



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



**PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA  
SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS  
EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA  
TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. LUIS LUPACA MANSILLA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
**INGENIERO CIVIL**

JULIACA – PERÚ

2024



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA  
SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS  
EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA  
TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. LUIS LUPACA MANSILLA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
\_\_\_\_\_  
Dr. EFRAIN PARILLO SOSA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. HERMÁN PEDRO MARTINEZ RAMOS

**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
\_\_\_\_\_  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 566-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 23 de diciembre de 2024

VISTOS:

El INFORME N° 121-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J del Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°554-2024 de fecha 18 de diciembre de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO; y el trámite solicitado por el Bachiller en Ingeniería Civil y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: LUIS LUPACA MANSILLA; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, y;

Que, los Jurados designados por el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la FICP, están integrados por los siguientes Docentes;

- \* Presidente : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
\* 1er Miembro : Dr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS
\* 2do Miembro : Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA
\* Asesor : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

De conformidad al Reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTICULO PRIMERO. - APROBAR Lugar, Día y Hora para que el (la) bachiller: LUIS LUPACA MANSILLA; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de acuerdo al siguiente detalle:

- \* FECHA : viernes 27 de diciembre de 2024
\* HORA : 16:00 horas
\* LUGAR : Aula 406 - FICP

ARTICULO SEGUNDO. - La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

C.c. Arch. 2024 Interesado Escuela Profesional



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



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ" FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS Dr. EFRAIN PARILLO SOSA SECRETARIO ACADÉMICO CIP. 95531



“NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ”

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 554-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 18 de diciembre de 2024

**VISTOS:**

El **INFORME N° 187-2024-D-UI-FICP-UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias, **INFORME N° 103-2024-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 346-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **02 de junio de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **06 de diciembre de 2024** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **LUIS LUPACA MANSILLA**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO.**

Que, habiendo procedido de acuerdo al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajo de Investigación, con fines de la obtención de Grados Académicos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el Responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, nominó a la sub comisión de evaluación de trabajo de investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **1er Miembro** : **Dr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 1383-2024, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO.**

Estando, conforme a la **RESOLUCIÓN DECANAL N°064-2019-CF-FICP-UANCV** de fecha 02 de octubre de 2019 donde aprueba el reglamento de aseguramiento de calidad de trabajos de investigación, con fines de obtención de grados académicos y títulos profesionales a la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, que consta de XI capítulos y 71 artículos, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTICULO PRIMERO.- APROBAR**, el informe final de **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (Tesis)**, del Bachiller: **LUIS LUPACA MANSILLA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO.**

La misma que deberá proceder a la impresión de su borrador de Trabajo de Investigación en limpio, de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras - Escuela Profesional de Ingeniería Civil.

**ARTICULO SEGUNDO.- RECONOCER**, como asesor del Trabajo de Investigación (tesis) al docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, al **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**ARTICULO TERCERO.-** La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, el Director y el responsable del comité de investigación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese,

C.c.  
archivo 2024  
interesado (a)



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADEMICO  
CIP. 95531



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 346-2023-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 02 de junio 2023

**VISTOS:**

El, **INFORME N° 169-2023-D-UI-FICP.UANCV**, del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 035-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 007-2023-UANCV-FICP-UI-CI-EPIC** del presidente del sub comité de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil y el **ACTA DE REGISTRO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN** según reglamento interno de aseguramiento de la calidad de trabajos de investigación de fecha **22 de mayo de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO**.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bachiller: **LUIS LUPACA MANSILLA**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras; el responsable del Comité de Investigación de la Escuela Profesional de **Ingeniería Civil**, Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, nominó a la sub comisión de evaluación de Proyecto de Investigación, a los siguientes Docentes:

- \* **Presidente** : **Dr. EFRAIN PARILLO SOSA**
- \* **1er Miembro** : **Mgtr. HERNAN PEDRO MARTINEZ RAMOS**
- \* **2do Miembro** : **Mgtr. FRITZ WILLY MAMANI APAZA**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO**, y;

Que, es requisito indispensable contar con un Docente Ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de magister y experiencia en la línea a investigar, que será el asesor de Proyecto de Investigación, y;

**Estando**, en la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación y en concordancia al Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el (la) Bachiller: **LUIS LUPACA MANSILLA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO**.

La misma que deberá proceder con la ejecución del Proyecto de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento de Aseguramiento de la Calidad de Trabajos de Investigación, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales y el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente ordinario de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Mgtr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



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

Dr. EFRAIN PARILLO SOSA  
SECRETARIO ACADÉMICO  
CIP/ 95531



## PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO

### INFORME DE ORIGINALIDAD

17%

INDICE DE SIMILITUD

16%

FUENTES DE INTERNET

3%

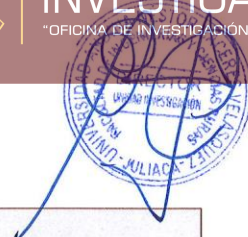
PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

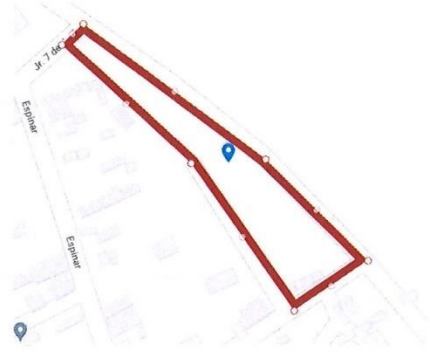
1	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	4%
2	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	4%
3	<a href="http://repositorio.unasam.edu.pe">repositorio.unasam.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://tesis.pucp.edu.pe">tesis.pucp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.unap.edu.pe">repositorio.unap.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://repositorio.upt.edu.pe">repositorio.upt.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%



### METADATOS COMPLEMENTARIOS

<b>TÍTULO DE LA TESIS</b>	
<b>PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO</b>	
<b>DATOS DE AUTOR</b>	
Apellidos y Nombres	LUIS LUPACA MANSILLA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73311277
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0006-9318-1198">https://orcid.org/0009-0006-9318-1198</a>
<b>DATOS DE ASESOR</b>	
Apellidos y Nombres	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</a>
<b>DATOS DEL JURADO</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Apellidos y Nombres	EFRAIN PARILLO SOSA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02416058
<b>Miembro del jurado 1</b>	
Apellidos y Nombres	HERNÁN PEDRO MARTINEZ RAMOS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01316765
<b>Miembro del jurado 2</b>	
Apellidos y Nombres	FRITZ WILLY MAMANI APAZA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02306659



<b>Datos de investigación</b>	
Línea de investigación	Tecnología de la construcción – P17
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Recursos propios.
Ubicación geográfica de la investigación	<p><b>Ubicación:</b>  <b>País:</b> Perú  <b>Departamento:</b> Puno  <b>Provincia:</b> Puno  <b>Distrito:</b> Puno            Av. Costanera Tramo II  <b>Coordenadas:</b>  <b>Latitud:</b> -15.85507  <b>Longitud:</b> -70.00399</p> <p><b>URL:</b>  <a href="https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1PGzQah22-8qhY01uXJZKAowoOxeumlA&amp;usp=sharing">https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1PGzQah22-8qhY01uXJZKAowoOxeumlA&amp;usp=sharing</a></p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Junio 2023 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE <a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a> - Librería	<p><b>Ingeniería Civil</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</a></p> <p><b>Ingeniería de la Construcción</b>  <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</a></p>


 UNIVERSIDAD NACIONAL VESTOR CACERES VELASQUEZ  
 FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS EXACTAS  
 DIRECTOR  
 Dr. Efraim Parillo Sosa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LUIS LUPACA MANSILLA, identificado con DNI  
Nro. 73311277, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA CIVIL

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

PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON  
PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA  
COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO

Asesorado por: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.


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

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


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

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

Juliaca 31 de Diciembre del 2024



Firma del Asesor  
(obligatoria)



Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Primeramente, a dios por ayudarme guiarme y hacerme crecer como profesional, por darme sabiduría, conocimiento, sin el nada de esto sería posible.

Con mucho amor a mis padres que supieron sacarme adelante, guiarme, educarme que siempre estuvieron en los buenos y malos momentos dándome ánimos para seguir adelante.

A mi hermanita que siempre estuvo conmigo en las buenas y malas a pesar de todo siempre dándome ese punche para no rendirme.

A mi familia hermosa que es pilar y motivo para luchar y sacarme adelante siempre dándome buenos consejos y el bienestar para mi persona.

Como mucho cariño y respecto también va esta dedicatoria a todas las personas que siempre confiaron en mí que estuvieron ahí dándome consejos, ánimos, sin preámbulo decirles que siempre estarán en mi corazón.

El amor y cariño siempre prevalece en mi corazón por eso también va esta dedicatoria a las personas que perdí y están a lado de dios. que ahora me miran y me cuidan desde el cielo y los recuerdos que me dejaron fueron el motivo para seguir luchando y no rendirme jamás.

A mí mismo, por no rendirme y creer en mis capacidades, y ser perseverante en la vida. Esta tesis es un testimonio de mi propio crecimiento.

**LUIS LUPACA MANSILLA**



## AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a dios por guiarme darme sabiduría y conocimiento y ayudarme a formar todo un profesional.

Seguidamente a la universidad andina Néstor Cáceres Velázquez, quien me brindo la oportunidad de desarrollarme como profesional, así mismo agradecer a la plana docencia de la universidad en especial a la escuela profesional de ingeniería civil, por brindarme los pasos para ser un profesional y conocimiento y sus experiencias, anécdotas y así formarnos como grandes profesionales.

A mis jurados de Tesis y asesor por darme sugerencia y orientación para la presente tesis de investigación.

Seguidamente el agradecimiento especial a mis padres, familiares amigos (as), compañeros, colegas de trabajo por brindarme el ánimo los consejos para seguir adelante sin ellos esto nada sería posible.

**LUIS LUPACA MANSILLA**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
INDICE DE CONTENIDO .....	iii
INDICE DE TABLAS .....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN .....	xii
ABSTRACT .....	xiii
INTRODUCCION .....	xiv

### CAPITULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Descripción del problema .....	1
1.2. Delimitación.....	2
1.2.1. Espacial .....	2
1.2.2. Temporal.....	2
1.2.3. Económica .....	2
1.3. Formulación del planteamiento del problema.....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1. Objetivo general .....	3



- 1.4.2. Objetivos específicos..... 3
- 1.5. Justificación del estudio ..... 4
  - 1.5.1. Desde una perspectiva teórica..... 4
  - 1.5.2. Desde una perspectiva metodológica ..... 4
  - 1.5.3. Desde una perspectiva social ..... 4
  - 1.5.4. Desde una perspectiva económica ..... 5
  - 1.5.5. Desde una perspectiva ambiental ..... 5
- 1.6. Hipótesis ..... 5
  - 1.6.1. Hipótesis general..... 5
  - 1.6.2. Hipótesis específicas..... 6
- 1.7. Variables ..... 6
  - 1.7.1. Variable independiente..... 6
  - 1.7.2. Variable dependiente..... 6
  - 1.7.3. Operacionalización de la variable ..... 6

## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

- 1.1. Antecedentes de investigación ..... 8
  - 1.1.1. Antecedentes internacionales ..... 8
  - 1.1.2. Antecedentes nacionales ..... 9
  - 1.1.3. Antecedentes locales ..... 10
- 2.2. Bases teóricas..... 11



2.2.1.	Pavimento.....	11
2.2.2.	Pavimento flexible .....	11
2.2.3.	Pavimento rígido.....	11
2.2.4.	Pavimento articulado .....	11
2.2.5.	Suelo.....	11
2.2.6.	Tipo de material.....	12
2.2.7.	Suelos arcillosos.....	12
2.2.8.	Estructura de las arcillas .....	13
2.2.9.	Subrasante .....	13
2.2.10.	Estabilización de suelos .....	14
2.2.11.	Capacidad de soporte CBR.....	14
2.2.12.	Aplicaciones en los pavimentos. ....	15
2.2.13.	Valores de CBR y carga unitaria .....	15
2.2.14.	Métodos de ensayo de CBR .....	16
2.2.16.	Compactación de suelos con Proctor Modificado.....	17
2.2.17.	Pruebas de compactación Proctor. ....	19
2.2.18.	Métodos de diseño de pavimentos rígidos.....	20
2.3.	Marco conceptual.....	31
2.3.1.	Selección de materiales para terraplenes.....	31
2.3.2.	Valor de CBR (California Bearing Ratio).....	31
2.3.3.	Interacciones geohidrológicas en bofedales .....	31



2.3.4. Impacto de la transitabilidad.....	31
2.3.5. Integración ecosistémica.....	32
2.3.6. Durabilidad y estabilidad del pavimento.....	32
2.3.7. Metodologías de estabilización .....	32
2.3.8. Impacto ambiental del diseño.....	32
2.3.9. Caracterización geotécnica .....	33
2.3.10. Diseño sostenible .....	33

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

3.1. Diseño de investigación .....	34
3.2. Enfoque de investigación.....	34
3.3. Tipo de investigación .....	35
3.4. Nivel de investigación .....	35
3.5. Población y muestra .....	35
3.5.1. Población .....	35
3.5.2. Muestra.....	36
3.5.3. Muestreo.....	36
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.6.1. Técnicas de recolección .....	37
3.6.2. Instrumentos de recolección de datos.....	38
3.6.3. Procedimientos.....	38



**CAPITULO IV**

**RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 Resultados para el objetivo específico N° 01 ..... 63

4.2. Resultados para el objetivo específico N° 02 ..... 64

    4.2.1. Pedraplén ..... 65

    4.2.2. Subrasante ..... 66

4.3. Resultados para el objetivo específico N° 03 ..... 67

    4.3.1. Diseño de pavimento rígido por el método AASHTO 93 ..... 67

    4.3.2. Diseño de pavimento rígido por el método PCA ..... 69

4.4. DISCUSIONES ..... 71

CONCLUSIONES ..... 73

RECOMENDACIONES ..... 74

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. .... 75

ANEXOS. .... 82



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Matriz de operacionalización de variables .....	7
<b>Tabla 2</b> Clasificación de la clase de material .....	12
<b>Tabla 3</b> Categorías de subrasante .....	14
<b>Tabla 4</b> Valores de carga unitaria del suelo patrón .....	15
<b>Tabla 5</b> Factor de líneas de tráfico .....	21
<b>Tabla 6</b> Valor recomendado de confiabilidad .....	22
<b>Tabla 7</b> Valor final de serviciabilidad recomendado .....	22
<b>Tabla 8</b> Coeficiente de drenaje .....	23
<b>Tabla 9</b> Tasas anuales de crecimiento de tráfico y factores de proyecciones correspondientes .....	24
<b>Tabla 10</b> Tabla de tensión equivalente (TE), sin berma de concreto (BC) (eje simple/tándem) .....	25
<b>Tabla 11</b> Tabla de TE, con BC (eje simple/tándem) .....	26
<b>Tabla 12</b> Serie de tamices estandarizado .....	40
<b>Tabla 13</b> Clasificación de suelos de las calicatas .....	45
<b>Tabla 14</b> Resumen del Índice de plasticidad .....	45
<b>Tabla 15</b> Resumen del Ensayo Proctor Modificado .....	46
<b>Tabla 16</b> Resumen de CBR .....	47
<b>Tabla 17</b> Resumen de reemplazo de material .....	49
<b>Tabla 18</b> Resumen del aforo vehicular realizado .....	50
<b>Tabla 19</b> Calculo de la población futura de vehículos .....	51
<b>Tabla 20</b> Factores de distribución .....	51
<b>Tabla 21</b> Cálculo del ESAL de diseño .....	52
<b>Tabla 22</b> Módulo de ruptura del concreto .....	53



