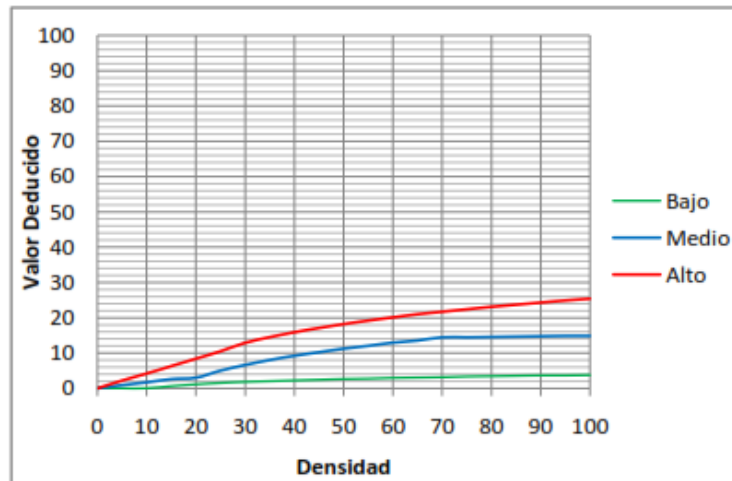


Fig. B.30 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Parcheo Pequeño.

## 31. PULIMIENTO DE AGREGADOS

Densidad	Valor Deducido
	B M A
-	-
5.00	0.80
10.00	1.30
15.00	2.80
20.00	3.80
25.00	4.60
30.00	5.30
35.00	5.90
40.00	6.40
45.00	6.80
50.00	7.20
55.00	7.50
60.00	7.80
65.00	8.10
70.00	8.40
75.00	8.60
80.00	8.90
85.00	9.10
90.00	9.30
95.00	9.50
100.00	9.70

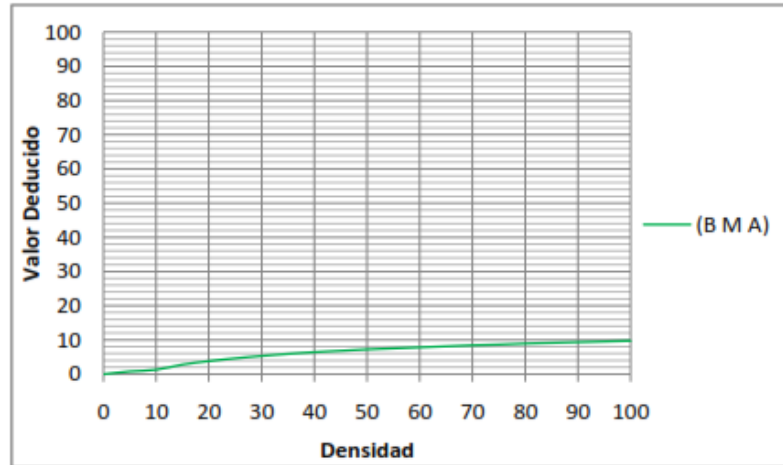


Fig. B.31 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Pulimiento de Agregados.

## 32. POPOUTS

Densidad	Valor Deducido
	B M A
-	-
5.00	0.70
10.00	1.50
15.00	2.30
20.00	3.20
25.00	4.00
30.00	4.80
35.00	5.70
40.00	6.70
45.00	8.00
50.00	9.10
55.00	10.10
60.00	11.10
65.00	11.90
70.00	12.70
75.00	13.40
80.00	13.90
85.00	14.10
90.00	14.30
95.00	14.40
100.00	14.60

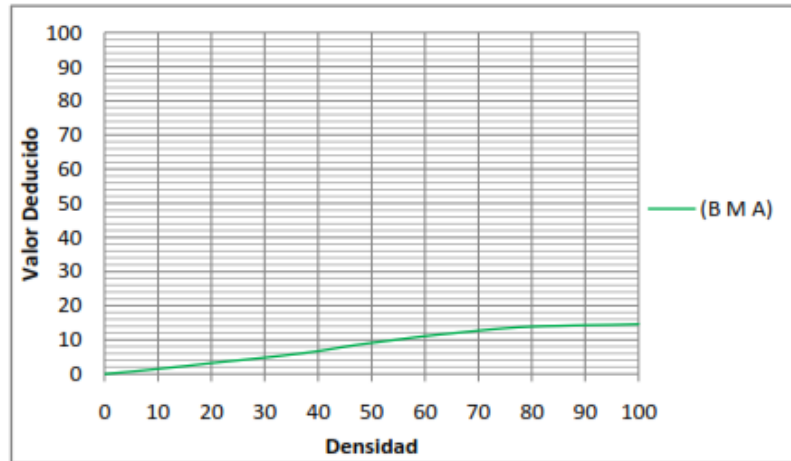
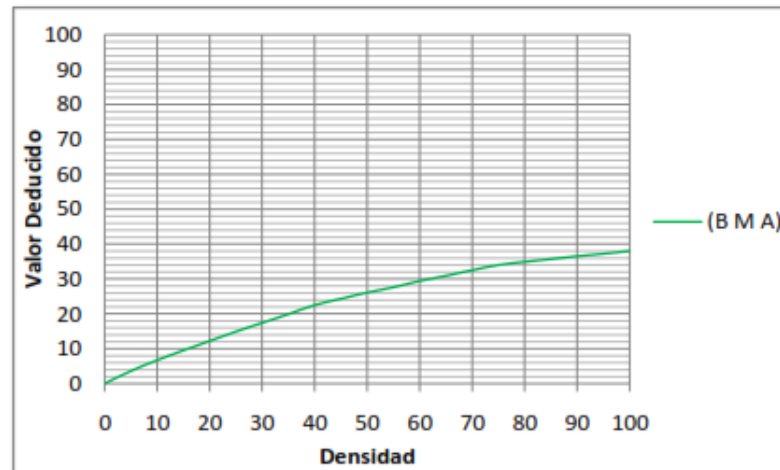


Fig. B.32 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Popouts.

### 33. BOMBEO

Densidad	Valor Deducido
	B M A
-	-
5.00	3.60
10.00	6.70
15.00	9.50
20.00	12.20
25.00	14.90
30.00	17.40
35.00	19.90
40.00	22.50
45.00	24.30
50.00	26.10
55.00	27.60
60.00	29.40
65.00	30.90
70.00	32.50
75.00	34.00
80.00	34.90
85.00	35.70
90.00	36.50
95.00	37.20
100.00	38.00



**Fig. B.33** Valores deducidos para pavimentos de concreto. Bombeo.

## 34. PUNZONAMIENTO

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	7.30	11.60	15.60
10.00	14.50	22.90	31.80
15.00	21.60	32.30	41.90
20.00	27.36	39.00	49.10
25.00	31.90	44.20	54.60
30.00	35.60	48.40	59.20
35.00	38.80	52.00	63.00
40.00	41.50	55.10	66.30
45.00	43.90	57.80	69.30
50.00	46.10	60.30	71.90
55.00	48.10	62.50	74.30
60.00	49.80	64.50	76.40
65.00	51.50	66.40	78.40
70.00	52.70	68.00	80.30
75.00	53.30	68.90	82.00
80.00	53.60	69.40	83.40
85.00	53.90	69.90	84.30
90.00	54.20	70.30	85.10
95.00	54.50	70.80	86.00
100.00	54.80	71.20	86.80

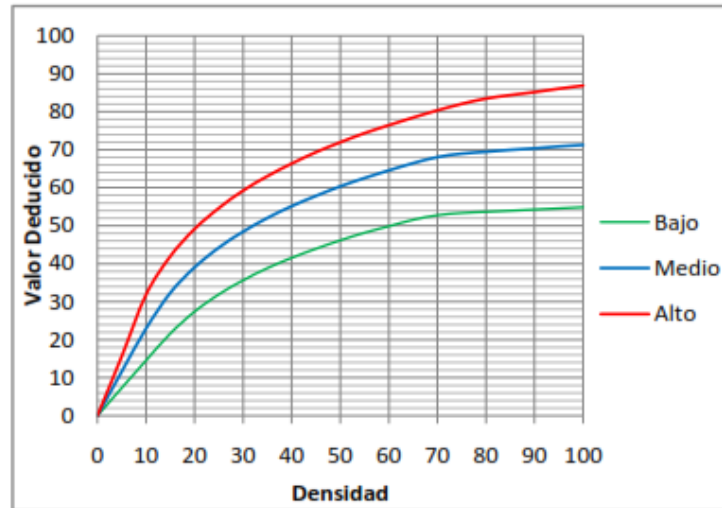


Fig. B.34 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Punzonamiento.