<b>Tabla 23</b> Determinación del coeficiente de drenaje .....	54
<b>Tabla 24</b> Porcentaje de exposición del pavimento .....	54
<b>Tabla 25</b> Determinación de confiabilidad según el tipo de pavimento .....	55
<b>Tabla 26</b> Desviación estándar ( $Z_r$ ) .....	55
<b>Tabla 27</b> Valores recomendados para el error estándar ( $S_o$ ) .....	56
<b>Tabla 28</b> Composición del tráfico vehicular para el diseño de pavimentos rígidos .....	58
<b>Tabla 29</b> Valores optados de acuerdo al número de ejes .....	58
<b>Tabla 30</b> Numero de ejes por día de acuerdo a los tipos de vehículos .....	59
<b>Tabla 31</b> Valores de K para subrasantes .....	60
<b>Tabla 32</b> Determinación del esfuerzo equivalente de acuerdo al espesor de losa .....	61
<b>Tabla 33</b> Determinación del factor de erosión para ejes simples y tándem .....	62
<b>Tabla 34</b> Resumen de la caracterización de calicatas del suelo de fundación .....	64
<b>Tabla 35</b> Resumen de reemplazo de material - cantera San Luis de Alba .....	65
<b>Tabla 36</b> Resumen de reemplazo de material - cantera Cancharani .....	66
<b>Tabla 37</b> Requerimientos de datos del proyecto .....	67
<b>Tabla 38</b> Valores determinados para el diseño de pavimento rígido .....	68
<b>Tabla 39</b> Espesores determinados AASHTO 93 .....	68
<b>Tabla 40</b> Requerimientos de datos del proyecto .....	69
<b>Tabla 41</b> Espesores determinados PCA .....	70
<b>Tabla 42</b> Comparación de resultados obtenidos por otros autores .....	71



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1** Estructura de laminas silicas..... 13

**Figura 2** Determinación del índice CBR ..... 15

**Figura 3** Equipo del ensayo de CBR ..... 16

**Figura 4** Curva de penetración CBR ..... 17

**Figura 5** Curva humedad – densidad seca ..... 18

**Figura 6** Influencia de la energía de compactación ..... 18

**Figura 7** Máquina para compactar ..... 19

**Figura 8** Curva de compactación. .... 20

**Figura 9** Factor de distribución de camiones en un carril cuando hay 2 o 3 en una misma dirección ..... 24

**Figura 10** Factor de tensión ..... 26

**Figura 11** Ábaco para el análisis de fatiga para las repeticiones de carga admisible ..... 27

**Figura 12** Tabla de factor de erosión (FE) con Dowels y sin BC ..... 28

**Figura 13** Tabla de FE sin Dowels y sin BC..... 28

**Figura 14** Tabla de FE con Dowels y con BC ..... 29

**Figura 15** FE sin Dowels y con BC..... 29

**Figura 16** Repetición de carga admisible ..... 30

**Figura 17** Muestreo de la cantera San Luis de Alba ..... 36

**Figura 18** Muestreo de la cantera Cancharani..... 37

**Figura 19** Aforo vehicular Jr. Miguel Iglesias - Jr. 7 de junio ..... 37

**Figura 20** Ubicación para la extracción de muestras ..... 38

**Figura 21** Muestras extraídas de la calicata C - 1..... 39

**Figura 22** Ensayo granulométrico del terreno de fundación ..... 40



<b>Figura 23</b> Ensayo de límite líquido .....	41
<b>Figura 24</b> Ensayo Proctor Modificado .....	42
<b>Figura 25</b> Ensayo de CBR en laboratorio .....	43
<b>Figura 26</b> Curva granulométrica .....	44
<b>Figura 27</b> Diagrama de barras de límites de consistencia.....	46
<b>Figura 28</b> Diagrama de barras del ensayo de Proctor Modificado .....	47
<b>Figura 29</b> Diagrama de barras del ensayo CBR .....	48
<b>Figura 30</b> Valores finales adoptados metodología AASHTO 93.....	69
<b>Figura 31</b> Valores finales adoptados metodología PCA .....	71



## RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo general proponer un diseño de pavimentos rígidos para subrasantes con suelos arcillosos en los bofedales del tramo II de la Avenida Costanera, en la ciudad de Puno, para el año 2023. El estudio se llevó a cabo de forma no experimental, con un enfoque cuantitativo, aplicada y de nivel explicativo. La población estuvo constituida por todo el tramo de la Avenida Costanera Sur Tramo de la ciudad de Puno, con una muestra representada por las vías entre el Jr. Miguel Iglesia y el Jr. 7 de junio, en las progresivas km 1+360 a km 1+820. Los resultados manifestaron que las condiciones del suelo no fueron adecuados para el diseño de vía, incurriendo hacia el proceso de estabilización mediante el empleo del método de la sustitución, contando con un CBR final del 58.70%. La conclusión expuso un espesor de pavimento de 42.50 cm y 47.50 cm, cumplimiento con estándares técnicos ofrecidos por el MTC.

**Palabras clave:** Diseño de pavimentos, subrasante, bofedales, AASHTO 93 y PCA.



## ABSTRACT

The general objective of this study was to propose a design of rigid pavements for subgrades with clayey soils in the wetlands of section II of Avenida Costanera, in the city of Puno, for the year 2023. The study was carried out in a non-experimental way, with a quantitative, applied and explanatory level approach. The population was made up of the entire section of Avenida Costanera Sur Section of the city of Puno, with a sample represented by the roads between Jr. Miguel Iglesia and Jr. 7 de junio, in the progressives km 1 + 360 to km 1 + 820. The results showed that the soil conditions were not adequate for the road design, incurring towards the stabilization process through the use of the substitution method, with a final CBR of 58.70%. The conclusion showed a pavement thickness of 42.50 cm and 47.50 cm, complying with technical standards offered by the MTC.

**Keywords:** Pavement design, subgrade, wetlands, AASHTO 93 and PCA.



## INTRODUCCION

Las construcciones en terrenos con baja capacidad de carga presentan limitaciones, como los suelos arcillosos en áreas húmedas, representan un desafío significativo debido a su propensión a sufrir deformaciones y fallas prematuras. En estos casos, es necesario emplear técnicas avanzadas de estabilización que incluyan el uso de materiales estabilizantes y sistemas de drenaje, con el objetivo de garantizar la durabilidad de las obras de infraestructura.

En zonas con terrenos de baja calidad, como bofedales con alta humedad y contenido orgánico, se dificulta la construcción de pavimentos duraderos. Este estudio, aplicado al tramo II de la Avenida Costanera, utiliza los métodos válidos para el diseño de pavimento.

El estudio, esta estructurado en cuatro apartados: CAPITULO I. aborda la problemática mediante objetivos y justificación, CAPITULO II, incluye antecedentes y conceptos clave como CBR y diseño de subbases, CAPITULO III, detalla métodos como el Proctor modificado y análisis CBR, CAPITULO IV, discute resultados y discusión. Finalmente es respaldados por certificados y se concluye con sugerencias, direcciones y anexos pertinentes.



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Descripción del problema

A nivel global, los suelos con baja capacidad portante, como las arcillas en áreas húmedas y pantanos, presentan desafíos significativos para las infraestructuras viales, lo que obliga a emplear métodos especializados de estabilización y diseño para prevenir fallas anticipadas y deformaciones (Durango, García, & Velásquez, 2016). En regiones como Canadá y Estados Unidos, se ha registrado la implementación de técnicas modernas, incluyendo el uso de materiales estabilizantes y sistemas de drenaje, para resolver problemas asociados a la estabilidad de los suelos arcillosos, prolongando así la durabilidad de las vías terrestres (Chirinos, Rodriguez, & Muñoz, 2021).

En el Perú, un reto fundamental radica en la falta de planificación de pavimentos, conllevando a problemas significativos a la hora de la ejecución de este tipo de diseños de ingeniería (Hernández, Mejía, & Zelaya, 2016). En términos de bofedales, estos suelen caracterizarse por la cantidad baja de arcilla que llegan a tener (Durango, García, & Velásquez, 2016). Según el manual de carreteras, cuando los suelos presentan un CBR inferior al 6%, resulta imprescindible aplicar



técnicas de reemplazo, estabilización o mejoramiento, mediante métodos químicos o mecánicos, con el objetivo de prevenir asentamientos y evitar la contaminación de las capas estructurales de la vía (MTC, 2014).

La ciudad de Puno, en proceso de expansión urbana debido al crecimiento poblacional, enfrenta la necesidad de desarrollar vías alternativas que mejoren la conectividad vial y respondan a las condiciones geotécnicas desafiantes de la región. La Avenida Costanera Sur II, ubicada a orillas del Lago Titicaca, atraviesa suelos inestables característicos de los bofedales, con alta humedad, bajo contenido portante y un elevado nivel de materia orgánica. Estas condiciones complican la construcción de pavimentos duraderos y seguros, lo que hace imprescindible la implementación de soluciones técnicas como la estabilización con roca.

Esta investigación se centra en resolver esta dificultad a través de la estabilización del suelo y la planificación de un pavimento rígido, cuyo grosor será calculado empleando los enfoques establecidos por (AASHTO, 1993) y (PCA, 1984). Estas medidas pretenden asegurar una infraestructura eficiente y duradera, acorde con las demandas del crecimiento urbano de la localidad.

Ante esta realidad contemplada el presente estudio formula lo siguiente:

## **1.2. Delimitación**

### **1.2.1. Espacial**

Se desarrolló por la localidad de Puno.

### **1.2.2. Temporal**

Se desarrolló entre los periodos anuales 2023 al 2024.

### **1.2.3. Económica**

El financiamiento fue realizado totalmente por el investigador.



## 1.3. Formulación del planteamiento del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cómo se puede diseñar pavimentos rígidos para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno?

### 1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Cómo se pueden caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante arcillosa en los bofedales del tramo II de la avenida Costanera en la ciudad de Puno?
2. ¿Cómo estabilizar la subrasante con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno?
3. ¿Cómo se puede diseñar un pavimento rígido para subrasantes con suelos arcillosos en los bofedales del tramo II de la avenida Costanera de la ciudad de Puno mediante el método AASHTO 93 y PCA?

## 1.4. Objetivos de la investigación

### 1.4.1. Objetivo general

Proponer un diseño de pavimentos rígidos para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno.

### 1.4.2. Objetivos específicos

1. Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante arcillosa en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno.
2. Estabilizar la subrasante con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno.



3. Diseñar el pavimento rígido para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno mediante el método AASHTO 93 y PCA.

## **1.5. Justificación del estudio**

### ***1.5.1. Desde una perspectiva teórica***

La ingeniería de pavimentos ha avanzado considerablemente en las últimas décadas, sin embargo, existen contextos particulares, como los bofedales, donde la interacción entre la hidrología, la geotecnia y el diseño vial aún no está completamente elucidada. Dada la singularidad de los suelos arcillosos presentes en estas zonas, es esencial llevar a cabo investigaciones que permitan construir un cuerpo teórico sólido y especializado. Esta propuesta busca llenar vacíos en el conocimiento actual y ofrecer directrices teóricas específicas para contextos similares, proporcionando así una base académica firme para futuros estudios.

### ***1.5.2. Desde una perspectiva metodológica***

La literatura existente ofrece diversas metodologías de diseño para pavimentos rígidos. Sin embargo, pocos se centran en suelos arcillosos específicos de bofedales. Este estudio se propone desarrollar o adaptar metodologías que sean pertinentes al contexto específico de la Avenida Costanera Tramo II en Puno. Al hacerlo, se establece un precedente metodológico que puede ser replicado o adaptado para otras regiones con condiciones similares.

### ***1.5.3. Desde una perspectiva social***

La Avenida Costanera Tramo II es una arteria crucial para los habitantes de Puno. Un pavimento de calidad no solo facilita la movilidad, sino que también mejora la calidad de vida de los ciudadanos al reducir tiempos de traslado, accidentes debido a fallas en el pavimento y molestias como el polvo en épocas de



sequía. Además, considerar el ecosistema de bofedales en el diseño refleja una responsabilidad socioambiental, preservando el entorno natural que tiene un significado cultural y ecológico para la comunidad.

#### **1.5.4. Desde una perspectiva económica**

Si bien una inversión inicial en un diseño de pavimento robusto puede ser más elevada, los beneficios a largo plazo son significativos. Un pavimento adecuadamente diseñado utilizando menos intervenciones de mantenimiento y tendrá una vida útil más prolongada. Esto se traduce en ahorros para el municipio o la entidad encargada de su mantenimiento. Además, un pavimento en buen estado puede potenciar el desarrollo comercial y turístico de la zona, generando ingresos y fomentando la economía local.

#### **1.5.5. Desde una perspectiva ambiental**

La implementación de los procedimientos AASHTO 93 y PCA en el diseño permitió no solo optimizar la estructura del pavimento, sino también contribuir a una gestión más eficiente y sostenible de los recursos. Al reducir el desperdicio de materiales, se minimiza el impacto ambiental asociado con la extracción, procesamiento y transporte de insumos. Además, un diseño optimizado implica una disminución en la cantidad de material necesario, lo que contribuye a una reducción significativa en la generación de emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y otros contaminantes asociados con las actividades de construcción

### **1.6. Hipótesis**

#### **1.6.1. Hipótesis general**

El diseño de pavimentos rígidos para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida Costanera tramo II de la ciudad de Puno



mejorará la estabilidad estructural y la durabilidad de la vía, cumpliendo con los estándares técnicos establecidos por el MTC para este tipo de suelos.

## **1.6.2. Hipótesis específicas**

1. La caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante arcillosa en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno permitirá identificar las condiciones necesarias para su estabilización.
2. Estabilizar la subrasante con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno mejorará significativamente la capacidad portante del suelo.
3. El diseño de un pavimento rígido para subrasantes con suelos arcillosos en los bofedales del tramo II de la avenida Costanera en la ciudad de Puno, utilizando los métodos AASHTO 93 y PCA, permitirá obtener una estructura de pavimento óptima.

## **1.7. Variables**

### **1.7.1. Variable independiente**

Suelos arcillosos en bofedales.

### **1.7.2. Variable dependiente**

Diseño de pavimentos rígidos

### **1.7.3. Operacionalización de la variable**



**Tabla 1**

Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional.	Dimensión	Indicadores
Suelos arcillosos en bofedales	Suelos que contienen una alta proporción de partículas de arcilla y se encuentran en áreas húmedas conocidas como bofedales, caracterizándose por su capacidad de retención de agua y su potencial de expansión y contracción.	Para los propósitos de esta investigación, los suelos arcillosos en bofedales se describen como aquellos suelos extraídos y analizados de la subrasante de la Avenida Costanera Tramo II, que presentan características geotécnicas específicas debido a su alta concentración de partículas de arcilla. y su ubicación en zonas húmedas. Estos suelos serán estudiados mediante pruebas de laboratorio para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, y así identificar su idoneidad y/o necesidades de tratamiento para la construcción del pavimento.	Propiedades físicas de la subrasante  Propiedades mecánicas de la subrasante  Estabilización de subrasante	Contenido de humedad (%)  Límites de consistencia  Densidad Máxima Seca (gr/cc)  Contenido óptimo de humedad (%)  CBR (%)
Diseño de pavimentos rígidos	Proceso sistemático que involucra la selección y organización de materiales y técnicas específicas para crear una superficie de tránsito robusta y duradera que puede soportar cargas repetitivas y condiciones ambientales adversas.	En el contexto de este estudio, el diseño de pavimentos rígidos se refiere a la planificación y especificación detallada del tipo, grosor y materiales de la superficie de tránsito de la Avenida Costanera Tramo II de la ciudad de Puno. Este diseño se basa en datos geotécnicos, pruebas de laboratorio y análisis estructurales, y tiene como objetivo proporcionar una superficie resistente y duradera que cumpla con los estándares de calidad y funcionalidad requeridos por el MTC y otros organismos competentes.	Método AASHTO 93  PCA	Espesor de losa (cm)  Espesor de sub- base (cm)



## CAPITULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

##### 2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Como opina Rincón (2022) en estudio realizado en Nobsa (Boyacá) diseñó un pavimento rígido para la glorieta en el kilómetro 15 de la vía Duitama-Belencito, empleando una metodología exploratoria de análisis cuantitativo. Se calcularon espesores específicos por sectores: las losas de concreto variaron entre 14 y 36 cm, sobre bases granulares de 20 a 30 cm y mejoramiento en piedra rajón de 50 cm. Fundamentado en el procedimiento AASHTO. concluyó por la utilización de concreto rígido MR 40 y MR 45 sobre subrasante natural garantiza estabilidad y funcionalidad.