## 35. CRUCE DE VÍA FÉRREA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	4.70	9.10	29.00
10.00	8.60	17.60	54.30
15.00	13.20	24.60	63.50
20.00	16.50	29.50	70.00
25.00	19.00	33.40	75.10
30.00	21.10	36.50	79.30
35.00	22.90	39.20	82.80
40.00	24.40	41.50	85.80
45.00	25.70	43.50	88.50
50.00	26.90	45.40	90.90
55.00	28.00	47.00	93.00
60.00	29.00	48.50	95.00
65.00	-	-	-
70.00	-	-	-
75.00	-	-	-
80.00	-	-	-
85.00	-	-	-
90.00	-	-	-
95.00	-	-	-
100.00	-	-	-

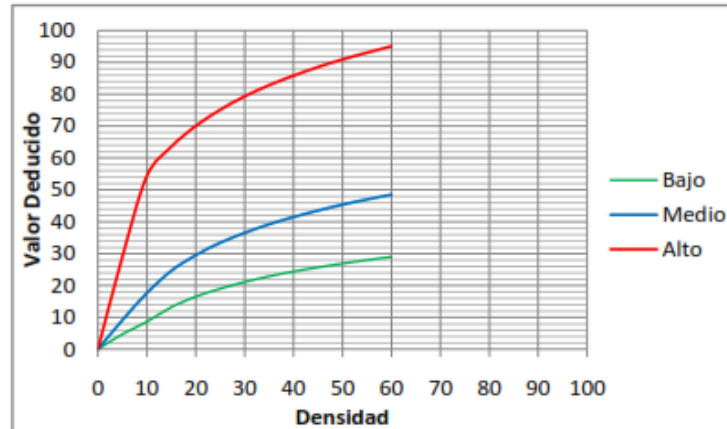


Fig. B.35 Valores deducidos para pavimentos de concreto.  
Cruce de Vía Férrea.

## 36. DESCONCHAMIENTO

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	1.20	4.20	9.30
10.00	2.10	8.00	17.30
15.00	3.80	11.90	24.20
20.00	5.00	14.60	29.10
25.00	5.90	16.70	33.00
30.00	6.70	18.50	36.10
35.00	7.30	20.00	38.70
40.00	7.90	21.20	41.00
45.00	8.30	22.40	43.00
50.00	8.80	23.40	44.80
55.00	9.20	24.30	47.00
60.00	9.50	25.10	49.20
65.00	9.90	25.90	51.20
70.00	10.20	26.60	53.20
75.00	10.50	27.30	55.20
80.00	10.70	27.90	57.30
85.00	11.00	28.50	59.30
90.00	11.20	29.00	61.30
95.00	11.40	29.50	63.30
100.00	11.70	30.00	65.30

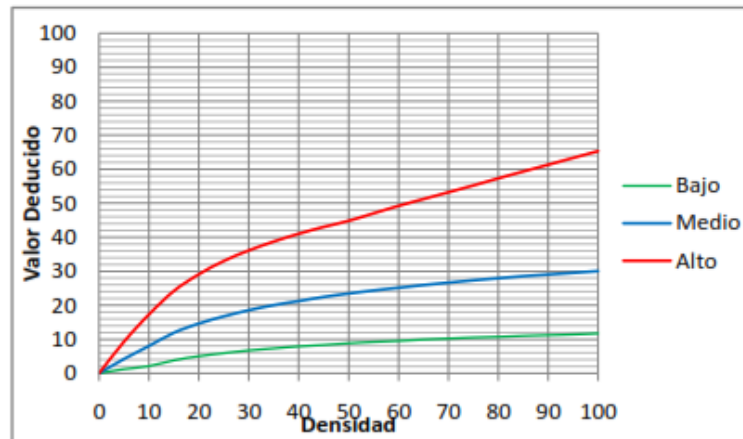


Fig. B.36 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Desconchamiento.

### 37. RETRACCIÓN

Densidad	Valor Deducido
	B M A
-	-
5.00	-
10.00	-
15.00	-
20.00	-
25.00	0.50
30.00	1.00
35.00	1.40
40.00	1.80
45.00	2.10
50.00	2.40
55.00	2.60
60.00	2.90
65.00	3.10
70.00	3.30
75.00	3.50
80.00	3.60
85.00	3.80
90.00	4.00
95.00	4.10
100.00	4.30

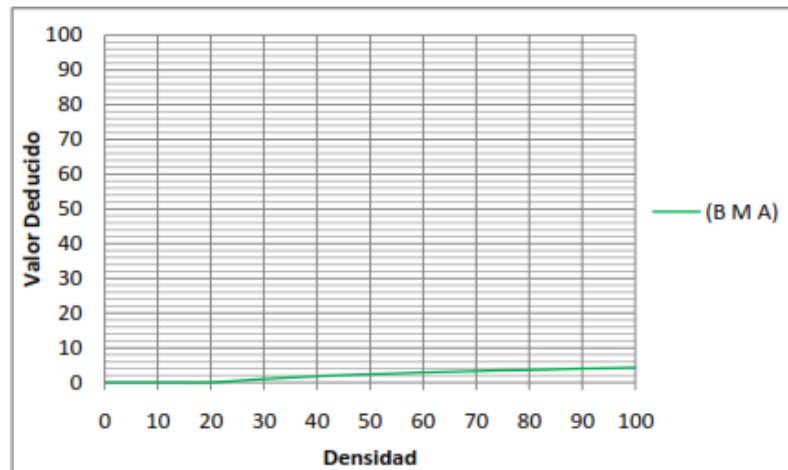


Fig. B.37 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Retracción.

38. DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	0.50	1.60	3.30
10.00	1.30	3.10	7.00
15.00	2.00	4.70	10.10
20.00	2.70	5.90	13.20
25.00	4.40	8.30	15.70
30.00	5.80	10.20	17.70
35.00	6.90	11.90	19.30
40.00	8.00	13.30	20.80
45.00	8.90	14.50	22.10
50.00	9.70	15.60	23.20
55.00	10.40	16.70	24.30
60.00	11.10	17.60	25.20
65.00	11.70	18.40	26.10
70.00	12.20	19.20	26.90
75.00	12.80	19.90	27.60
80.00	13.30	20.60	28.30
85.00	13.70	21.30	29.00
90.00	14.20	21.90	29.60
95.00	14.60	22.40	30.20
100.00	15.00	23.00	30.80

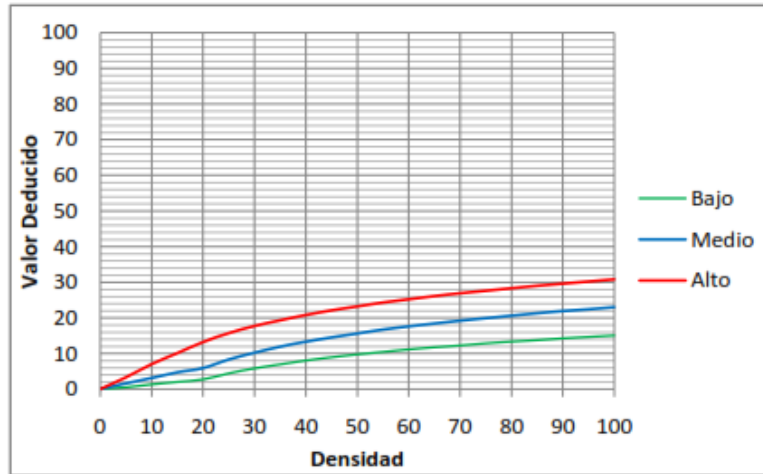


Fig. B.38 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Descascaramiento de esquina.

39. DESCASCARAMIENTO DE JUNTA

Densidad	Valor Deducido		
	B	M	A
-	-	-	-
5.00	1.40	2.00	7.00
10.00	2.40	4.00	13.40
15.00	3.20	6.10	19.70
20.00	4.20	8.30	24.20
25.00	5.40	10.80	28.50
30.00	6.50	12.80	31.90
35.00	7.63	14.50	34.90
40.00	8.10	16.00	37.40
45.00	8.80	17.30	39.70
50.00	9.40	18.40	41.70
55.00	9.90	19.50	43.50
60.00	10.40	20.40	45.20
65.00	10.90	21.30	46.70
70.00	11.30	22.10	48.10
75.00	11.70	22.90	49.40
80.00	12.10	23.60	50.60
85.00	12.40	24.20	51.80
90.00	12.70	24.90	52.90
95.00	13.00	25.50	53.90
100.00	13.30	26.00	54.90

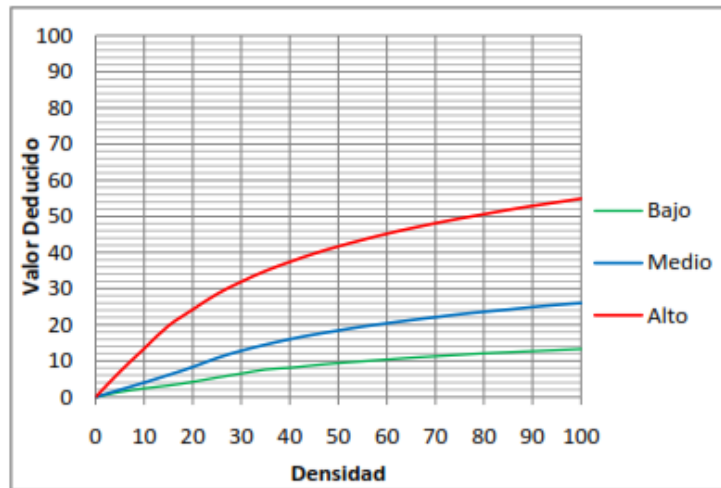


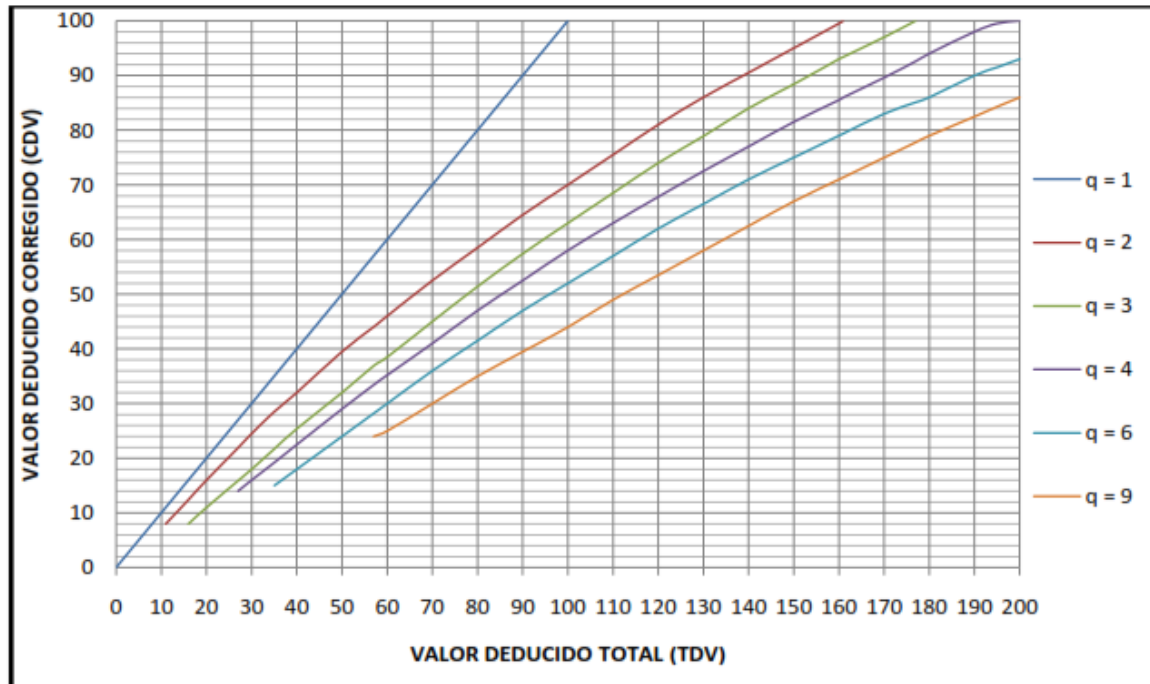
Fig. B.39 Valores deducidos para pavimentos de concreto. Descascaramiento de Junta.



CORRECCIÓN DE VALORES DEDUCIDOS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO

TOTAL DE VALORES DEDUCIDOS	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO					
	q1	q2	q3	q4	q6	q9
0.0	0.0					
10.0	10.0					
11.0	11.0	8.0				
16.0	16.0	12.4	8.0			
20.0	20.0	16.0	11.0			
27.0	27.0	21.9	15.9	14.0		
30.0	30.0	24.5	18.0	16.0		
35.0	35.0	28.5	21.7	19.2	15.0	
40.0	40.0	32.0	25.4	22.5	18.0	
50.0	50.0	39.5	32.0	29.0	24.0	
57.0	57.0	44.0	36.9	33.4	28.2	24.0
60.0	60.0	46.0	38.5	35.2	30.0	25.0
70.0	70.0	52.5	45.0	41.0	36.0	30.0
80.0	80.0	58.5	51.4	47.0	41.5	35.0
90.0	90.0	64.5	57.4	52.5	47.0	39.5
100.0	100.0	70.0	63.0	58.0	52.0	44.0
110.0		75.5	68.5	63.0	57.0	49.0
120.0		81.0	74.0	67.8	62.0	53.5
130.0		86.0	78.9	72.5	66.5	58.0
140.0		90.5	84.0	77.0	71.0	62.5
150.0		95.0	88.4	81.5	75.0	67.0
160.0		99.5	93.0	85.5	79.0	71.0
161.0		100.0	93.4	86.0	79.4	71.4
170.0			97.0	89.6	83.0	75.0
177.0			100.0	92.6	85.1	77.8
180.0				94.0	86.0	79.0
190.0				98.0	90.0	82.5
195.0				99.5	91.5	84.3
200.0				100.0	93.0	86.0

Fig. B. 40.1 Tabla de Valores Deducidos Corregidos para Pavimentos de Concreto.



**Fig. B. 40.2** Gráfica de Valores Deducidos Corregidos para Pavimentos de Concreto.



# ANEXO 03

## FOTOGRAFÍAS

136

**Figura 5.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Esfuerzo losa dividida.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 6.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Grieta en esquina.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 7.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Losa dividida.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 8.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Grieta lineal.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 9.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 10.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Drenaje deficiente.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 11.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 12.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Pulimiento de Agregados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 13.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 14.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Grietas de Esquina



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 15.**

Pavimento rígido: Detalle de fallas superficiales – Deficiente Drenaje.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 16.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 17.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 18.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024

**Figura 19.**

Pavimento rígido: Característica del Tránsito – Gran densidad de Vehículos Pesados.