De acuerdo a Castro (2022) el estudio en San Luis, Tolima, comparó los procedimientos AASHTO 93 y PCA con los diseños de pavimentos rígidos en la vía de 60 metros lineales y 5.05 metros de ancho. PCA propone un diseño más grueso con 41 cm totales, frente a los 31 cm de AASHTO, debido a mayores espesores en la capa rígida (18 cm frente a 16 cm) y la subbase (23 cm frente a 15 cm). Aunque PCA busca mayor durabilidad, incurre en mayores costos y omite



factores clave como serviciabilidad y drenaje, esenciales para optimizar el diseño final del pavimento.

En su estudio Bedoya (2023) el estudio comparó las metodologías AASHTO 93 y PCA para diseñar pavimentos rígidos en niveles de tráfico bajo, medio y alto, utilizando un enfoque aplicado, cualitativo y experimental. Para tráfico bajo, PCA propone losas de 20.5 cm con 52% de fatiga. En tráfico medio, AASHTO sugiere 25 cm, mientras que PCA ofrece 21 cm con 36% de fatiga, o 21.5 cm sin afectaciones. Para tráfico alto, AASHTO requiere 28.7 cm, y PCA 21 cm con 85% de fatiga, o 22 cm sin erosión. Concluye que AASHTO presenta menores espesores, entre 4 y 7 cm menos que PCA.

### **2.1.2. Antecedentes nacionales**

De acuerdo a Chávez & Odar (2019) el estudio analizó la estabilización de suelo arcilloso de baja plasticidad con cal en la carretera Oyón-Ambo (149.9 km), siguiendo un diseño experimental. En tres fases, se determinó que un 10% de cal incrementó siete veces el CBR inicial, mejorando zonas críticas. Los diseños de pavimento rígido redujeron grosor de losa en 2 cm y 7 cm en relación al expediente técnico. Se concluye que optimizar la subbase, con un CBR mínimo del 60% según la normativa MTC, permite reducir el espesor del pavimento y mejorar el nivel de servicio.

Conforme mencionan Chapoñan & Damian (2021) el estudio en la Avenida "D" del AA. HH Los Algarrobos, Piura (2021), utilizó un diseño descriptivo y cuantitativo para determinar un pavimento rígido adecuado. Con un IMDA de 354 vehículos y 1,327,682.32 ESAL TP5, se identificaron suelos de arena limosa (SM) con CBR entre 10.60 % y 12.50 %. La topografía plana y altitudes de 30-35 msnm resultaron en la creación de una losa de 24 cm y una subbase de 20 cm. El diseño,

basado en criterios técnicos, intenta asegurar la durabilidad prevista y optimizar la infraestructura de carreteras no pavimentadas..

Colán (2023) planteó el diseño de pavimento en el Distrito de Pariñas en una zona industrial. El estudio experimental analizó una vía de 1 km, considerando un valor de CBR que ha beneficiado y favorecido el diseño planteado, en donde el valor que lo representó fue del 12.90%. Los resultados expusieron un grosor de losa de 7 pulgadas con concreto de resistencia de 280 kg/cm<sup>2</sup>, permitiendo ofrecer garantías de funcionalidad y durabilidad.

### **2.1.3. Antecedentes locales**

Según Percca (2017) el estudio en la Avenida Perú (tramo Jr. Francisco Pizarro - Av. Juliaca) diseñó una estructura vial que mejora la accesibilidad vehicular y peatonal. Según AASHTO 1993, el pavimento requería requirió de una losa de 21.63 cm y una sub base con espesor de 16.37 cm. El diseño por el que se optó fue combinado, con la finalidad de establecer mejoras en el grado de comportamiento que se tuvo en términos de respuesta de la carga de la vía.

Desde el punto de vista de Pari (2019) el estudio en Jayllihuaya, Puno, planteó el diseño del pavimento rígido de una vía. Usando OptiPave 2.0, se diseñó una losa de concreto con la finalidad de mejorar la transitabilidad de la vida, en donde el espesor de dicha losa fue de 15 cm conforme al procedimiento por AASHTO 93, en donde las dimensiones fueron de 3.0 m x 3.70 m. Se concluyó que el diseño optimizado ofrece seguridad técnica, confort y viabilidad económica, siendo una solución eficiente para las condiciones locales evaluadas.

Chalco (2023) el estudio realizado en el barrio San José, Puno, evaluó las propiedades geotécnicas de suelos excedentes mezclados con material de cantera para la conformación de subbases granulares en pavimentos rígidos. Con un



enfoque cuantitativo, se analizaron 3200 m<sup>2</sup> mediante 4 calicatas. La mezcla óptima, compuesta por 25% de excedente y 75% de material de cantera, logró una granulometría equilibrada (50% grava, 43% arena, 7% finos), reduciendo el límite líquido al 22% e índice de plasticidad al 2%. Además, incrementó el C.B.R. en un 80%, asegurando estabilidad y desempeño mecánico superiores.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Pavimento**

Según Robles (2015), las estructuras tienen la finalidad de soportar cargas de diferente tipo, en cuando a hacer prevalecer la transitabilidad de una determinada área.

### **2.2.2. Pavimento flexible**

El Manual de Carreteras (MTC, 2014) señala que este pavimento cuenta con cierta capacidad de deformación, conformado por capas granulares, subbase y base.

### **2.2.3. Pavimento rígido**

Celis y Rodríguez (2021) cuenta con amplio grado de resistencia en comparación con el pavimento flexible, soportando una mayor cantidad de carga y tránsito; así como, siendo impermeable.

### **2.2.4. Pavimento articulado**

Este diseño permite una adecuada distribución de las cargas y flexibilidad ante movimientos del terreno (Alva, 2021).

### **2.2.5. Suelo**

Rivera, Aguirre, Mejía de Gutiérrez y Orobio (2020) describen el suelo como un sistema multifásico de fragmentos minerales, fundamental en ingeniería civil por sus propiedades clave: compresibilidad, resistencia, permeabilidad y estabilidad.

Este material soporta la mayoría de las estructuras civiles, destacándose por su versatilidad y complejidad.

### 2.2.6. Tipo de material

El manual de carreteras (2014) determina en cantidad de partículas en base a su tamaño en una porción dada. Un procedimiento clave en la caracterización de suelo y agregados utilizados.

**Tabla 2**

*Clasificación de la clase de material*

Tipo de material		Tamaño de partículas
Grava		75 mm - 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425 mm
		Arena fina: 0.245 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

*Nota:* (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotécnica y pavimentos, 2014, pág. 37).

### 2.2.7. Suelos arcillosos

Se conoce como arcilla a las partículas más finas entre todos los tipos de suelos, formadas principalmente por materiales minerales y fragmentos de diversas materias, con un tamaño menor a 0.002 mm, aunque en ocasiones se extiende hasta 0.005 mm. La arcilla se clasifica según el tamaño de sus partículas y no exclusivamente por su composición mineral (Ifediniru, 2022). Una característica distintiva es su capacidad para volverse plástica al mezclarse con agua, siempre dentro de un límite específico de contenido hídrico (Abd-Allah, 2021).

La composición de las arcillas está determinada por partículas originadas a partir de la meteorización química de las rocas. Su plasticidad se manifiesta en amplios límites de estado, pudiendo ser desde un material duro hasta uno que se

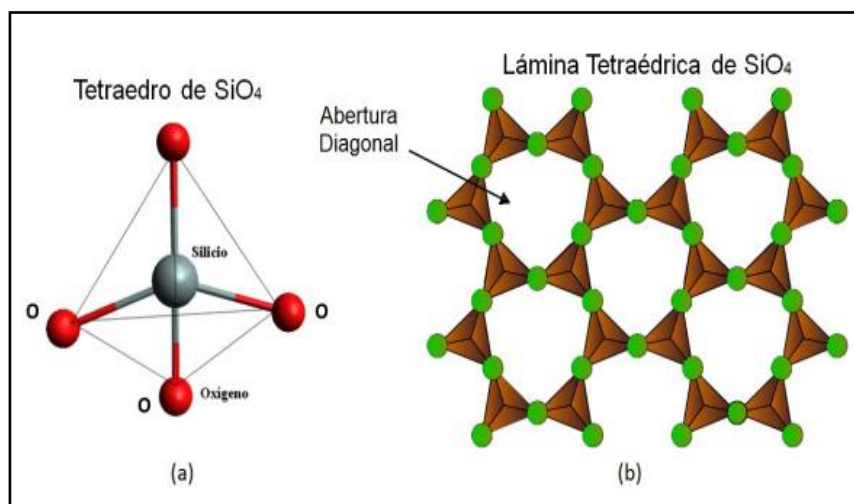
disgrega en polvo al frotarlo. Además, presentan una permeabilidad muy baja debido a su estructura, lo que las hace ideales para ciertas aplicaciones donde se requiere minimizar la filtración de líquidos. Kufre (2021).

### 2.2.8. Estructura de las arcillas

Las láminas de sílice cuentan con una geometría piramidal que tiene una base triangular, se enlazan formando estructuras hexagonales. Debido a su composición atómica, presentan un desequilibrio eléctrico, lo que lleva a que los cationes se unan para neutralizar cargas opuestas, generando una disposición hexagonal similar a un panal. Este patrón repetitivo da lugar a la formación de láminas de sílice. En la cual estabiliza la estructura, compensando desequilibrio. El patrón repetitivo da lugar a láminas que constituye la base estructural de los minerales arcillosos Torfi y otros (2021).

### Figura 1

*Estructura de láminas sílicas.*



Nota: Figura extraída de (Sposito, 2008).

### 2.2.9. Subrasante

Rahman (2021) y Amhadi y Assaf (2021) destacan que las subrasantes, con los valores más bajos de CBR y alta plasticidad, son vulnerables a factores como



el nivel freático. Según el MTC (2014), requieren un CBR superior al 6%, siendo necesario estabilizarlas mediante métodos químicos, geosintéticos o elevación.

**Tabla 3**

*Categorías de subrasante*

<b>CBR</b>	<b>Categorías de Sub rasante</b>
CBR<3%	S <sub>0</sub> : Subrasante inadecuada
De CBR>=3% a CBR<6%	S <sub>1</sub> : Subrasante insuficiente
De CBR>=6% a CBR<10%	S <sub>2</sub> : Subrasante regular
De CBR>=10% a CBR<20%	S <sub>3</sub> : Subrasante buena
De CBR>=20% a CBR<30%	S <sub>4</sub> : Subrasante muy buena
De CBR>=30%	S <sub>5</sub> : Subrasante excelente

*Nota:* extraída de (MTC, Manual de carreteras suelos geología, geotécnia y pavimentos, 2014, pág. 37).

**2.2.10. Estabilización de suelos**

El MTC (2013) es un proceso que se encarga de mejorar las condiciones físicas y mecánicas de un determinado suelo, centrándose en el aumento del CBR de este.

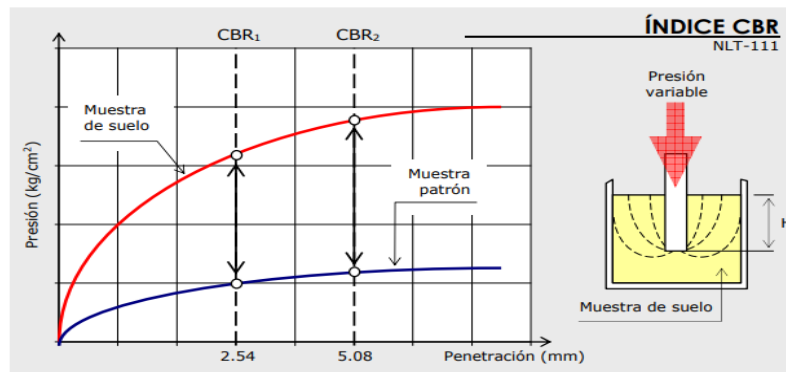
**2.2.11. Capacidad de soporte CBR**

Según Bañón Blázquez y Beviá García (2010), sustentan que esta representa a resistencia hacia asentamientos excesivos del suelo en frente de cargas.

$$CBR = \frac{Carga\ unitaria\ de\ la\ muestra\ (0.1\ plg)}{Carga\ unitaria\ de\ suelo\ patron\ (100\ lb/plg^2)} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

**Figura 2**

*Determinación del índice CBR*



Nota: (Bañón Blázquez & Beviá García, 2010).

**2.2.12. Aplicaciones en los pavimentos.**

De acuerdo a Bañón Blázquez y Beviá García (2010), cada sección del pavimento debe cumplir con valores mínimos de CBR: terreno de fundación 6%, terraplén 20%, afirmado 40%, subbase flexible 40%, base flexible 80% y base rígida 40%.

**2.2.13. Valores de CBR y carga unitaria**

Chang Chang (2004) busca la comparativa entre la carga unitaria entre la capacidad de penetración de un cilindro compactado respecto a una determinada humedad.

$$CBR = \frac{Presion\ en\ la\ muestra\ de\ suelo}{Presion\ en\ la\ muestra\ patron} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

**Tabla 4**

*Valores de carga unitaria del suelo patrón*

Penetración		Presión		
mm	Pulgadas	Mpa	kgf/cm2	lb/plg2
2.54	0.1	6.90	70.31	1000.00
5.08	0.2	10.35	105.46	1500.00

Nota: (Manual de Ensayos de Materiales, 2016).

### 2.2.14. Métodos de ensayo de CBR

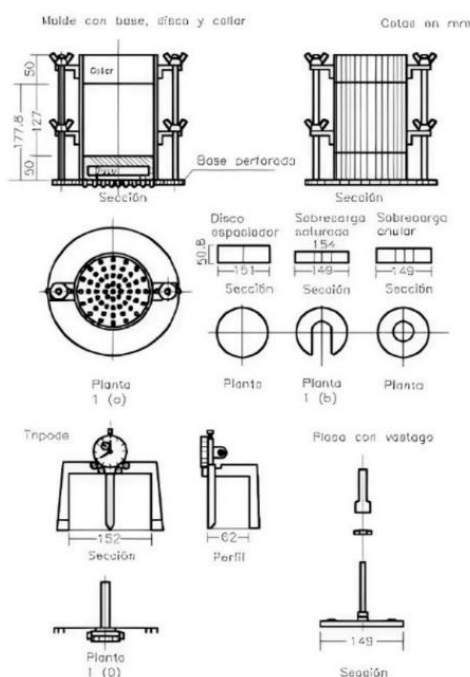
El Manual de Ensayos de Materiales (2016) fundamenta el empleo del estándar MTC E 133 y MTC 3 132. Chang Chang (2004) señala que el ensayo depende de las condiciones específicas del suelo, ya sea alterado o inalterado, granulometría y plasticidad.

### 2.2.15. CBR de suelos en laboratorio norma MTC E 132.

La prueba de CBR incorpora al empleo del proctor modificado respecto a la humedad óptima para que se alcance una densidad máxima seca (Ensayos de materiales, 2016).

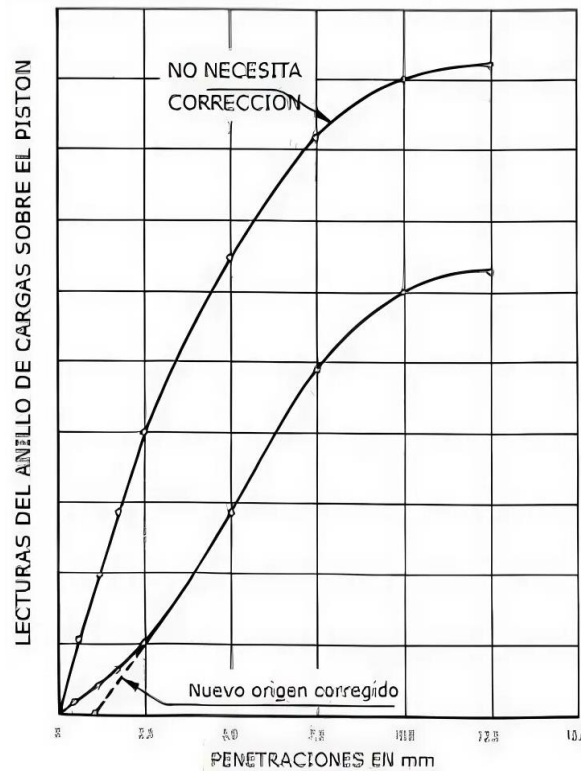
### Figura 3

Equipo del ensayo de CBR



Nota: (Manual de Ensayos de Materiales, 2016)

El ensayo CBR sigue las normas NTP 339.141 y NTP 339.142, compactando un molde de 6 pulgadas con muestras tamizadas para eliminar partículas retenidas mayores al 25%. La muestra debe pesar 5 kg y prepararse para el cálculo del próctor modificado.

**Figura 4***Curva de penetración CBR*

Nota: (Manual de Ensayos de Materiales, 2016).

## 2.2.16. Compactación de suelos con Proctor Modificado

### A. Compactación del suelo.

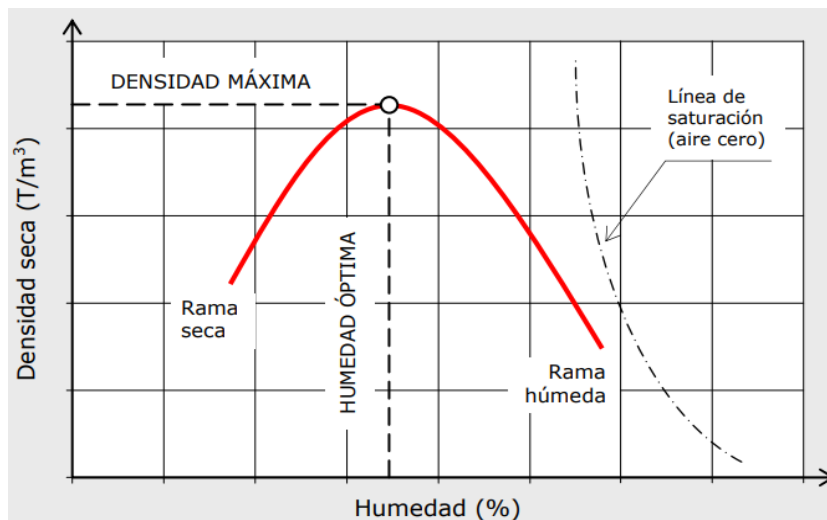
Montejo Fonseca (1998) señalan que es crucial en carreteras, ya que incrementa la resistencia y reduce la deformabilidad, especialmente en terraplenes y rellenos. Además, diversos factores influyen en su efectividad (Bañón y Beviá, 2010).

### B. Efecto de la humedad.

El agua es esencial en la compactación del suelo, actuando como lubricante al reducir la fricción entre partículas y facilitar su reacomodo. Sin embargo, al saturar los poros, el volumen aumenta y disminuye la compactación (Bañón y Beviá, 2010).

### Figura 5

Curva humedad – densidad seca



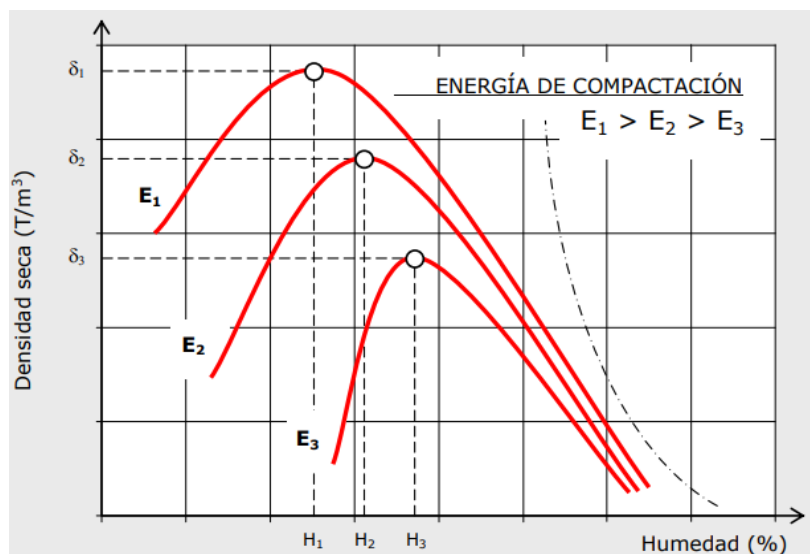
Nota: (Bañón Blazquez & Beviá García, 2010).

### C. Influencia de la energía de compactación.

Al aumentar la energía, la humedad óptima disminuye, lo que permite alcanzar un mayor grado de densidad. Esto refleja cómo la compactación depende directamente de la interacción entre estos factores. (Bañón y Beviá, 2010).

### Figura 6

Influencia de la energía de compactación



Nota: (Bañón Blazquez & Beviá García, 2010).

## D. Efecto del tipo de suelo

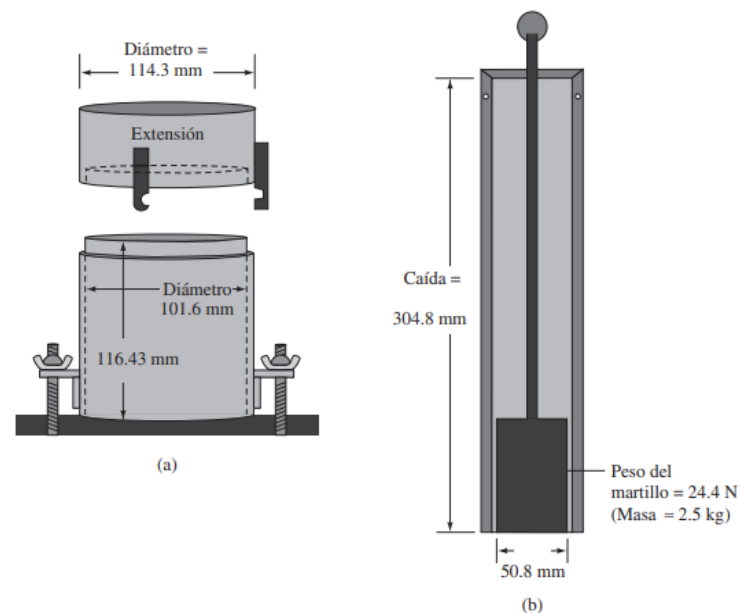
Los suelos granulares bien graduados alcanzan su densidad máxima con baja humedad, generando curvas agudas, mientras que los arcillosos o de granulometría uniforme muestran curvas más tendidas. Esto se evalúa mediante los métodos Proctor estándar y modificado (Das, 2015).

### 2.2.17. Pruebas de compactación Proctor.

Bañón Blazquez y Beviá García (2010) explican que el Proctor Modificado incurre en hacer uso de una energía de 4.5 en referencia con el proctor estándar, con valores de 2700 y 600 kN-m/m<sup>3</sup>, respectivamente. Este ensayo, según el estándar MTC E 115, será realizado bajo estricta supervisión para garantizar su precisión.

### Figura 7

Máquina para compactar



Nota: (M. DAS, 2015).

Según el Manual de Ensayos de Materiales (2016), el procedimiento se basa en la compactación requerida para poder relacionarse la masa seca y el volumen del suelo.

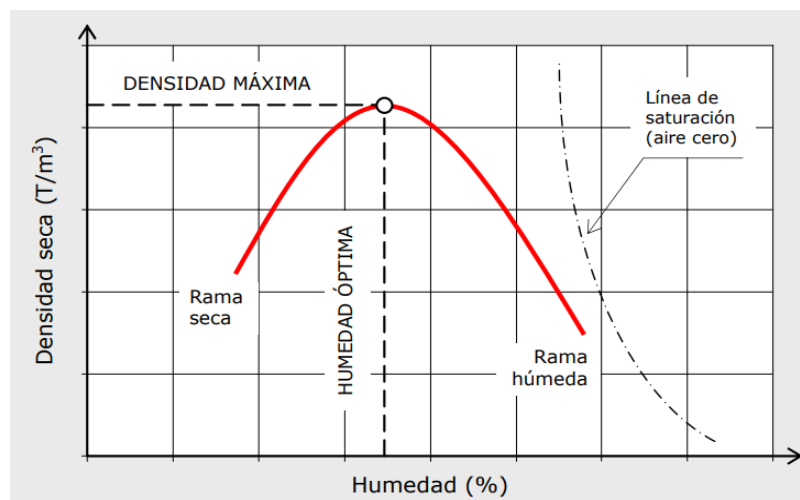
$$p_m \left( \frac{g}{cm^3} \right) = 1000 \times \frac{(M_T - M_{md})}{V} \dots\dots\dots(3)$$

$$p_m \left( \frac{g}{cm^3} \right) = \frac{P_m}{1 + \frac{W}{100}} \dots\dots\dots(4)$$

$$W (\%) = \frac{M_w}{M_s} \times 100 \dots\dots\dots(5)$$

**Figura 8**

Curva de compactación.



Nota: (Bañón Blazquez & Beviá García, 2010).

### 2.2.18. Métodos de diseño de pavimentos rígidos

#### 2.2.18.1. Metodología de diseño AASHTO - 93.

De acuerdo a Minaya & Ordoñez (2006), la AASHTO desarrolló estándares reconocidos globalmente para el diseño de pavimentos, con su guía clave publicada en 1962 y actualizada a la versión AASHTO 1993. Este enfoque determina el espesor mínimo de concreto necesario para soportar cargas vehiculares, considerando factores como tráfico, desempeño, suelos de fundación, materiales, drenaje, confiabilidad y análisis de costos. Este método integral sigue siendo una referencia central en ingeniería vial para garantizar pavimentos duraderos y funcionales.



$$\log_{10}(W18) = Z_R * S_0 + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} * (\frac{\Delta PS}{4.5 - 1.5})}{1 + \frac{1.624 * 10^6}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 * p_t) * \log_{10}(\frac{S'c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})})$$

Nota: Cada término fue descrito en el Anexo 6

**Aplicación de parámetro de diseño**

- El W18 se puede obtener del ADT de acuerdo a la siguiente ecuación

$$W_{18} = ESAL_{D,0} * G * D * L * 365 * Y$$

Donde:

$$ESAL_{D,0} = ADT_0 * T * T_f$$

Nota: Cada término fue descrito en el Anexo 6

$$G = (1 + (1 + r)^y)/2$$

**Tabla 5**

*Factor de líneas de tráfico*

N° de carriles por dirección	Porcentaje de ESAL recomendado (L)
1	100
2	80-100
3	60-80
4	50-75

Nota: AASHTO 1993.

El valor de Tf se ajusta según la estratigrafía de la vía: 2.33 para actividades mineras, 2.149 para uso general, 2.45 para uso industrial pesado y 2.3801 para uso agrícola.

**Tabla 6***Valor recomendado de confiabilidad*

Tipo de camino	Zonas urbanas	Zonas rurales
Autopistas	85 - 99.9	80 - 99.9
Carreteras de primer orden	80 - 99	75 - 95
Carreteras secundarias	80 - 95	75 - 95
Caminos vecinales	50 - 80	50 - 80

*Nota:* AASHTO 1993.

El error estándar (So) en pavimentos rígidos considera desviaciones en materiales, subrasante, tráfico, clima y construcción, siendo 0.34 con control constante de tráfico y 0.39 con tráfico estimado. El  $\Delta$ PSI, diferencia entre índices de serviciabilidad inicial (4.2 según AASHTO) y final, se ajusta según la Norma CE:010 (2010) según el tipo de vía proyectada. Estos parámetros garantizan precisión en el diseño. (Minaya & Ordoñez, 2006)

**Tabla 7***Valor final de serviciabilidad recomendado*

Tipo de vía	
Expresas	3.00
Arteriales	2.50
Colectoras	2.25
Locales y estacionamientos	2.00

*Nota:* (CE.010, 2010).

Explicado la forma de cálculo en el Anexo 6.

**Tabla 8***Coeficiente de drenaje*

Cd	Tiempo transcurrido para que el suelo libere el 50 % de su agua libre	Porcentaje de tiempo en que la estructura del pavimento estará expuesta a niveles de humedad cercanas a la saturación			
		Menos a 1%	1 - 5%	5 - 25%	Más de 25%
Excelente	2 horas	1.25 - 1.20	1.0 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10
Bueno	1 día	1.20 - 1.15	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00
Regular	1 semana	1.15 - 1.10	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90
Pobre	1 mes	1.10 - 1.00	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80
Muy pobre	Nunca	1.00 - 0.90	0.90 - 0.80	0.80 - 0.70	0.70

Nota: (CE.010, 2010)

El módulo de elasticidad del concreto ( $E_c$ ), calculado como  $E_c = 57000\sqrt{f_c}$ , el cual al ser complementado por el K (módulo de reacción), hace posible el diseño respectivo. (Minaya & Ordoñez, 2006)

### 2.2.18.2. Metodología de diseño PCA.

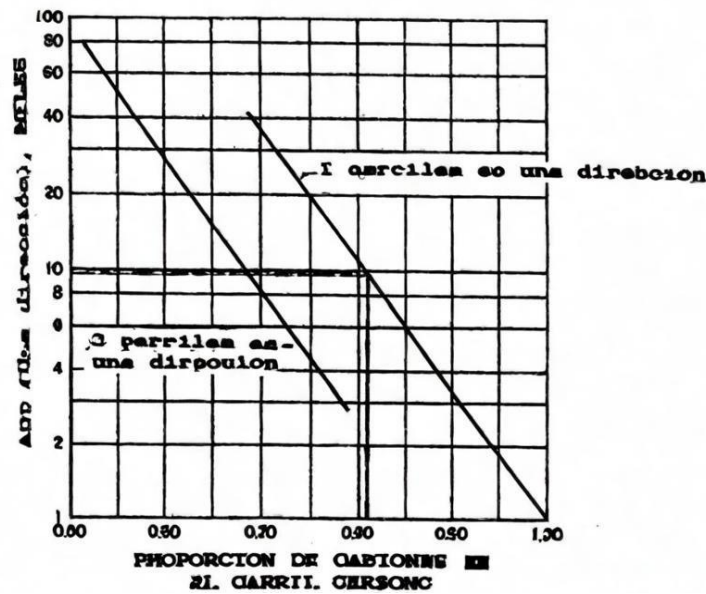
El método PCA, descrito por Becerra (2012), emplea láminas y nomogramas que permiten establecer el espesor mínimo, costos y capacidad de mantenimiento del pavimento. Incluye análisis por fatiga, para prevenir agrietamientos, y por erosión, para controlar fallas. Aplicable en pavimentos rígidos como JPCP, JRCP y CRCP, requiere seleccionar previamente el tipo de pavimento, subbase y sistema de confinamiento lateral, asegurando un diseño eficiente y duradero.

#### 2.2.18.2.1. Parámetros de diseño del espesor del pavimento rígido

El diseño de pavimentos rígidos depende de factores de dirección, carril y proyección de crecimiento anual, basados en estudios de tránsito y modelado de flujos futuros, garantizando un diseño adecuado a las cargas previstas. (Becerra, 2012)

**Figura 9**

*Factor de distribución de camiones en un carril cuando hay 2 o 3 en una misma dirección*



*Nota:* tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

Se destacan las tasas anuales de aumento del tránsito y las proyecciones correspondientes para intervalos de 20 y 40 años, respectivamente.

**Tabla 9**

Tasas anuales de crecimiento de tráfico y factores de proyecciones correspondientes.

Tasa anual de crecimiento de tráfico (%)	Factor de proyección de 20 años	Factor de proyección de 40 años
1	1.1	1.2
1.5	1.2	1.3
2	1.2	1.5
2.5	1.3	1.6
3	1.3	1.8
3.5	1.4	2.0
4	1.5	2.2
4.5	1.6	2.7
5	1.6	2.7
5.5	1.7	2.9
6	1.8	3.2

*Nota:* tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

Según Menéndez (2012), el Periodo de Diseño, definido por la PCA, considera factores como materiales y construcción, oscilando entre 20 y 40 años según las condiciones. En el diseño estructural, se propone un paquete inicial que incluye espesor, módulo de rotura y confinamiento lateral. Luego, se verifican las condiciones por fatiga y erosión, evaluando tensiones equivalentes y el efecto de las cargas.