*Nota.* Ilustración propia del proyecto – Avenida Costanera 2024



**ANEXO 04**

**ANALISIS DE LABORATORIO DE MECANICA**

**DE SUELOS**

145



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYA N° 351

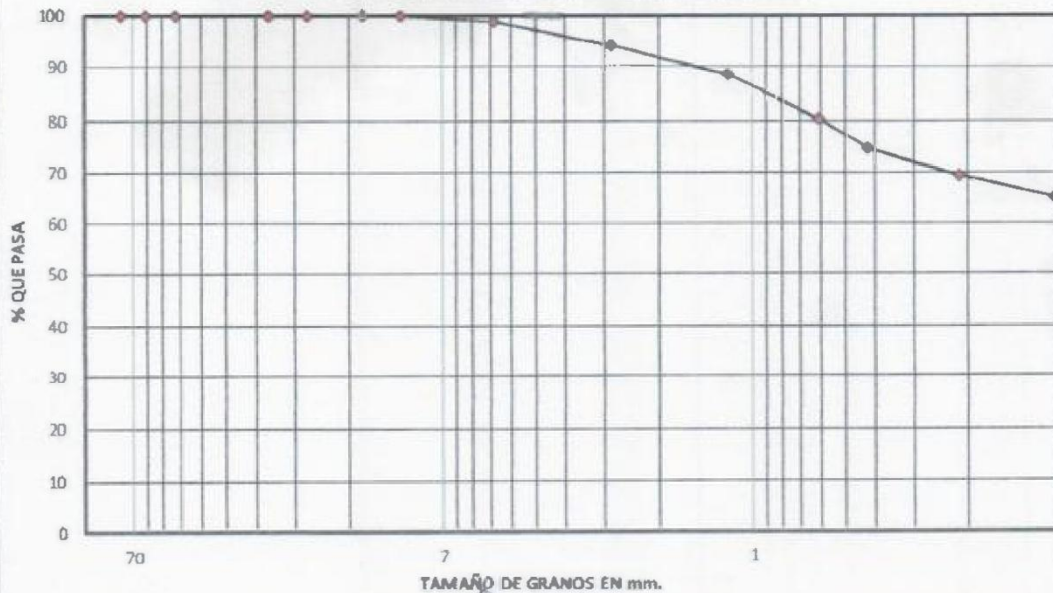


### ANALISIS GRANULOMETRICO ASTM D422, AASHTO T88, NTP 339.128

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>CALICATA</b>	: SUB RASANTE
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 1.50 m, E:2
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUTOR</b>	: FELIX YUCRA MAMANI
<b>MENTION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: PUNTO 4 ESTRATO 02						NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, NTP 339128	
N° DE BALSAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMUL	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	
3"	76.200				100.00		Peso Inicial : 1.245.55 Gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00		Peso Fracción : 0.00 Gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00		Humedad Natural : 13.06
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00		Límite Líquido : 28.15
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00		Límite Plástico : 16.07
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00		Índice Plástico : 12.08
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00		Índice Compresión : 0.16
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00		<b>CLASIFICACION NTP 339.134</b>
1/4"	6.350				100.00		AASHTO : A-6 (7)
N° 4	4.760	14.16	1.14	1.14	98.86		SUCS : CL
N° 6	3.350				98.86		IG : 7.00
N° 8	2.380				98.86		CC : -
N° 10	2.000	60.80	4.88	6.02	93.98		CU : -
N° 16	1.190				93.98		D50 mm : -
N° 20	0.840	69.20	5.56	115.7	88.43		D65 mm : -
N° 30	0.590				88.43		D84 mm : -
N° 40	0.425	99.52	7.99	19.56	80.44		Dm mm : 0.40
N° 50	0.297	72.04	5.78	25.35	74.65		% DE GRAVA : 1.14
N° 80	0.177				74.65		% DE ARENA : 33.86
N° 100	0.149	65.92	5.29	30.64	69.36		% DE FINOS : 65.00
N° 200	0.074	54.32	4.36	35.00	65.00		DESCRIPCION: MATERIAL CONFORMADO POR ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD
-200		809.59	65.00	100.00	0.00		

GRAFICO DE LA CURVA GRANULOMETRICO DEL SUELO





GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORIDRE)  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYAN° 351



### ENSAYOS DE CONSTANTES FISICOS NORMA: ASTM D 4318, NTP 339.129

PROYECTO	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	CALICATA	: SUB RASANTE
UBICACIÓN	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	ESTRATO	: 0.00 - 1.50 m. E-2
MAESTRIA EN	: INGENIERIA CIVIL	EJECUTOR	: FELIX YUCRA MAMANI
MENTION EN	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	FECHA	: AGOSTO DEL 2024

LIMITE LIQUIDO				
Nro. De Tarro	Nº	66	70	100
T. + Suelo Húmedo	Gr.	18.88	19.87	18.83
T. + Suelo Seco	Gr.	16.23	16.89	16.03
Agua	Gr.	2.65	2.98	2.80
Peso del Tarro	Gr.	6.45	6.32	6.55
Suelo Seco	Gr.	9.78	10.56	9.48
% de Humedad	%	27.07	28.22	29.54
Nro. De Golpes	Nº	32	24	16



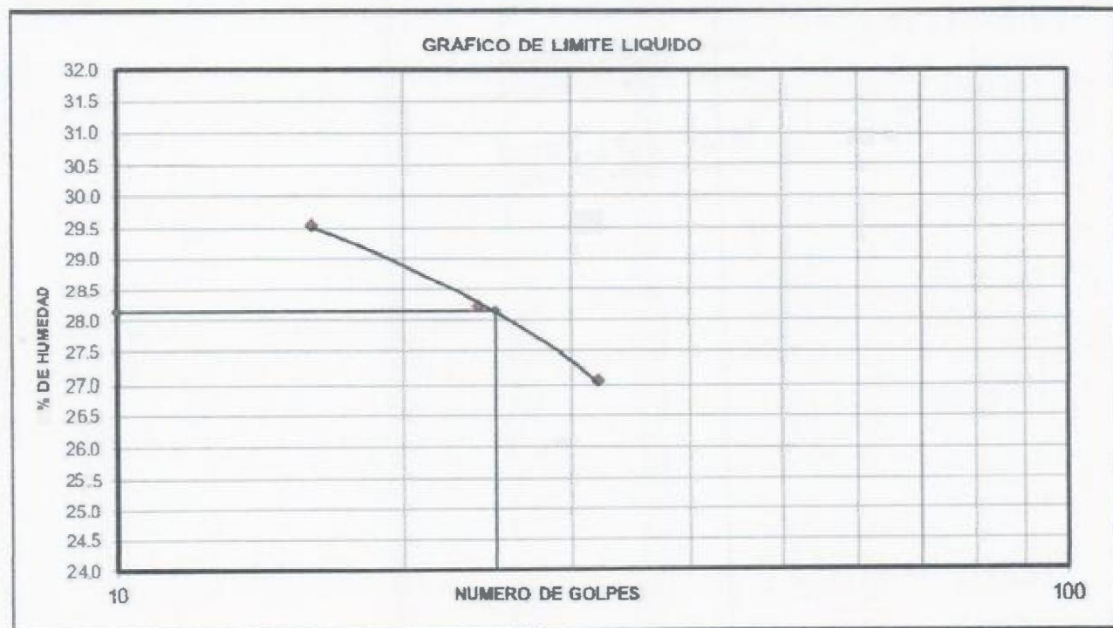
LIMITE PLASTICO				
Nro. De Tarro	Nº	30	40	50
T. + Suelo Húmedo	Gr.	11.10	10.90	10.66
T. + Suelo Seco	Gr.	10.24	10.09	9.88
Agua	Gr.	0.86	0.81	0.78
Peso del Tarro	Gr.	4.88	5.07	5.03
Suelo Seco	Gr.	5.36	5.02	4.85
% de Humedad	%	16.03	16.13	16.04
Humedad Promedio	%	16.07		

$$LL = W_h * (N/25) + 0.121$$

DONDE  
LL : Límite líquido  
W<sub>h</sub> : Contenido de humedad promedio  
N : Número de golpes

#### DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE PLASTICIDAD

LL	=	28.15	%
L.P.	=	16.07	%
LP	=	12.08	%



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Ingr. Bruno Turpo Sucari  
CIP. 105879  
JEFE DE LABORATORIO



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYA N° 351



### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216, NTP 339.127)

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>CALICATA</b>	: SUB RASANTE
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 1.50 m. E-2
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUTOR</b>	: FELIX YUCRA MAMANI
<b>MENTION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

DESCRIPCION	UND	DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD			
		1	2	3	4
NUMERO DE ENSAYOS	N°	1	2	3	4
Nro. DE RECIPIENTE	N°	20	18	58	
T. + SUELO HÚMEDO	Gr.	134.32	121.13	128.09	
T. + SUELO SECO	Gr.	123.20	111.44	120.28	
PESO DE RECIPIENTE	Gr.	38.12	37.31	60.35	
PESO DE AGUA	Gr.	11.12	9.69	7.81	
PESO DE SUELO SECO	%	85.07	74.13	59.93	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	13.08	13.08	13.03	
HUMEDAD NATURAL	%	<b>13.06</b>			

GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PRORRIDRE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

*[Firma]*

Ingr. Bruno Turpo Sucari  
CIP. 102875  
JEFE DE LABORATORIO



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIORE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYA N° 351



### ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO METODO-C ASTM D - 1556

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>CALICATA</b>	: SUB RASANTE
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 150 m. E-2
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUTOR</b>	: FELIX YUCRA MAMANI
<b>MENCION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