**Tabla 10**

*Tabla de tensión equivalente (TE), sin berma de concreto (BC) (eje simple/tándem)*

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93/85	88/78

*Nota:* tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

**Tabla 11**

Tabla de TE, con BC (eje simple/tándem)

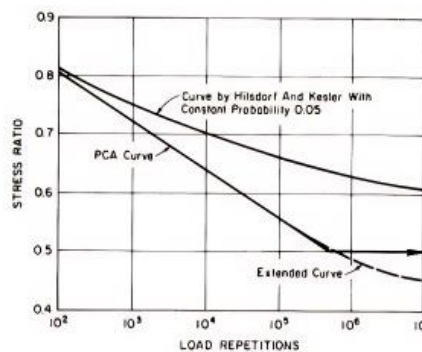
Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	640/534	559/468	517/439	489/422	452/403	409/388	383/384
4.5	547/461	479/400	444/372	421/356	390/338	355/322	333/316
5	475/404	417/349	387/323	367/308	341/290	311/274	294/267
5.5	418/360	368/309	342/285	324/271	302/254	276/238	261/231
6	372/325	327/277	304/255	289/241	270/225	247/210	234/203
6.5	334/295	294/251	274/230	260/218	243/203	223/188	212/180
7	302/270	266/230	248/210	236/198	220/184	203/170	192/162
7.5	275/250	243/211	226/193	215/182	201/168	185/155	176/148
8	252/232	222/196	207/179	197/168	185/155	170/142	162/135
8.5	232/216	205/182	191/166	182/156	170/144	157/131	150/125
9	215/202	190/171	177/155	169/146	158/134	146/122	139/116
9.5	200/190	176/160	164/146	157/137	147/126	136/114	129/108
10	186/179	164/151	153/137	146/129	137/118	127/107	121/101
10.5	174/170	154/143	144/130	137/121	128/111	119/101	113/95
11	164/161	144/135	135/123	129/115	120/105	112/95	106/90
11.5	154/153	136/128	127/117	121/109	113/100	105/90	100/85
12	145/146	128/122	120/111	114/104	107/95	99/86	95/81
12.5	137/139	121/117	113/106	108/99	101/91	94/82	90/77
13	130/133	115/112	107/101	102/95	96/86	89/78	85/73
13.5	124/127	109/107	102/97	97/91	91/83	85/74	81/70
14	118/122	104/103	97/83	93/87	87/79	81/71	77/67

Nota: tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

El siguiente paso consiste en determinar el factor de esfuerzo, siendo consecuencia del coeficiente alcanzado entre la tensión equivalente al MR del concreto a 28 días.

**Figura 10**

Factor de tensión



Nota: Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

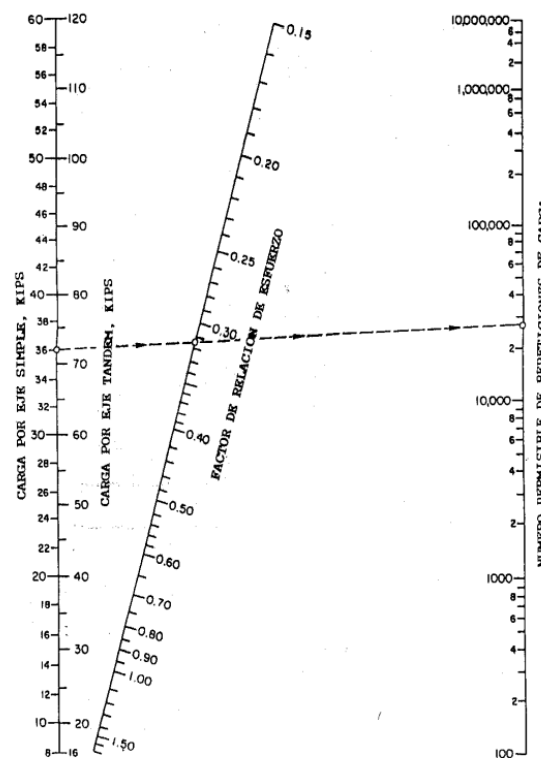
Para la valoración de carga por fatiga, se utiliza un procedimiento que combina datos de carga, tipo de eje y tensiones estructurales del pavimento:

- 1. Carga por eje:** Se ajusta con el Factor de Seguridad de Carga (FSC) para considerar variaciones inesperadas.
- 2. Tipo de eje:** Se clasifica en simples o tándem, ya que su distribución de carga impacta la resistencia del pavimento.
- 3. Ábaco de fatiga:** Mediante un gráfico o ábaco, se proyecta el nivel de carga y el factor de tensión del pavimento para obtener las repeticiones admisibles antes de alcanzar el límite de fatiga.

Este análisis es clave para garantizar que el pavimento soporte las cargas proyectadas sin fallar prematuramente.

**Figura 11**

*Ábaco para el análisis de fatiga para las repeticiones de carga admisible*



*Nota:* Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

Para el pavimento rígido se requiere de la validación del grado de fatiga consumida, en relación con las cargas previstas.

**Figura 12**

*Tabla de factor de erosión (FE) con Dowels y sin BC*

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.64	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.61	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

Nota: Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

**Figura 13**

*Tabla de FE sin Dowels y sin BC*

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.94/4.03	3.91/3.95	3.88/3.89	3.86/3.86	3.82/3.83	3.77/3.80
4.5	3.79/3.91	3.76/3.82	3.73/3.75	3.71/3.72	3.68/3.68	3.64/3.65
5	3.66/3.81	3.63/3.72	3.60/3.64	3.58/3.60	3.55/3.55	3.52/3.52
5.5	3.54/3.72	3.51/3.62	3.48/3.53	3.46/3.49	3.43/3.44	3.41/3.40
6	3.44/3.64	3.40/3.53	3.37/3.44	3.35/3.40	3.32/3.34	3.30/3.30
6.5	3.34/3.56	3.30/3.46	3.26/3.36	3.25/3.31	3.22/3.25	3.20/3.21
7	3.26/3.49	3.21/3.39	3.17/3.29	3.15/3.24	3.13/3.17	3.11/3.13
7.5	3.18/3.43	3.13/3.32	3.09/3.22	3.07/3.17	3.04/3.10	3.02/3.06
8	3.11/3.37	3.05/3.26	3.01/3.16	2.99/3.10	2.96/3.03	2.94/2.99
8.5	3.04/3.32	2.98/3.21	2.93/3.10	2.91/3.04	2.88/2.97	2.87/2.93
9	2.98/3.27	2.91/3.16	2.86/3.05	2.84/2.99	2.81/2.92	2.79/2.87
9.5	2.92/3.22	2.85/3.11	2.80/3.00	2.77/2.94	2.75/2.86	2.73/2.81
10	2.86/3.18	2.79/3.06	2.74/2.95	2.71/2.89	2.68/2.81	2.66/2.76
10.5	2.81/3.14	2.74/3.02	2.68/2.91	2.65/2.84	2.62/2.76	2.60/2.72
11	2.77/3.10	2.69/2.98	2.63/2.86	2.60/2.80	2.57/2.72	2.54/2.67
11.5	2.72/3.06	2.64/2.94	2.58/2.82	2.55/2.76	2.51/2.68	2.49/2.63
12	2.68/3.03	2.60/2.90	2.53/2.78	2.50/2.72	2.46/2.64	2.44/2.59
12.5	2.64/2.99	2.55/2.87	2.48/2.75	2.45/2.68	2.41/2.60	2.39/2.55
13	2.60/2.96	2.51/2.83	2.44/2.71	2.40/2.65	2.36/2.56	2.34/2.51
13.5	2.56/2.93	2.47/2.80	2.40/2.68	2.36/2.61	2.32/2.53	2.30/2.48
14	2.53/2.90	2.44/2.77	2.36/2.65	2.32/2.58	2.28/2.50	2.25/2.44

Nota: Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

**Figura 14**

*Tabla de FE con Dowels y con BC*

Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.28/3.30	3.24/3.20	3.21/3.13	3.19/3.10	3.15/3.09	3.12/3.08
4.5	3.13/3.19	3.09/3.08	3.06/3.00	3.04/2.96	3.01/2.93	2.98/2.91
5	3.01/3.09	2.97/2.98	2.93/2.89	2.90/2.84	2.87/2.79	2.85/2.77
5.5	2.90/3.01	2.85/2.89	2.81/2.79	2.79/2.74	2.76/2.68	2.73/2.65
6	2.79/2.93	2.75/2.82	2.70/2.71	2.68/2.65	2.65/2.58	2.62/2.54
6.5	2.70/2.86	2.65/2.75	2.61/2.63	2.58/2.57	2.55/2.50	2.52/2.45
7	2.61/2.79	2.56/2.68	2.52/2.56	2.49/2.50	2.46/2.42	2.43/2.38
7.5	2.53/2.73	2.48/2.62	2.44/2.50	2.41/2.44	2.38/2.36	2.35/2.31
8	2.46/2.68	2.41/2.56	2.36/2.44	2.33/2.38	2.30/2.30	2.27/2.24
8.5	2.39/2.62	2.34/2.51	2.29/2.39	2.26/2.32	2.22/2.24	2.20/2.18
9	2.32/2.57	2.27/2.46	2.22/2.34	2.19/2.27	2.16/2.19	2.13/2.13
9.5	2.26/2.52	2.21/2.41	2.16/2.29	2.13/2.22	2.09/2.14	2.07/2.08
10	2.20/2.47	2.15/2.36	2.10/2.25	2.07/2.18	2.03/2.09	2.01/2.03
10.5	2.15/2.43	2.09/2.32	2.04/2.20	2.01/2.14	1.97/2.05	1.95/1.99
11	2.10/2.39	2.04/2.28	1.99/2.16	1.95/2.09	1.92/2.01	1.89/1.95
11.5	2.05/2.35	1.99/2.24	1.93/2.12	1.90/2.05	1.87/1.97	1.84/1.91
12	2.00/2.31	1.94/2.20	1.88/2.09	1.85/2.02	1.82/1.93	1.79/1.87
12.5	1.95/2.27	1.89/2.16	1.84/2.05	1.81/1.98	1.77/1.89	1.74/1.84
13	1.91/2.23	1.85/2.13	1.79/2.01	1.76/1.95	1.72/1.86	1.70/1.80
13.5	1.86/2.20	1.81/2.09	1.75/1.98	1.72/1.91	1.68/1.83	1.65/1.77
14	1.82/2.17	1.76/2.06	1.71/1.95	1.67/1.88	1.64/1.80	1.61/1.74

Nota: Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

**Figura 15**

*FE sin Dowels y con BC*

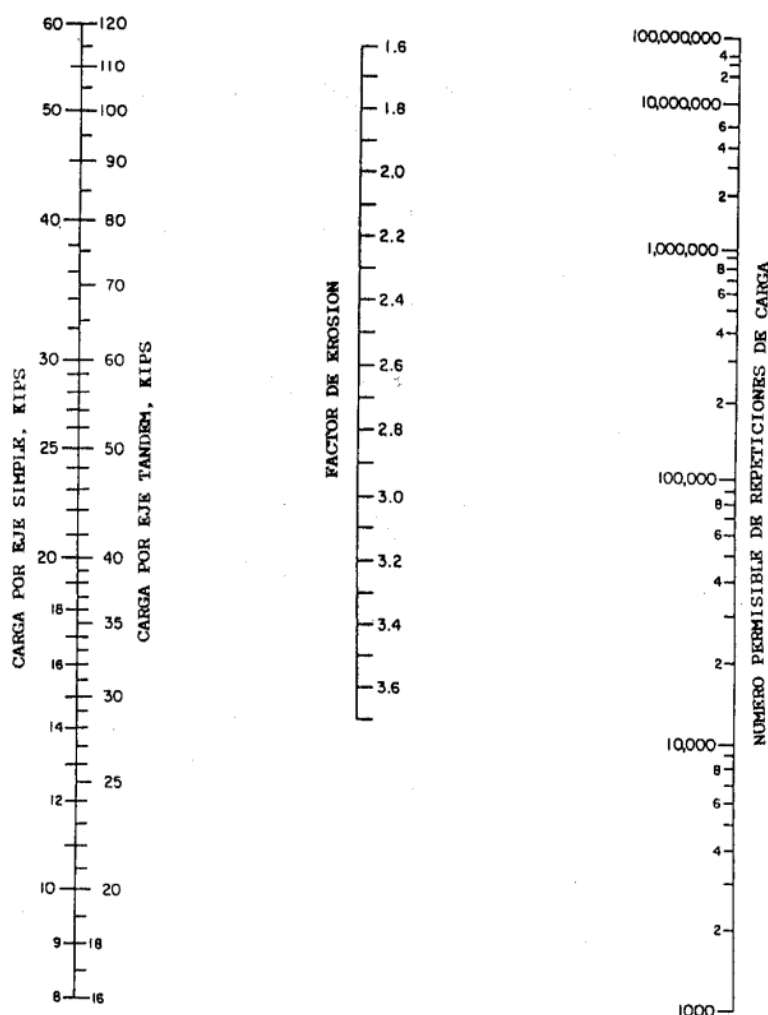
Espesor de losa (pulg.)	k de la subrasante - subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.46/3.49	3.42/3.39	3.38/3.32	3.36/3.29	3.32/3.26	3.28/3.24
4.5	3.32/3.39	3.28/3.28	3.24/3.19	3.22/3.16	3.19/3.12	3.15/3.09
5	3.20/3.30	3.16/3.18	3.12/3.09	3.10/3.05	3.07/3.00	3.04/2.97
5.5	3.10/3.22	3.05/3.10	3.01/3.00	2.99/2.95	2.96/2.90	2.93/2.86
6	3.00/3.15	2.95/3.02	2.90/2.92	2.88/2.87	2.86/2.81	2.83/2.77
6.5	2.91/3.08	2.86/2.96	2.81/2.85	2.79/2.79	2.76/2.73	2.74/2.68
7	2.83/3.02	2.77/2.90	2.73/2.78	2.70/2.72	2.68/2.66	2.65/2.61
7.5	2.76/2.97	2.70/2.84	2.65/2.72	2.62/2.66	2.60/2.59	2.57/2.54
8	2.69/2.92	2.63/2.79	2.57/2.67	2.55/2.61	2.52/2.53	2.50/2.48
8.5	2.63/2.88	2.56/2.74	2.51/2.62	2.48/2.55	2.45/2.48	2.43/2.43
9	2.57/2.83	2.50/2.70	2.44/2.57	2.42/2.51	2.39/2.43	2.36/2.38
9.5	2.51/2.79	2.44/2.65	2.38/2.53	2.36/2.46	2.33/2.38	2.30/2.33
10	2.46/2.75	2.39/2.61	2.33/2.49	2.30/2.42	2.27/2.34	2.24/2.28
10.5	2.41/2.72	2.33/2.58	2.27/2.45	2.24/2.38	2.21/2.30	2.19/2.24
11	2.36/2.68	2.28/2.54	2.22/2.41	2.19/2.34	2.16/2.26	2.14/2.20
11.5	2.32/2.65	2.24/2.51	2.17/2.38	2.14/2.31	2.11/2.22	2.09/2.16
12	2.28/2.62	2.19/2.48	2.13/2.34	2.10/2.27	2.06/2.19	2.04/2.13
12.5	2.24/2.59	2.15/2.45	2.09/2.31	2.05/2.24	2.02/2.15	1.99/2.10
13	2.20/2.56	2.11/2.42	2.04/2.28	2.01/2.21	1.98/2.12	1.95/2.06
13.5	2.16/2.53	2.08/2.39	2.00/2.25	1.97/2.18	1.93/2.09	1.91/2.03
14	2.13/2.51	2.04/2.36	1.97/2.23	1.93/2.15	1.89/2.06	1.87/2.00

Nota: Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements.

El análisis de erosión evalúa la resistencia del pavimento a la pérdida de material causada por cargas repetitivas, garantizando su integridad estructural. Mediante un ábaco que relaciona carga, tipo de eje y factor de erosión, se proyecta el nivel de carga ajustado por factores relevantes. Esto permite determinar las repeticiones de carga admisibles, cruciales para evitar el colapso prematuro de las capas inferiores y asegurar la funcionalidad del pavimento durante su vida útil. Este proceso previene daños significativos y prolonga su desempeño adecuado. (Menéndez, 2012)

**Figura 16**

*Repetición de carga admisible*



*Nota:* Tomado de Thicknees Desing for Concrete Highway and Street Pavements

El consumo de erosión se determina dividiendo las cargas proyectadas entre las admisibles, sumando los valores obtenidos. Este total no debe superar el 100%. Al igual que en el análisis por fatiga, ambos criterios deben ser evaluados para confirmar la viabilidad de la estructura del pavimento, basándose en los parámetros establecidos en las tablas correspondientes, garantizando su funcionalidad y durabilidad a lo largo del tiempo. (Menéndez, 2012)

## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Selección de materiales para terraplenes**

El material juega un papel fundamental en la eficacia y durabilidad del terraplén. Según López y Wu (2019), exponen que las características geológicas son indispensables para establecer la capacidad de soporte que puede tener un suelo.

### **2.3.2. Valor de CBR (California Bearing Ratio)**

Este índice proporciona una medida de la resistencia de un suelo al ser penetrado. Para Almeida y Kim (2020), el CBR no sólo ofrece acerca de la capacidad de soporte del suelo en referencia con cargas repetitivas.

### **2.3.3. Interacciones geohidrológicas en bofedales**

Los bofedales, al ser zonas húmedas, presentan características geohidrológicas particulares. Hernández y Patel (2018) concluyen que las fluctuaciones del nivel freático y la presencia de suelos arcillosos pueden generar condiciones que comprometan la integridad de los pavimentos, haciendo imperativa la implementación de soluciones de diseño adaptativas.

### **2.3.4. Impacto de la transitabilidad**

El desgaste y la durabilidad del pavimento están directamente relacionados con el tipo y frecuencia del tráfico que soporta. Según Rossi y Tran (2021), la

repetición de cargas, junto con variables como la velocidad y tipo de vehículos, pueden influir significativamente en la vida útil del pavimento.

### **2.3.5. Integración ecosistémica**

En regiones sensibles, como bofedales, es esencial que el diseño de pavimentos sea respetuoso con el entorno. Martínez y Chen (2022) enfatizan la necesidad de adoptar un enfoque sostenible que no sólo busque satisfacer las necesidades de infraestructura, sino también preservar y potenciar el ecosistema local.

### **2.3.6. Durabilidad y estabilidad del pavimento**

La longevidad de cualquier infraestructura vial depende intrínsecamente de su resistencia a factores externos e internos. Moreno y Singh (2019) destacan que el análisis de la durabilidad del pavimento debe considerar tanto factores mecánicos, como las cargas vehiculares y las tensiones inducidas, como factores medioambientales, tales como la humedad, la temperatura y la exposición a agentes químicos.

### **2.3.7. Metodologías de estabilización**

Dada la variedad de suelos y condiciones de subrasante, es esencial conocer y seleccionar las técnicas adecuadas de estabilización. Para Navarrete y Kuroda (2020), las técnicas varían desde la mezcla con cemento, cal, o emulsiones bituminosas, hasta el uso de geosintéticos y la inclusión de aditivos específicos para mejorar la resistencia del suelo.

### **2.3.8. Impacto ambiental del diseño**

En cualquier proyecto de infraestructura, es crucial considerar los posibles impactos ambientales derivados de la construcción y operación. Gómez y Lee (2021) argumentan que, especialmente en áreas sensibles como bofedales, se



requiere una evaluación detallada para asegurar que la intervención no perturba la biodiversidad, los recursos hídricos y la calidad del suelo.

### **2.3.9. Caracterización geotécnica**

Un entendimiento profundo de las propiedades y comportamientos del suelo es fundamental para cualquier proyecto de pavimentación. Según Araujo y Phan (2022), la caracterización geotécnica no solo comprende ensayos de laboratorio, sino también pruebas de campo y métodos geofísicos para tener una imagen completa del subsuelo.

### **2.3.10. Diseño sostenible**

La sostenibilidad se ha consolidado como un principio esencial en la ingeniería actual. Según Silva y O'Reilly (2023), el diseño busca que se reduzcan los efectos negativos que se genera como parte del diseño de ingeniería, en coherencia con el respeto del medio ambiente.



## CAPITULO III

### METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño de investigación

La investigación no experimental evitando que pueda haber intervención por parte del investigador. Se basa en la observación, análisis y descripción de relaciones existentes entre variables, permitiendo comprender su comportamiento sin intervenir en su desarrollo. (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014)

El presente estudio se clasifica como diseño no experimental ya que no implica una intervención en variables, sino que se limita a observar y analizar las condiciones existentes en las subrasantes compuestas de suelos arcilloso en los bofedales en estudio.

#### 3.2. Enfoque de investigación

El enfoque planteado fue el cuantitativo, en coherencia con la exposición de información relacionada con valoraciones numéricas (Sánchez, 2019)

El estudio se considera de enfoque cuantitativo ya que se basa en recoger y analizar valores numéricos sobre los suelos arcillosos en los bofedales, para proponer un diseño de pavimentos rígidos en la Avenida Costanera, Tramo II, en Puno.



### 3.3. Tipo de investigación

La investigación aplicada establece la posibilidad de involucrar una mejora directa acerca de un problema en estudio, beneficiando en ofrecer una solución precisa de ello (Castro, Gómez, & Camargo, 2022).

El estudio se clasifica como investigación aplicada debido a que busca solucionar un problema específico, proponiendo un diseño de pavimentos rígidos para mejorar las subrasantes con suelos arcillosos en los bofedales de la Avenida Costanera Tramo II de la ciudad de Puno.

### 3.4. Nivel de investigación

Según (Fidias, 2012) el estudio explicativo se centra en analizar las relaciones causa-efecto entre las variables de un fenómeno, permitiendo identificar las razones o factores que lo originan.

El estudio se clasifica como nivel explicativo, como consecuencia busca identificar causa - efecto entre las propiedades del suelo arcilloso y el desempeño estructural del pavimento rígido. Este enfoque permite justificar cómo la caracterización del suelo, su estabilización mediante técnicas específicas y la aplicación de los métodos AASHTO 93 y PCA contribuyen al diseño de un pavimento.

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población

Es comprendida como el conjunto de elementos de estudio con la finalidad de poder sustentar el recojo de datos (Rojas, 2017)

Se incorporó al tramo de la Avenida Costanera Sur, Tramo II, de la ciudad de Puno, abarcando desde la progresivo km 0+000 hasta el km 03+220.

### 3.5.2. Muestra

La muestra se centra en la minimización del tamaño poblacional con la finalidad de comprender una realidad temática (Ñaupas et al., 2018):

En este estudio, la muestra está conformada por el tramo de los Jr. Miguel Iglesia – Jr. 7 de junio, comprendiendo las progresivos km 1+360 a km 1+820 del Tramo II de la Avenida Costanera en la ciudad de Puno, seleccionada por sus características relevantes al objetivo del proyecto.

### 3.5.3. Muestreo

**Material de cantera (roca):** se realizó en la cantera de rocas "San Luis de Alba", ubicada en la carretera Puno - Moquegua. Las coordenadas geográficas de la cantera son E: 387014, N: 8244029. Este sitio fue seleccionado debido a la calidad y características del material, que cumplen con los requisitos necesarios según la normativa.

### Figura 17

*Muestreo de la cantera San Luis de Alba*



**Material cantera:** El muestreo estuvo conformado por la cantera Cancharani Dev. Puno – Moquegua, cuyo material fue usado en la conformación de la subrasante, la cual está situada en las coordenadas E: 390135, N: 8243073.

**Figura 18**

*Muestreo de la cantera Cancharani*



**Aforo vehicular:** se realizó el aforo vehicular en el tramo II conformado por el Jr. Miguel Iglesias – Jr. 7 de junio por el lapso de una semana, tal como lo recomienda el MTC.

**Figura 19**

*Aforo vehicular Jr. Miguel Iglesias - Jr. 7 de junio*



### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Técnicas de recolección

Consisten en diversos procedimientos y estándares diseñados para adaptar un método específico a los objetivos que se desean alcanzar (Ñaupas et al., 2018), siendo planteado para el estudio la observación de campo.

### 3.6.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos son aquellos medios sobre los cuales se puede recolectar información acerca de un determinado tema tratado (Ñaupas et al., 2018). Para el presente caso, se contó con el empleo de fichas técnicas de recojo de datos.

### 3.6.3. Procedimientos

#### 3.6.3.1. Etapa preliminar

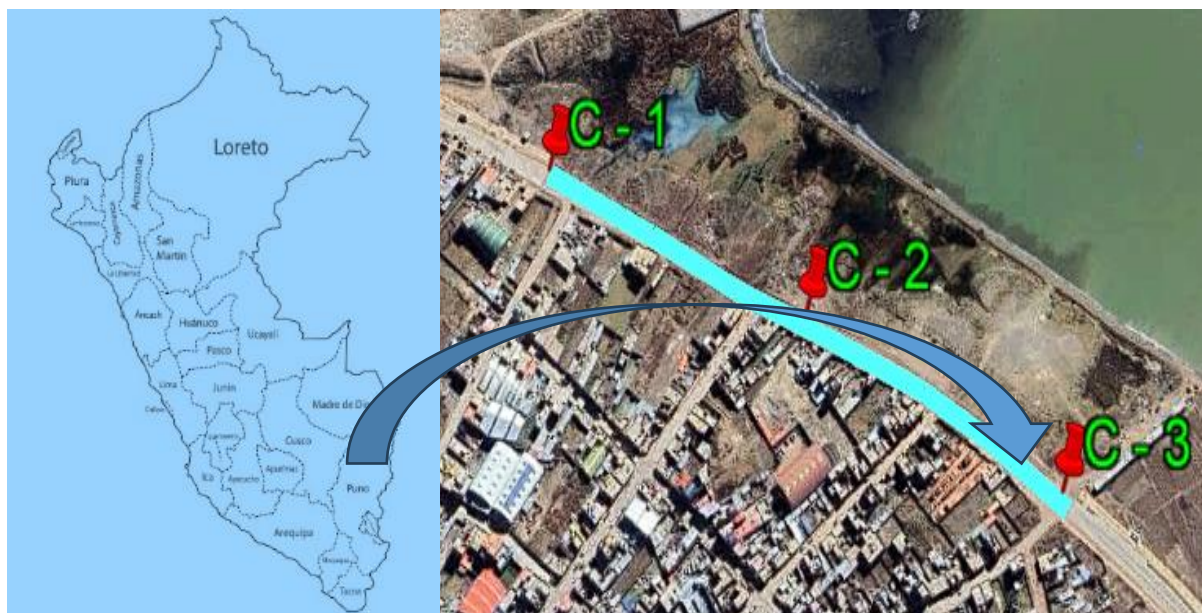
Corresponde a todas aquellas acciones desarrolladas antes de procesos finales, con la intención de preparar los recursos necesarios.

##### 3.6.3.1.1. Identificación de la vía en estudio

Este estudio se focalizó en el Tramo II de la Avenida Costanera en la ciudad de Puno, específicamente en los jirones Miguel Iglesias y 7 de junio (Km 1+360 a Km 1+820). La Figura 20 muestra la ubicación exacta de los puntos donde se extrajeron las muestras, correspondientes a las calicatas C-1, C-2 y C-3, elegidas para examinar las características geotécnicas de la subrasante en esta área.

**Figura 20**

*Ubicación para la extracción de muestras*



### 3.6.3.2. Trabajo en campo

En el trabajo de campo, se seleccionaron puntos y se registraron las coordenadas de las calicatas con un GPS. Usando maquinaria (retroexcavadora), se abrieron calicatas de 1.50 m x 1.50 m y 1.50 m de profundidad. Tras alcanzar la profundidad requerida, se registraron las capas del suelo y se realizó una descripción estratigráfica. Los materiales extraídos se almacenaron en bolsas y se documentó todo el proceso con fotografías.

#### Figura 21

*Muestras extraídas de la calicata C - 1*



### 3.6.3.3. Ensayos de laboratorio.

Una vez extraído el material de las calicatas, se procede a su secado, obviando pruebas de humedad. Antes de realizar los ensayos correspondientes, se lleva a cabo el cuarteo del material, con el fin de asegurar que la muestra sea homogénea y representativa.

#### Propiedades físicas

##### 3.6.3.3.1. Granulometría

El análisis granulométrico, conforme a la norma ASTM D422 (2007), permite determinar los tamaños de las partículas del suelo, facilitando su clasificación. Utilizando tamices estandarizados según la normativa ASTM, los resultados

obtenidos permiten identificar las características texturales del suelo, esenciales para su clasificación y evaluación del comportamiento mecánico en proyectos de pavimentación.

**Figura 22**

*Ensayo granulométrico del terreno de fundación*



**Tabla 12**

*Serie de tamices estandarizado*

Tamiz	Malla (mm)
3"	75.00
2"	50.80
1 1/2"	38.10
1"	25.40
3/4"	19.00
3/8"	9.50
(N° 04)	4.76
(N° 10)	2.00
(N° 20)	0.84
(N° 40)	0.43
(N° 60)	0.26
(N° 140)	0.106
(N° 200)	0.075

*Nota:* (MTC, Manual de ensayo de materiales, 2016, pág. 44).

El ensayo consiste en separar el material grueso del fino con el tamiz N° 4, lavar y secar el suelo por 24 horas. El material que pasa se calcula según la fórmula,

facilitando la clasificación granulométrica y el análisis de las características del suelo.

$$\%pasa = \frac{\text{Peso retenido del tamiz}}{\text{Peso total}} \times 100$$

### 3.6.3.3.2. Límites de consistencia

Se desarrolla de acuerdo a la norma (ASTM D 4318, 2005), esta fórmula consiste en determinar la humedad contenida en el suelo, lo que permite identificar los diferentes estados en los que el suelo presenta comportamientos distintos, como son: semilíquido, plástico y semisólido.

#### Figura 23

*Ensayo de límite líquido*



Para determinar el límite líquido (LL), se mezcla el material con agua y se golpea 25-35 veces, formando una pasta. Luego, se coloca en el aparato de Casagrande, se forma un canal y se mide la abertura hasta cerrarse con 1.9 a 2.1 golpes por segundo. El material se seca y se pesa. En la prueba del límite plástico

(LP), se reduce la humedad del material hasta que se pueda manipular sin pegarse.

Posteriormente, se seca y pesa. El índice de plasticidad (IP) se calcula con la fórmula correspondiente:

$$IP = LL - LP$$

*Nota:* Cada término fue descrito en el Anexo 6

### 3.6.3.3.3. Proctor modificado

#### Figura 24

#### *Ensayo Proctor Modificado*



En el método húmedo, se tamiza el material con tamices N° 04, 3/8" o 3/4", preparando de 4 a 5 muestras con humedad cercana al valor óptimo. Se compactan 2.3 kg de suelo manteniendo la uniformidad. En el método seco, si la muestra está muy húmeda, se seca al aire, se compacta en cinco capas y se calcula la densidad tras determinar la masa y el contenido de humedad.

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

*Nota:* Cada término fue descrito en el Anexo 6

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Nota: Cada término fue descrito en el Anexo 6

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en } \frac{\text{ldf}}{\text{pie}^3}$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3$$

Nota: Cada término fue descrito en el Anexo 6

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

Nota: Cada término fue descrito en el Anexo 6

#### 3.6.3.3.4. California Bearing Ratio

Según la norma (ASTM D1883, 2005), tiene la finalidad de valorar la capacidad de resistencia de cargas.