Determinación	Nº	1	2	2	3
Peso del Molde y la muestra	gr.	9,414	9,699	9,724	9,467
Peso del Molde	gr.	7,070	7,070	7,070	7,070
Peso de la muestra compact.	gr.	2,344	2,629	2,654	2,397
Volumen del molde	cc.	2,100	2,100	2,100	2,100
Densidad Humeda	gr/cc.	1.12	1.25	1.26	1.14
Contenido de Humedad	%	13.01	15.05	17.11	19.10
Densidad Seca	gr/cc.	0.99	1.09	1.08	0.96

#### CONTENIDO DE HUMEDAD

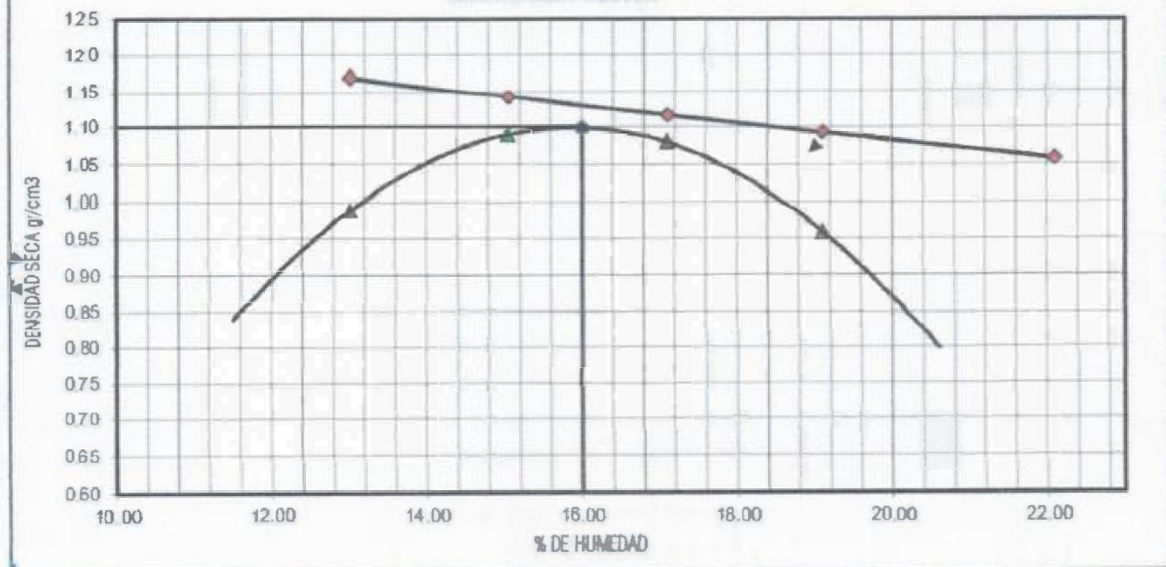
Tarro	Nº	44	12	14	6	8	7	10	8
Peso del Tarro	gr.	33.65	34.77	32.76	36.87	38.88	36.11	35.22	33.76
Peso del T.+Suelo Humedo	gr.	142.43	141.76	146.32	138.22	144.87	165.32	145.43	154.32
Peso del T.+Suelo Seco	gr.	129.86	129.48	131.46	124.96	129.40	146.44	127.84	134.89
Peso del Agua	gr.	12.57	12.28	14.86	13.26	15.48	18.89	17.59	19.43
Peso del Suelo Seco	gr.	96.21	94.71	98.70	88.09	90.52	110.33	92.62	101.13
Contenido de Humedad	%	13.06	12.97	15.06	15.05	17.10	17.12	19.00	19.21
Promedio de Humedad	%	13.01		15.05		17.11		19.10	

DENSIDAD MAXIMA SECA

1.1000 Gr./cm<sup>3</sup> CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA

16.000%

#### GRAFICO DEL PROCTOR



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PRORRIORE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

Ing. Bruno Turpo Sucari  
CIP. 105678  
JEFE DEL LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PROFRIDRE)  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JL. CARABAYAN N° 351



### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	CALICATA	SUBRASANTE
UBICACION	DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	MATERIAL	0.00 - 1.50m E-2
MAESTRIA EN	INGENIERIA CIVIL	EJECUTOR	FELIX YUCRA MAMAY
MIENCION EN	GEOTECNIA Y TRANSPORTES	FECHA	AGOSTO DEL 2014

#### COMPACTACION

MOLDE N°	3A				2A				1A			
	N° DE CAPAS / N° DE GOLPES / CAPA				N° DE CAPAS / N° DE GOLPES / CAPA				N° DE CAPAS / N° DE GOLPES / CAPA			
N° DE CAPAS	5				5				5			
N° DE GOLPES / CAPA	56				25				12			
COND. DE LA MUEST.	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADA		SIN SATURAR		SATURADO	
PESO MOLDE + SUELO H.	9786		9968		10248		10487		9362		8567	
PESO DEL MOLDE	6,917		6,917		7,401		7,401		6,638		6,638	
PESO DEL SUELO HUM.	2,869		3,051		2,847		3,086		2,724		2,929	
VOLUMEN DEL SUELO	2,271		2,271		2,359		2,359		2,278		2,278	
DENSIDAD HUMEDA	1.26		1.34		1.21		1.31		1.20		1.29	
DENSIDAD SECA	1.09		1.13		1.04		1.09		1.03		1.05	
TARRO N°	12	15	60	50	4	17	20	5	8	10	16	18
TARRO + SUELO HUM.	155.54	162.66	154.12	161.77	163.77	148.88	152.77	154.33	162.11	167.87	158.32	158.21
TARRO + SUELO SECO	136.03	142.19	137.32	138.88	143.78	130.51	130.13	130.03	141.89	146.69	132.23	133.00
AGUA	19.51	20.48	21.80	22.89	20.49	18.37	22.54	25.30	20.22	21.18	26.09	26.21
PESO DEL TARRO	14.74	14.65	15.32	15.09	15.32	15.87	17.65	17.21	16.33	15.21	16.04	15.32
PESO DEL SUELO SECO	121.29	127.54	117.00	123.79	127.96	114.64	112.49	121.82	125.56	131.48	116.19	117.66
% DE HUMEDAD	16.09	16.05	18.63	18.49	16.01	16.02	20.12	20.77	16.10	16.11	22.46	22.27
% DE HUM. PROMEDIO	16.07		18.56		16.02		20.45		16.10		22.36	

#### EXPANCON = 2.06 %

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL (mm.)	EXPANSION		DIAL (mm.)	EXPANSION		DIAL (mm.)	EXPANSION	
				(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%
04-08-24	15:30 PM	00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05-08-24	15:30 PM	24:00	1.22	1.22	1.05	1.57	1.34	1.87	1.87	1.69	1.69
06-08-24	15:30 PM	48:00	1.48	1.48	1.26	1.98	1.68	2.11	2.11	1.81	1.81
07-08-24	15:30 PM	72:00	2.13	2.13	1.82	2.44	2.09	2.66	2.66	2.27	2.27

#### PENETRACION

PENET. mm.	PRESION (kgf/cm2)	MOLDE N° 3A				MOLDE N° 2A				MOLDE N° 1A			
		N° DE GOLPES / CAPA		CORRECCION		N° DE GOLPES / CAPA		CORRECCION		N° DE GOLPES / CAPA		CORRECCION	
		CARGA DIAL	Kg	Kg/cm2	%	CARGA DIAL	Kg	Kg/cm2	%	CARGA DIAL	Kg	Kg/cm2	%
0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63		1.38	36.45	1.86		0.67	33.24	1.89		0.00	30.15	1.54	
1.27		9.64	741.2	3.78		3.94	48.13	2.45		0.24	312.7	1.59	
1.90		16.74	106.50	5.43		6.24	58.62	2.99		0.67	332.4	1.89	
2.54	70.31	22.73	133.81	6.82	9.7%	8.29	67.97	3.45	4.9%	1.00	34.74	1.77	
3.17		26.64	151.64	7.72		9.84	75.04	3.82		1.65	37.68	1.92	
3.81		29.74	165.78	8.45		11.64	83.24	4.24		2.43	41.28	2.10	
5.08	105.66	34.84	189.07	9.63	9.1%	14.73	97.33	4.96	4.7%	4.34	49.98	2.55	
7.62		39.75	211.42	10.77		18.94	116.54	5.94		6.99	62.03	3.16	
10.16													
12.70													

GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
  
Ing. Bruno Tizad Sucari  
JEFE DEL LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDORE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JL. CARABAYA N° 351



### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO:	EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIEGOS DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	Metodo de compactación:	T-100 "D"
UBICACIÓN:	DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	Máxima Densidad Seca (gr/cc):	1.100
MAESTRIA EN:	INGENIERIA CIVIL	Óptimo Contenido de Humedad (%):	16.00
PROGRESIVA:	GEOTECNIA Y TRANSPORTES	CBR 100% MDS:	8.6%
		CBR 95% MDS:	3.0%
		CBR 90% MDS:	

**GRAFICO DEL PROCTOR**

**RESULTADO DE C.B.R.**

**ENSAYO PRELIMINAR DEL PROCTOR**

METODO DE COMPACTACION	D
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.10
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.00
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.05
90% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	

**COMPACTACION DE LOS MOLDES**

MOLDE N°	3A	2A	1A
N° DE CAPAS	5	5	5
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12
DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.111	1.06	1.04
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.1	16.0	16.1
C.B.R. %	2.54	9.7	4.9
C.B.R. %	5.08	0.0	0.0

**RESULTADOS**

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	2.54	8.64
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	2.54	3.00
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	2.54	

**GRAFICO DE C.B.R. 56 GOLPES**

**GRAFICO DE C.B.R. 25 GOLPES**

**GRAFICO DE C.B.R. 12 GOLPES**

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
Ing. Bruno Turpo Sacari  
CIP 10585  
JEFES DEL LABORATORIO



Gobierno Regional - Puno  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYAN° 351

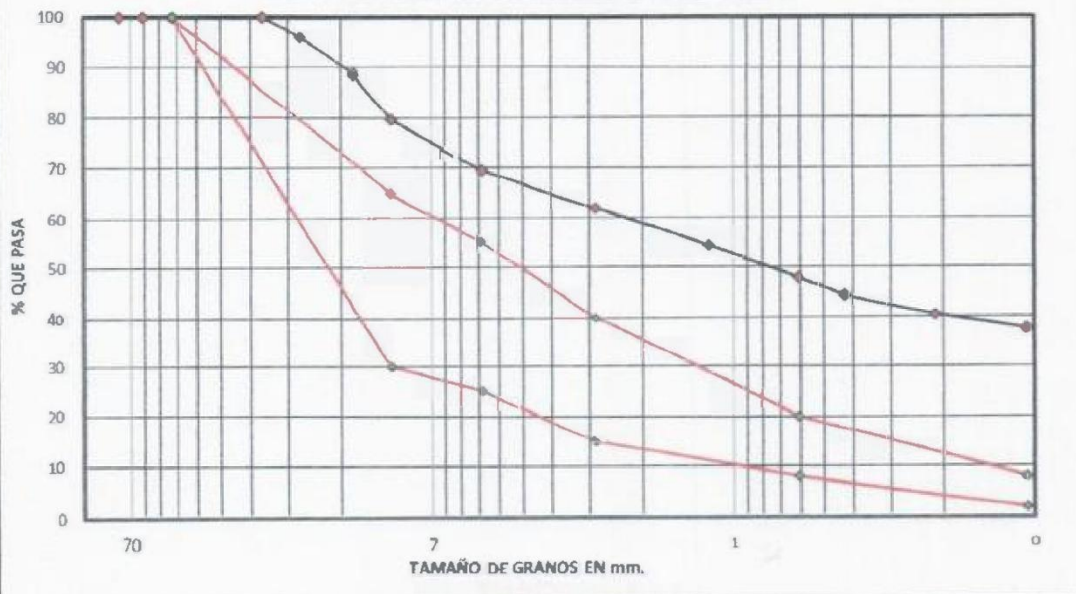


### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO ASTM D422, AASHTO T88, NTP 339.128

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>CALICATA</b>	: BASE
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 1.50 m. E-2
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUT OR</b>	: FELIX YUCRA MAMANI
<b>MENCION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

PROCEDENCIA DEL MATERIAL: PUNTO 1-ESTRATO 02							NORMA : ASTM D422, AASHTO T88, NTP 339.128	
N° DE MALLAS	ABERTURA DE MALLAS (mm)	PESO RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES BASE		
3"	76.200				100.00			Peso Inicial : 1,245.55 Gr.
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00			Peso Fracción : 0.00 Gr.
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100 - 100		Humedad Natural : 8.80
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00			Limite Liquido : 15.04
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00			Limite Plastico : 7.04
3/4"	19.050	50.16	4.03	4.03	95.97			Indice Plastico : 8.00
1/2"	12.700	90.94	7.30	11.33	88.67			Indice Compresion : 0.05
3/8"	9.525	114.20	9.17	20.50	79.50	30 - 65		<b>CLASIFICACION NTP 339.134</b>
1/4"	6.350				79.50			AASHTO : <b>A-4 (0)</b>
N° 4	4.750	125.76	10.10	30.59	69.41	25 - 55		SUCS : <b>SC</b>
N° 6	3.380				69.41			IG : 0.00
N° 8	2.380				69.41			CC : -
N° 10	2.000	91.05	7.31	37.90	62.10	15 - 40		CU : -
N° 16	1.190				62.10			DENSIDAD MAXIMA : 1.35
N° 20	0.840	98.60	7.92	45.82	54.18			HUMEDAD OPTIMA : 10.50
N° 30	0.590				54.18			CBR AL 100% : 27.00
N° 40	0.426	79.52	6.38	52.20	47.80	8 - 20		CBR AL 95% : 20.44
N° 50	0.297	417.2	3.35	55.55	44.45			% DE GRAVA : 30.59
N° 80	0.177				44.45			% DE ARENA : 31.92
N° 100	0.149	49.76	4.00	59.55	40.45			% DE FINOS : 37.49
N° 200	0.074	36.88	2.96	62.51	37.49	2 - 8		DESCRIPCION: MATERIAL CONFORMADO POR ARENA ARCILLOSA
-200		466.95	37.49	100.00	0.00			

GRAFICO DE LA CURVA GRANULOMETRICO DEL SUELO



Gobierno Regional - Puno  
PRORRIDRE  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
Ing. Bruno Turpo Sucari  
CIP 105173  
REFERENCIAL LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
 PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
 (PRORRIURE)  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
 JR. CARABAYAN\* 351



### ENSAYOS DE CONSTANTES FISICAS NORMA: ASTM D 4318, NTP 339.129

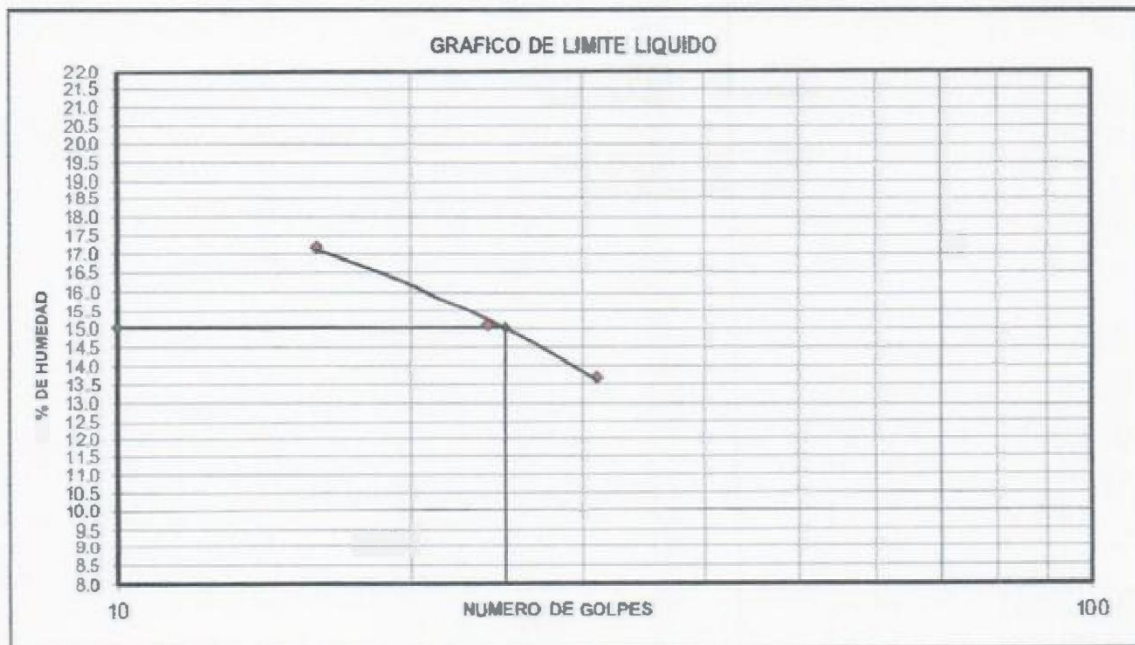
PROYECTO	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	CALICATA	: BASE
UBICACIÓN	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	ESTRATO	: 0.00 - 1.50 m. E-2
MAESTRIA EN	: INGENIERIA CIVIL	EJECUTOR	: FELIX YUCRA MAMANI
MENCION EN	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	FECHA	: AGOSTO DEL 2024

LIMITE LIQUIDO				
Nro. De Tarro	Nº	66	70	100
T. + Suelo Húmedo	Gr	18.88	19.87	18.83
T. + Suelo Seco	Gr	17.38	18.09	17.03
Agua	Gr	15.0	1.78	18.0
Peso del Tarro	Gr	6.45	6.32	6.55
Suelo Seco	Gr	10.93	11.77	10.48
% de Humedad	%	13.68	15.11	17.18
Nro. De Golpes	Nº	31	24	16



LIMITE PLASTICO				
Nro. De Tarro	Nº	30	40	50
T. + Suelo Húmedo	Gr	11.10	10.90	10.66
T. + Suelo Seco	Gr	10.69	10.51	10.29
Agua	Gr	0.41	0.39	0.37
Peso del Tarro	Gr	4.88	5.07	5.03
Suelo Seco	Gr	5.81	5.45	5.25
% de Humedad	%	7.02	7.09	7.00
Humedad Promedio	%	7.04		

LL =	$W_n * (N/25) + 0.121$
DONDE	
LL	: Límite líquido
$W_n$	: Contenido de humedad promedio
N	: Número de golpes
DETERMINACIÓN DE INDICE DE PLASTICIDAD	
L.L.	= 15.04 %
L.P.	= 7.04 %
LP.	= 8.00 %



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
 PRORRIURE  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
 Ing. Bruno Turpo Sucari  
 CIP 105879  
 JEFE DE LABORATORIO



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYA N° 351



### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216, NTP 339.127)

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>CALICATA</b>	: BASE
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 1.50 m. E-2
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUTOR</b>	: FELIX YUCRA MAMANI
<b>MENCION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

DESCRIPCION	UND	DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD			
		1	2	3	4
NUMERO DE ENSAYOS	N°	1	2	3	4
Nro. DE RECIPIENTE	N°	6	7	18	
T. + SUELO HÚMEDO	Gr.	143.76	148.76	150.65	
T. + SUELO SECO	Gr.	135.50	140.02	141.64	
PEÑO DE RECIPIENTE	Gr.	40.21	42.77	38.76	
PEÑO DE AGUA	Gr.	8.26	8.74	9.01	
PEÑO DE SUELO SECO	%	95.29	97.26	102.88	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.66	8.98	8.75	
HUMEDAD NATURAL	%	<b>8.80</b>			

GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PRORRIDRE  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

Ing. Bruno Turpo Bucari  
CIP 102275  
JEFE DE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYAN° 351



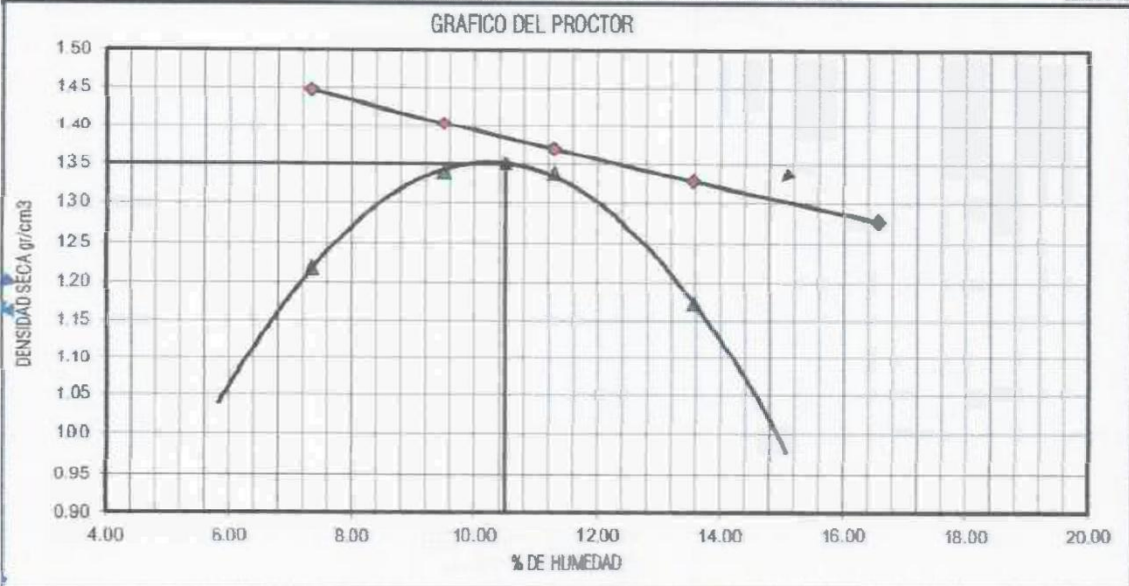
### ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO METODO-C ASTM D - 1556

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>CALICATA</b>	: BASE
<b>UBICACIÓN</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 1.50 m. E-2
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUTOR</b>	: FELIX YUCRA MAMAN
<b>MENCION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

Determinación	Nº	1	2	2	3
Peso del Molde y la muestra	gr.	9,814	10,148	10,196	9,867
Peso del Molde	gr.	7,070	7,070	7,070	7,070
Peso de la muestra compact.	gr.	2,744	3,078	3,126	2,797
Volumen del molde	cc.	2,100	2,100	2,100	2,100
Densidad Humeda	gr/cc.	1.31	1.47	1.49	1.33
Contenido de Humedad	%	7.34	9.50	11.29	13.56
Densidad Seca	gr/cc.	1.22	1.34	1.34	1.17

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>									
Tarro	Nº	44	12	14	6	8	7	10	8
Peso del Tarro	gr.	33.65	34.77	32.76	36.87	38.88	36.11	35.22	33.76
Peso del T.+Suelo Humedo	gr.	142.43	141.76	146.32	138.22	144.87	165.32	145.43	154.32
Peso del T.+Suelo Seco	gr.	135.04	134.39	136.46	129.43	134.10	152.24	132.44	139.74
Peso del Agua	gr.	7.39	7.37	9.86	8.79	10.78	13.09	12.99	14.58
Peso del Suelo Seco	gr.	101.39	99.62	103.70	92.56	95.22	116.13	97.22	105.98
Contenido de Humedad	%	7.29	7.40	9.51	9.49	11.32	11.27	13.36	13.78
Promedio de Humedad	%	7.34		9.50		11.29		13.56	

DENSIDAD MAXIMA SECA 1.3500 Gr./Cm<sup>3</sup> CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA 10.500%



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
 PRORRIDRE  
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO  
  
 Ing. Bruno Turpo Bucar  
 CIP 105875  
 JEFE DE LABORATORIO



GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYAN N° 351



### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	CALICATA	BASE
UBICACION	DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	MATERIAL	3B - 150x6 - 2
MAESTRIA EN	INGENIERIA CIVIL	EJECUTOR	FELIX YUCRAMAMAN
MENTION EN	GEOTECNIA Y TRANSPORTES	FECHA	AGOSTO DEL 2020