#### Figura 25

*Ensayo de CBR en laboratorio*



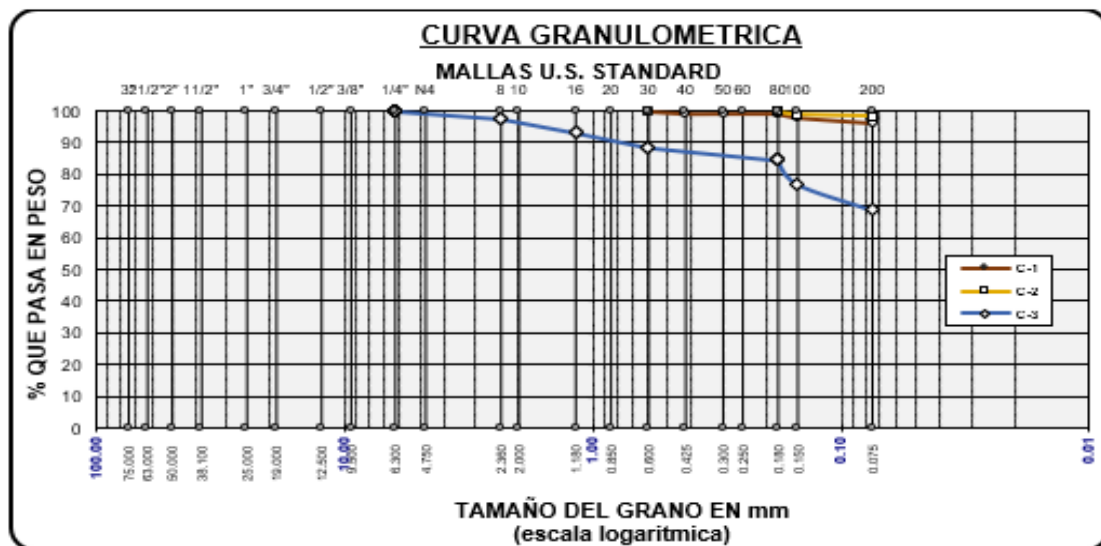
En el ensayo, se prepara y pesa la muestra, colocándola en el molde con collarín, disco espaciador y filtro de papel. Se compacta con un sistema dinámico y se añade una placa perforada con vástagos. Tras medir el hinchamiento, se aplica una carga en la prensa, registrando las lecturas en las fichas de datos.

### 3.6.3.4. Trabajo en gabinete

#### 3.6.3.4.1. Análisis granulométrico

Figura 26

Curva granulométrica



Nota: datos obtenidos de laboratorio PinZás.

La figura 26 muestra la curva de granulometría de las calicatas C-1, C-2 y C-3, tomadas de la MN entre Km 1+360 y Km 1+820 de los jirones Miguel Iglesias y 7 de Junio. En las calicatas, el 68.8% del material de C-1, el 96.2% de C-2 y el 98.5% de C-3 pasaron a través de la malla N° 200, lo que indica una elevada cantidad de material fino en las muestras analizadas.

**Tabla 13***Clasificación de suelos de las calicatas*

Clasificación de suelos		
Muestra	AASHTO	SUCS
C - 1	A - 7 - 5 (18)	MH
C - 2	A - 7 - 5 (20)	MH
C - 3	A - 7 - 5 (19)	MH

*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

Según AASHTO, los suelos son clasificados como A-7-5, lo que indica un alto contenido de finos, baja calidad y capacidad de soporte, con un índice de grupo de 18, 20 y 19, reflejando su rendimiento deficiente para la construcción. Según SUCS, los tres suelos se clasifican como MH, suelos limosos de alta plasticidad, con alta expansividad y tendencia a cambiar de volumen con la humedad.

**3.6.3.4.2. Límites de consistencia****Tabla 14***Resumen del Índice de plasticidad*

Límites de consistencia			
Muestras	Limite liquido	Limite plástico	Índice de plasticidad
C - 1	138.57	82.22	56.35
C - 2	102.27	61.95	40.32
C - 3	130.35	101.81	28.54
Promedio	123.73	81.99	41.74

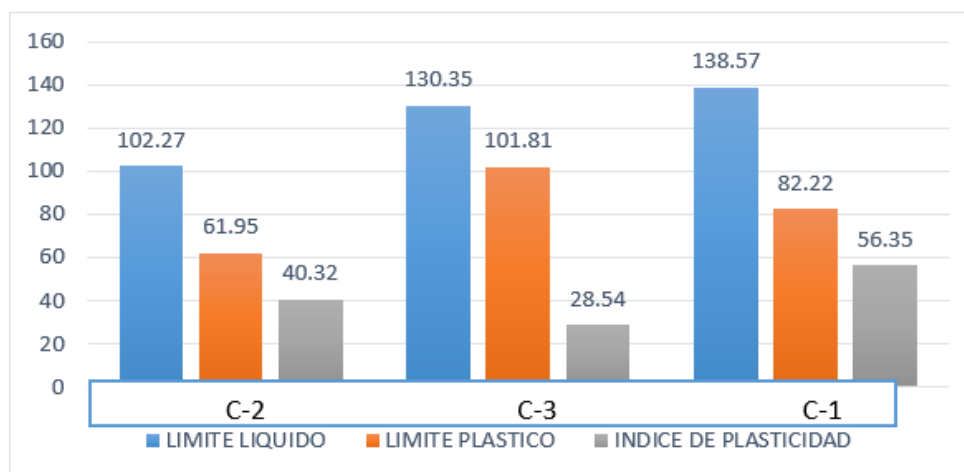
*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

La tabla 14 presenta los límites de consistencia de tres muestras de subrasante, mostrando valores del índice de plasticidad de 56.35 para C-1, 40.32 para C-2 y 28.54 para C-3, con un promedio de 41.74. Estos valores indican que

los suelos analizados tienen una alta plasticidad, especialmente la muestra C-1, que presenta el valor más elevado.

**Figura 27**

*Diagrama de barras de Límites de Consistencia*



*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

Los resultados más representativos fueron los siguientes: Límite líquido de 138.57 en el C1, límite plástico de 101.81 en el C3 e índice de plasticidad de 56.35 en el C1.

### 3.6.3.4.3. **Ensayo de compactación Proctor**

**Tabla 15**

*Resumen del Ensayo Proctor Modificado*

Ensayos de Compactación Proctor		
Muestras	MDS (gr/cc)	contenido de humedad (%)
c - 1	1.79	11.00
c - 2	1.70	11.10
c - 3	1.69	10.90
Promedio	1.73	11.00

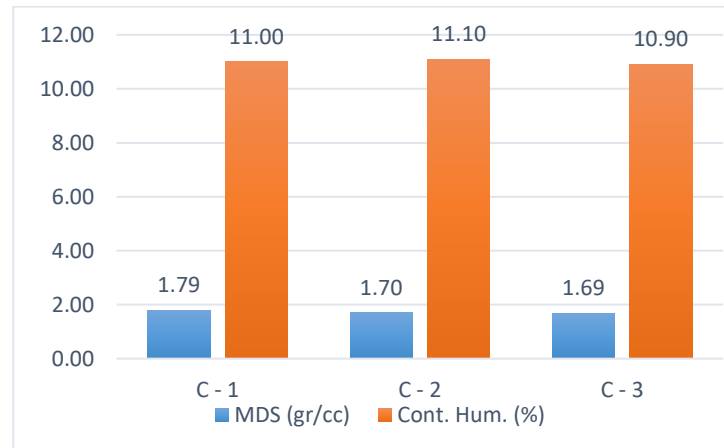
*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

La información de Máxima Densidad Seca (MDS) fue de 1.73 gr/cc y un contenido de humedad promedio de 11.00% al realizar las exploraciones. Estos

valores son de gran importancia debido a que permiten identificar el punto en el que suelo de la subrasante alcanza su mayor compactación.

**Figura 28**

*Diagrama de barras del ensayo de Proctor Modificado*



*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

Se demostró que, el C1 expuso una densidad seca alta de 1.79 gr/cc, con un porcentaje de humedad del 11.00%, siendo este el que demostró mejores resultados respecto al resto de muestras.

#### **3.6.3.4.4. Ensayo de capacidad portante.**

**Tabla 16**

*Resumen de CBR*

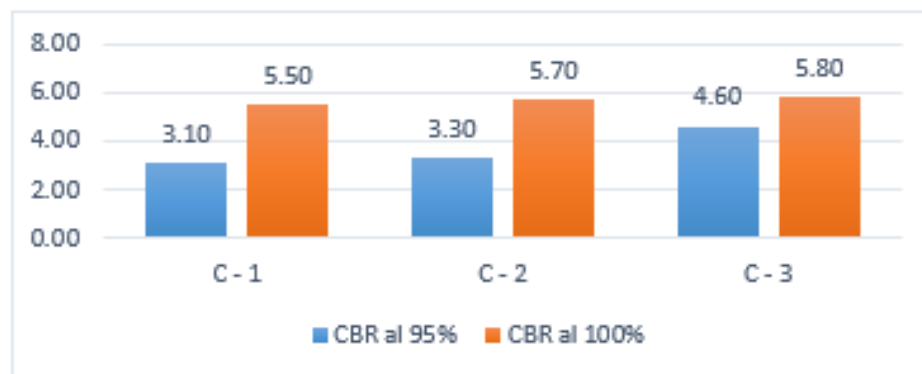
Ensayo de California Bearing Ratio		
Muestras	CBR al 95%	CBR al 100%
C - 1	3.10	5.50
C - 2	3.30	5.70
C - 3	4.60	5.80
Promedio	3.67	5.67

*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

La tabla 16 evidencia los resultados del ensayo de California Bearing Ratio (CBR) en tres muestras, donde los valores promedio fueron de 3.67% al 95% de compactación y 5.67% al 100%. Estos valores indican una baja capacidad portante del suelo, insuficiente para cumplir con los requerimientos mínimos para pavimentos rígidos, que generalmente requieren un CBR superior al 20%. Aunque la muestra C-3 presentó los mejores resultados con 4.60% y 5.80%, todas las muestras sugieren la necesidad de estabilización o sustitución del suelo para mejorar su capacidad estructural y garantizar el soporte adecuado.

**Figura 29**

*Diagrama de barras del ensayo CBR*



*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

La figura 29 muestra los valores de CBR en tres muestras, donde los valores promedio fueron de 3.67% al 95% de compactación y 5.67% al 100%. Estos valores indican una baja capacidad portante del suelo, insuficiente para cumplir con los requerimientos mínimos para pavimentos rígidos, que generalmente requieren un CBR superior al 20%. Aunque la muestra C-3 presentó los mejores resultados con 4.60% y 5.80%, todas las muestras sugieren la necesidad de estabilización o sustitución del suelo para mejorar su capacidad estructural y garantizar el soporte adecuado para la construcción.

#### **3.6.3.4.5. Estabilización de la subrasante**



Los bofedales presentan un desafío significativo para el proyecto debido a la baja capacidad portante de la subrasante, la presencia de materia orgánica y la cercanía de la napa freática, que se encuentra a menos de cincuenta centímetros en algunos casos. Los resultados obtenidos demostraron un CBR de entre 3% al 6%.

**3.6.3.4.6. Pedraplén**

Se propone una colocar una capa de material de pedraplén, para estabilizar el suelo arcilloso en le bofedal encontrado en la avenida costanera tramo II, los resultados del análisis roca de la cantera San Luis de Alba se presentan a continuación:

**Tabla 17**

*Resumen de reemplazo de material*

Tamices ASTM peso retenido del agregado				
Que pasa	Retenido	100 revoluciones Graduación "e"	500 revoluciones Graduación "a"	
3"	2 ½"	2500.70		
2 ½"	2"	2505.60		
2"	1 ½"	5006.50		
1 ½"	1"			
1"	¾"			
¾"	½"			
½"	3/8"			
3/8"	¼"			
¼"	N° 04			
N° 04	N° 08			
Peso inicial			10013.00	
Retenido en la malla n° 12			7854.00	
Que pasa la malla n° 12			2158.00	
% de pérdida			21.56%	
Perdida promedio %			21.56%	
Esferas	Peso gr.:	5.004	Nro:	12
	Resistencia al desgaste =	78.44 %		
	Porcentaje de perdida =	21.56 %		

*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás.

Se evidencia una resistencia al desgaste de 78.44 % y el porcentaje de pérdida de 21.56%, el cual de acuerdo a la normativa de ensayos MTC – E – 207 menciona que el desgaste no será mayor a 30 %, catalogándose como material apto.

### 3.6.3.4.7. Diseño estructural del pavimento rígido

El cálculo será fundamentado a continuación:

#### A. Cálculo del índice medio diario anual (IMDA)

**Tabla 18**

*Resumen del aforo vehicular realizado*

Día	Automóvil ac	Camionetas		Bus		Camión			Semitraylers		
		Pick up	Rural	B2	B4-1	C2	C3	T2s1	T2 s3	T3s1	>=3s3
Lunes	1956	1743	1313	50	42	180	50	0	5	0	85
Martes	1889	1332	671	43	47	176	45	0	9	0	70
Miércoles	1576	1110	739	36	40	105	30	0	9	0	67
Jueves	1754	1264	792	29	44	156	48	0	9	0	59
Viernes	1835	1684	1294	32	49	180	50	0	12	0	98
Sábado	2112	2001	1931	42	54	120	62	0	14	0	86
Domingo	1428	2335	1990	50	36	145	56	0	10	0	45
IMDS	1793	1638	1247	40	45	152	49	0	10	0	73
IMDA	1768	1616	1230	43	47	161	52	0	10	0	78

Es importante señalar que, para el cálculo de IMDS e IMDA, se aplicaron factores de corrección de  $fc=0.9861$  para vehículos livianos y  $fc=1.0638$  para vehículos pesados. Con base en estos valores, se procedió a calcular la población futura, considerando los siguientes aspectos:

**Tabla 19**

*Calculo de la población futura de vehículos*

Población futura de vehículos											
Tasa anual de crecimiento de vehículos livianos		Tc	2.47%	$P_F = P_O(1 + T_C)^n$							
Tasa anual de crecimiento de vehículos pesados		Tc	2.58%	pf: tránsito final en veh/día po: tránsito inicial (año base) en veh/día tc: tasa de crecimiento anual por tipo de vehículo n: año a estimarse							
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)		N	1								
IMDA	Automóvil	Camionetas		Bus		Camión		Semitrayers			
		Pick up	Rural	B2	B4-1	C2	C3	T2s1	T2s3	T3s1	>=3s3
2024	1768	1616	1230	43	47	161	52	0	10	0	78

**Tabla 20**

*Factores de distribución*

Numero de calzadas	Numero de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor direccional (fd)	Factor carril (fc)	Factor ponderado fd x fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDA total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos calzadas)	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

*Nota:* Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Tabla 21

Cálculo del ESAL de diseño

Días del año	365
Factor direccional (FD)	0.5
Factor carril (FC)	0.8
$\sum F \cdot IMDA$ :	2231.642353
tasa anual de crecimiento v.p (r):	2.58%
Periodo de diseño (n°):	20
Factor de crecimiento (Fca):	25.76
N° de calzadas, sentidos y carriles por sentido	1 calzada, 2 sentidos, 2 carril por sentido
$ESAL = \sum (f \cdot IMDA) \cdot 365 \cdot FD \cdot FC \cdot Fca$	
Numero de ejes equivalentes:	
ESAL (2024)	8,393,887.36      8.39E+0.6

**B. Metodología de cálculo (AASHTO 93)****- Serviciabilidad**

Para el estudio el nivel de serviciabilidad inicial es de 4.5 debido a que es un pavimento rígido el que se diseñará y la serviciabilidad final será de 1.8 debido a que está ubicado a una zona industrial. Encontrando una diferencia ( $\Delta PSI$ ) = 2.7.

**- Módulo de ruptura del concreto**

Es indispensable para demostrar la capacidad de soportar cargas del pavimento, con un valor de  $f'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ :

$$S'c = 32\sqrt{f'c}$$

A partir de la ecuación dada se calculó el módulo de ruptura  $S'c = 463.72 \text{ Psi}$ .