#### COMPACTACIÓN

COND. DENOM.	3A				2A				1A			
	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
MOLDE N°	3A				2A				1A			
N° DE CAPAS	5				5				5			
N° DE GOLPES / CAPA	56				25				12			
PESO MOLDE + SUELO H.	10,237	10,457			10,788	10,985			9,832	10,032		
PESO DEL MOLDE	6,917	6,917			7,401	7,401			6,636	6,636		
PESO DEL SUELO HUM.	3,320	3,550			3,387	3,584			3,194	3,394		
VOLUMEN DEL SUELO	2,271	2,271			2,359	2,359			2,278	2,278		
DENSIDAD HUMEDA	1.46	1.56			1.44	1.52			1.40	1.49		
DENSIDAD SECA	1.32	1.39			1.30	1.33			1.27	1.26		
TARRO N°	12	15	60	50	4	17	20	5	8	10	16	18
TARRO + SUELO HUM.	155.54	162.66	154.12	161.77	163.77	148.88	152.77	164.33	162.11	167.67	156.32	159.21
TARRO + SUELO SECO	142.10	148.65	138.32	145.88	149.63	136.51	136.13	145.66	148.27	153.43	138.73	138.80
AGUA	13.44	14.02	15.80	15.89	14.14	12.37	16.64	18.67	13.84	14.44	20.09	20.41
PESO DEL TARRO	14.74	14.65	15.32	15.09	15.32	15.67	17.85	17.21	16.33	15.21	16.04	15.32
PESO DEL SUELO SECO	127.37	134.00	123.00	130.79	134.31	120.64	116.49	128.45	131.94	138.22	122.19	123.48
% DE HUMEDAD	10.55	10.46	12.84	12.15	10.52	10.25	14.04	14.54	10.49	10.45	16.44	16.53
% DE HUM. PROMEDIO	10.50		12.50		10.39		14.29		10.47		16.48	

#### EXPANSION = 1.40 %

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL (mm.)	EXPANSION		DIAL (mm.)	EXPANSION		DIAL (mm.)	EXPANSION	
				(mm)	%		(mm)	%		(mm)	%
04-08-24	15:30 PM	00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05-08-24	15:30 PM	24:00	0.44	0.44	0.38	0.90	0.77	1.23	1.23	1.23	1.05
06-08-24	15:30 PM	48:00	0.90	0.90	0.77	1.23	1.05	1.87	1.87	1.87	1.60
07-08-24	15:30 PM	72:00	1.08	1.08	0.94	1.76	1.50	2.07	2.07	2.07	1.77

#### PENETRACIÓN

PENET. mm.	PRESION (kgf/cm <sup>2</sup> )	MOLDE N° 3A				MOLDE N° 2A				MOLDE N° 1A			
		N° DE GOLPES/CAPA		CORRECCION	%	N° DE GOLPES /CAPA		CORRECCION	%	N° DE GOLPES/CAPA		CORRECCION	%
		CARGA DIAL	Kg			Kg/cm <sup>2</sup>	CARGA DIAL			Kg	Kg/cm <sup>2</sup>		
0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63		2.164	128.84	6.56		13.74	92.82	4.73		9.74	74.58	3.80	
1.27		45.74	236.74	12.16		33.74	194.02	9.37		26.66	151.70	7.73	
1.90		62.74	316.26	16.11		50.76	261.65	13.33		42.74	225.06	11.66	
2.54	70.31	76.76	380.20	19.37	27.5%	64.89	326.06	16.61	23.6%	52.82	2.7106	13.81	19.6%
3.17		88.73	434.77	22.15		74.74	370.96	18.90		61.74	311.70	15.88	
3.81		97.76	475.97	24.25		82.64	407.00	20.73		68.73	343.57	17.50	
5.08	105.46	112.00	540.90	27.55	26.1%	94.75	462.22	23.55	22.3%	78.74	389.22	19.83	18.8%
7.62		132.35	633.69	32.28		111.87	540.31	27.52		88.84	439.84	22.41	
10.16													
12.70													

GOBIERNO REGIONAL - PUNO  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

Ing. Bruno Turpo Sucas  
CIP 105875  
JEFE DEL LABORATORIO



Gobierno Regional - Puno  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIURE)  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
JR. CARABAYAN N° 351



### RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)

(NORMA AASHTO T-193, ASTM D 1883)

PROYECTO	EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	Método de compactación	T-100 "D"
UBICACIÓN	DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	Máxima Densidad Seca (gr/cc)	1.350
MAESTRIA EN	INGENIERIA CIVIL	Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.50
PROGRESIVA	GEOTECNIA Y TRANSPORTES	CBR 100% MDS	27.0%
		CBR 95% MDS	20.4%
		CBR 90% MDS	

**GRAFICO DEL PROCTOR**

**RESULTADO DE C.B.R.**

**ENSAYO PRELIMINAR DEL PROCTOR**

METODO DE COMPACTACION	D
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.35
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.50
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	1.28

**COMPACTACION DE LOS MOLDES**

MOLDE N°	3A	2A	1A	
N° DE CAPAS	5	5	5	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	56	25	12	
DENSIDAD SECA (g/cm³)	13.56	13.2	12.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.5	10.4	10.5	
C.B.R. %	254	27.5	23.6	19.6
C.B.R. %	5.08	0.0	0.0	0.0

**RESULTADOS**

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	27.00
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	20.44
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	254

**GRAFICO DE C.B.R. 56 GOLPES**

**GRAFICO DE C.B.R. 25 GOLPES**

**GRAFICO DE C.B.R. 12 GOLPES**

Gobierno Regional - Puno  
PRORRIURE  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

*[Signature]*  
Ing. Bruno Turpo Sucasí  
JEFE DEL LABORATORIO



**GOBIERNO REGIONAL - PUNO**  
PROGRAMA REGIONAL DE RIEGO Y DRENAJE  
(PRORRIDRE)  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO



### ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE EN CONCRETO CON EL EQUIPO MARTILLO SCHMIDT (ESCLEROMETRO)

ASTM D5873-05

<b>PROYECTO</b>	: EVALUACION GEOTECNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RIGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO	<b>ESTRUCTURA</b>	: PAVIMENTO
<b>UBICACION</b>	: DIST. DE PUNO - PROV. DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	<b>ESTRATO</b>	: 0.00 - 0.20 m.
<b>MAESTRIA EN</b>	: INGENIERIA CIVIL	<b>EJECUTOR</b>	: FELIX YUCRA MAMANI
<b>MENCION EN</b>	: GEOTECNIA Y TRANSPORTES	<b>FECHA</b>	: AGOSTO DEL 2024

CANTIDAD DE PUNTOS	DETALLE	NUMERO DEL PUNTO DE ENSAYO	POSICION DEL ENSAYO	NUMERO DE GOLPES CON EL EQUIPO DE ESCLEROMETRO										PROMEDIO	RESISTENCIA A DE LA ROCA Fc <sup>ro</sup> Kg/Cm2	RESISTENCIA DEL ROCA Fc <sup>ro</sup> Mpa							
				24	25	24	25	24	26	24	25	26	24				25	26	24	25	26	24	25
1.00	PAVIMENTO	N° 01	VERTICAL	24	25	24	25	24	26	24	25	26	24	25	26	24	25	26	24.83	6.93	174.00	17.06	
2.00	PAVIMENTO	N° 02	VERTICAL	23	24	24	25	24	25	24	24	24	24	24	24	24	25	24	25	24.25	6.75	173.00	16.97
3.00	PAVIMENTO	N° 03	VERTICAL	25	24	25	24	25	23	24	24	24	24	24	25	23	24	24	24	24.17	6.74	173.00	16.97
4.00	PAVIMENTO	N° 04	VERTICAL	24	25	23	24	25	23	24	25	24	24	24	25	23	23	23	24.00	6.71	173.00	16.97	
5.00	PAVIMENTO	N° 05	VERTICAL	23	25	26	24	27	25	24	26	23	24	25	24	25	24	24	24.67	6.94	174.00	17.06	

GOBIERNO REGIONAL PUNO  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETO

ING. BRUNO TUPAC SUCCARI  
COORDINADOR DEL LABORATORIO





ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 25/09/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: FELIX YUCRA MAMANI

Dirección: CALLE SALIDA A CHEJAYA S/N

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 01213292

Teléfono: 945657339 email: felixyucrama@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: MAESTRÍA EN INGENIERÍA CIVIL

Escuela Profesional o Mención: GEOTECNIA Y TRANSPORTES

Título o Grado Académico a optar: MAGISTER EN INGENIERÍA CIVIL

Asesor: Dr. RAMIRO AMILCAR BOLAÑOS CALDERÓN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN GEOTÉCNICA DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO RÍGIDO DE LA AVENIDA COSTANERA DE LA CIUDAD DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Evaluación geotécnica, pavimento rígido.

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2?</sup>

2

<sup>1</sup> 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, entré otros relacionados.

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



2. Referencia de tesis:

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

Sí autorizo  
 No autorizo

**Jurisdicción de su Licencia**

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P50

Firma de Autor



huella digital

25 de Septiembre 2025

Fecha