**Tabla 22**

*Módulo de ruptura del concreto*

Tipo de pavimento	S'c recomendado (psi)
Autopistas	682.7
Carretera	682.7
Zonas industriales	640.1
Urbanos principales	640.1
Urbanos secundarios	597.4

Nota: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

**- Módulo de reacción de la subrasante**

El módulo de reacción "K" evidencia la capacidad que tiene la subrasante de resistir la penetración como consecuencia de fuerzas de flexión:

$$K = 46 + 9.08(\log CBR)^{4.34} \dots \dots \dots CBR > 10$$

A partir de la ecuación dada se estimó el módulo de reacción "K" para la Av. Costanera Sur Tramo II, considerando un CBR de 58.70%, de esta manera se obtendrá: K=153.85 Mpa/m convirtiendo a Pci, tenemos K=566.7941 Pci.

**- Coeficiente de drenaje**

Es un parámetro crucial que debe ser considerado, ya que tiene un impacto significativo en las estructuras. Aquellas estructuras sin un drenaje adecuado pueden verse perjudicadas, mientras que las que cuentan con un drenaje apropiado benefician la estabilidad de la estructura, ya que contribuyen a reducir el espesor necesario.

**Tabla 23***Determinación del coeficiente de drenaje*

Calidad del drenaje	Agua removida en
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no drena

Nota: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

**Tabla 24***Porcentaje de exposición del pavimento*

Calidad del Drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor a 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Nota: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

En este proyecto, se considera que la calidad del drenaje es moderada, lo que significa que el agua será eliminada en un período de 1 día, conforme a lo estipulado. La calidad de drenaje del material empleado fue media, con una exposición a precipitaciones del 30%, con un Cd de 0.90.

#### - **Confiability**

Se encarga de valorar la capacidad de conservación del pavimento, siendo  $R = 55.00\%$ , dado que el proyecto está destinado a pavimentos urbanos principales, y  $Z_r = -0.25$ .

**Tabla 25***Determinación de confiabilidad según el tipo de pavimento*

Tipo de pavimento	Confiabilidad.
Autopistas	90%
Carreteras	75%
Rurales	65%
Zonas industriales	60%
Urbanas principales	55%
Urbanas secundarias	50%

Nota: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

**Tabla 26***Desviación estándar (Zr)*

Confiabilidad R (%)	Desviac. Estan. (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota: Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

- **Coeficiente de transferencia de carga (J)**

Se centra en la distribución de fuerzas de corte, siendo esencial la minimización de deformaciones y tensiones. Una mayor eficacia en la dispersión de cargas resulta en un rendimiento óptimo de las losas. Este principio está determinado por diversos factores, incluyendo el nivel de tráfico, la implementación de juntas de expansión y el soporte lateral brindado a las losas. Según las normativas de la AASHTO 93, se ha establecido un valor de 3.1 para pavimentos de tipo rígido.

- **Error estándar combinado (So)**

AASHTO ha establecido cifras específicas para evaluar la variabilidad o el error estándar conjunto, recomendando su implementación dentro de los intervalos indicados a continuación:

Error estándar combinado

**Tabla 27**

*Valores recomendados para el error estándar (So)*

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.4

*Nota:* Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

Conforme se visualizan en la tabla 3, los valores optados para el diseño del pavimento serán  $So=0.35$ .



- **Módulo de elasticidad del concreto (Ec)**

Es la relación entre tensión y deformación unitaria según la Ley de Hooke, se calcula siguiendo la Norma ASTM C469.

La relación tomada para su determinación es:

$$Ec = 1700 * F'c^{1/2}$$

$$Ec=246,353.40 \text{ Kg/cm}^2 \dots\dots\dots Ec=3,503,968023 \text{ Psi}$$

- **Espesor de estructura del pavimento**

Se aplica la siguiente fórmula

$$\log_{10}(W18) = Z_R * S_0 + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} * (\frac{\Delta PS}{4.5 - 1.5})}{1 + \frac{1.624 * 10^6}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * p_t) * \log_{10}(\frac{S'c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{Ec}{K})^{0.25}})})$$

$$7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \frac{(\Delta PS)}{4.5 - 1.5}}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * P_t) * \log_{10}(\frac{S'c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{Ec}{k})^{0.25}})})$$

En el que se determinaron los espesores detallados continuación:

Espesor de losa de concreto D=7.07 pulgadas / 17.97 cm, señalando un espesor final de 20.00 cm.

**C. Metodología de cálculo de pavimento rígido según PCA.**

Para la aplicación de la metodología de cálculo de pavimento según el PCA presentan requerimientos de diseño, lo cuales serán abordados a continuación:

**Tabla 28***Composición del tráfico vehicular para el diseño de pavimentos rígidos*

Tip. Veh.	Lun.	Mart.	Mierc.	Juev.	Vier.	Sab.	Dom.	TPDS
AC	1956	1889	1576	1754	1835	2112	1428	1793
AP	3056	2003	1849	2056	2978	3932	4325	2886
B2	50	43	36	29	32	42	50	40
B4-1	42	47	40	44	49	54	36	45
C2	180	176	105	156	180	120	145	152
C3	50	45	30	48	50	62	56	49
T2S3	5	9	9	9	12	14	10	10
T3S2	85	70	67	59	98	86	45	73

TPD=5,046 Veh/día

- **Cálculo del número acumulado de ejes:**

**Tabla 29***Valores optados de acuerdo al número de ejes*

Nº de carriles	4 carriles (2 en cada dirección)
Factor de dirección	45%
Factor de distribución	90%

*Nota:* Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos.

**Tabla 30**

*Numero de ejes por día de acuerdo a los tipos de vehículos*

Tipo de vehículo	N° veh/día	N° ejes / día						
		Ejes simples					Ejes tándem	
		1 tn	7 tn	11 tn	7.67 tn	8.33 tn	16 tn	18 tn
AC	1,793	3,586	0	0	0	0	0	0
AP	2,886	5,771	0	0	0	0	0	0
B2	40	0	40	40	0	0	0	0
B4-1	45	0	89	0	0	0	45	0
C2	152	0	152	152	0	0	0	0
C3	49	0	49	0	0	0	0	49
T2S3	10	0	10	10	0	29	0	0
T3S2	73	0	73	0	0	0	0	146
Σ Ejes/día		9,357	412	202	0	29	45	194
N° Ejes/año		3,415,253	150,536	73,626	0	10,637	16,269	70,966
Factor Dirección		45%	45%	45%	45%	45%	45%	45%
Factor Distribución		90%	90%	90%	90%	90%	90%	90%
Factor de Crecimiento		26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87
N° TOTAL DE EJES		37,166,494.91	1,638,212.94	801,231.96	0.00	115,758.72	177,042.76	772,292.28

**- Determinación del parámetro “K”**

Hace referencia al módulo de reacción de la subrasante, coeficiente de balasto o módulo de Westergaard:

$$K = 2.55 + 52.5 \log(CBR) \dots \dots \dots \text{Para } CBR \leq 10\%$$

$$K = 46 + 9.08[\log(CBR)]^{4.34} \dots \dots \dots \text{Para } CBR > 10\%$$

Considerando el valor determinado de CBR de diseño, se obtiene K=153.85

Mpa/m

**Tabla 31***Valores de K para subrasantes*

K subrasante	Valores de K			
	Capa granular no tratada			
	10 cm	15 cm	22.5 cm	30 cm
Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m
20	23	26	32	38
40	45	49	57	66
60	64	66	76	90
80	87	90	100	117
K subrasante	Capa estabilizada con cementante hidráulico			
	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm
Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m	Mpa/m
20	60	80	105	135
40	100	130	185	230
60	140	190	245	-

*Nota:* Canadian Portland Cement Association.

Debido a que el apoyo de la losa estará sobre una capa granular, el espesor de la capa será de 22.50 cm, determinando así un nuevo "K" = 188.63 Mpa/m

- **Módulo de rotura (Mr)**

El presente proyecto usará un concreto de resistencia de  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$ , "a" toma el valor de 3.18; para lo cual mediante la ecuación 6 se determinará el módulo de rotura.

$$Mr = a\sqrt{f'c} \left(\frac{kg}{cm^2}\right)$$

$$Mr=4.52 \text{ Mpa}$$

- **Determinación del esfuerzo equivalente**

Se ha determinado el esfuerzo equivalente de ejes simples y tándem siendo 0.83 y 0.58 respectivamente, teniendo en cuenta el espesor de tanteo 250 mm estipulados en la tabla 20:

Tabla 32

*Determinación del esfuerzo equivalente de acuerdo al espesor de losa*

Espesor de Losa (mm)	Esfuerzo Equivalente							
	Ejes Simples				Ejes Tándem			
	K combinado (Mpa/m)				K combinado (Mpa/m)			
	20	40	60	80	20	40	60	80
100	5.42	4.75	4.38	4.13	4.39	3.83	3.59	3.44
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.88	3.35	3.12	2.97
120	4.19	3.69	3.41	3.23	3.47	2.98	2.75	2.62
130	3.75	3.30	3.06	2.89	3.14	2.68	2.46	2.33
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.87	2.43	2.23	2.10
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.64	2.23	2.04	1.92
160	2.79	2.47	2.29	2.17	2.45	2.06	1.87	1.76
170	2.56	2.26	2.10	1.99	2.28	1.91	1.74	1.63
180	2.37	2.09	1.94	1.84	2.14	1.79	1.62	1.51
190	2.19	1.94	1.80	1.71	2.01	1.67	1.51	1.41
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.90	1.58	1.42	1.33
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.79	1.49	1.34	1.25
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.70	1.41	1.27	1.18
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.62	1.34	1.21	1.12
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.55	1.28	1.15	1.06
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.48	1.22	1.09	1.01
260	1.41	1.25	1.16	1.10	1.41	1.17	1.05	0.97
270	1.34	1.18	1.10	1.04	1.36	1.12	1.00	0.93
280	1.28	1.12	1.04	0.99	1.30	1.07	0.96	0.89
290	1.22	1.07	0.99	0.94	1.25	1.03	0.92	0.85
300	1.16	1.02	0.95	0.90	1.21	0.99	0.89	0.82
310	1.11	0.97	0.90	0.86	1.16	0.96	0.86	0.79
320	1.06	0.93	0.86	0.82	1.12	0.92	0.83	0.76
330	1.02	0.89	0.83	0.78	1.09	0.89	0.80	0.74
340	0.98	0.85	0.79	0.75	1.05	0.86	0.77	0.71
350	0.94	0.82	0.76	0.72	1.02	0.84	0.75	0.69

Nota: Canadian Portland Cement Association.

#### - Determinación del factor de erosión

Se ha determinado los factores de erosión de ejes simples y tándem siendo 2.62 y 2.69 respectivamente, teniendo en cuenta el espesor de tanteo 250 mm estipulados en la tabla 33:

**Tabla 33**

*Determinación del factor de erosión para ejes simples y tándem*

Espesor de Losa (mm)	Factores de Erosión							
	Ejes Simples				Ejes Tándem			
	K combinado (Mpa/m)				K combinado (Mpa/m)			
	20	40	60	80	20	40	60	80
100	3.94	3.92	3.90	3.88	4.00	3.93	3.90	3.88
110	3.82	3.79	3.78	3.76	3.90	3.82	3.79	3.76
120	3.71	3.68	3.67	3.65	3.81	3.73	3.69	3.66
130	3.61	3.58	3.56	3.55	3.73	3.65	3.60	3.57
140	3.52	3.49	3.47	3.46	3.66	3.57	3.52	3.49
150	3.43	3.40	3.38	3.37	3.59	3.50	3.45	3.42
160	3.35	3.32	3.30	3.29	3.53	3.43	3.38	3.35
170	3.28	3.24	3.22	3.21	3.48	3.37	3.32	3.28
180	3.21	3.17	3.15	3.14	3.42	3.32	3.26	3.23
190	3.15	3.11	3.08	3.07	3.37	3.27	3.21	3.17
200	3.09	3.04	3.02	3.01	3.33	3.22	3.16	3.12
210	3.04	2.99	2.96	2.95	3.28	3.17	3.11	3.07
220	2.98	2.93	2.90	2.89	3.24	3.13	3.07	3.03
230	2.93	2.88	2.85	2.83	3.20	3.09	3.03	2.98
240	2.89	2.83	2.80	2.78	3.16	3.05	2.99	2.94
250	2.84	2.78	2.75	2.73	3.13	3.01	2.95	2.91
260	2.80	2.73	2.70	2.69	3.09	2.98	2.91	2.87
270	2.76	2.69	2.66	2.64	3.06	2.94	2.88	2.83
280	2.72	2.65	2.62	2.60	3.03	2.91	2.84	2.80
290	2.68	2.61	2.58	2.56	3.00	2.88	2.81	2.77
300	2.65	2.57	2.54	2.52	2.97	2.85	2.78	2.74
310	2.61	2.54	2.50	2.48	2.94	2.82	2.75	2.71
320	2.58	2.50	2.47	2.44	2.91	2.79	2.72	2.68
330	2.55	2.47	2.43	2.41	2.89	2.77	2.70	2.65
340	2.52	2.44	2.40	2.37	2.86	2.74	2.67	2.62
350	2.49	2.41	2.37	2.34	2.84	2.71	2.65	2.60

Nota: Canadian Portland Cement Association.

**- Espesor de pavimento**

Las dimensiones encontradas del pavimento rígido son  $D=25.0$  cm para la losa de concreto y  $h=22.5$  cm para la subbase granular, haciendo un total de  $e=47.5$  cm.



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El diseño propuesto cumple con los estándares nacionales y garantiza una vida útil de 20 años, optimizando recursos mediante el uso de técnicas adecuadas de estabilización y espesores eficientes.

#### 4.1 Resultados para el objetivo específico N° 01

A continuación, se presenta el resumen los resultados de las pruebas realizadas para determinar las propiedades físico-mecánicas iniciales de las muestras de suelo en las calicatas C-1, C-2 y C-3. Se observan valores bajos de CBR, lo cual evidencia la inadecuación del suelo para soportar pavimentos rígidos sin estabilización previa.

**Tabla 34***Resumen de la caracterización de calicatas del suelo de fundación*

Ensayo	C - 1	C - 2	C - 3
Humedad natural (%)	142.55%	139.09%	38.07%
Clasificación AASHTO	A - 7 - 5 (18)	A - 7 - 5 (20)	A - 7 - 5 (19)
Clasificación SUCS	MH	MH	MH
Limite líquido (%)	82.22	61.95	101.81
Limite plástico (%)	56.35	40.32	28.54
Índice de plasticidad (%)	138.57	102.27	130.35
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.79	1.70	1.69
CBR al 95 % de la MDS (%)	3.10	3.30	4.60
CBR al 100 % de la MDS (%)	5.50	5.70	5.80

Nota: datos obtenidos de laboratorio PinZás

En la tabla 34 muestra la caracterización de muestras de suelo (C-1, C-2 y C-3) y evidencia una baja capacidad de soporte, reflejada en los valores de CBR al 95% de la MDS, que oscilan entre 3.10% y 4.60%, y al 100% de la MDS, entre 5.50% y 5.80%, todos ellos por debajo del mínimo requerido para diseño de pavimentos. Además, las muestras presentan altos porcentajes de humedad natural, especialmente C-1 (142.55%) y C-2 (139.09%), lo que reduce aún más su estabilidad. Los elevados valores de LL y LP en todas las muestras confirman su alta plasticidad y su tendencia a hincharse y contraerse. La clasificación AASHTO y SUCS identifica estos suelos como de baja capacidad portante y susceptibles a deformaciones (A-7-5 y MH, respectivamente). Finalmente, estas características demuestran que los suelos en su estado actual no son aptos para usarse como subrasante.

#### **4.2. Resultados para el objetivo específico N° 02**

Los bofedales presentan un reto significativo para el estudio debido a la baja capacidad portante, la presencia de materia orgánica y la cercanía de la napa

freática. El análisis reveló valores de CBR entre 3% y 6%, como se menciona en tabla 34 por lo que se optó por la sustitución de suelos para estabilizar la subrasante basándonos a la normativa suelos geología, geotecnia y pavimentos por lo que se optó la sustitución con los siguientes materiales como se muestra a continuación.

#### 4.2.1. Pedraplén para la estabilización del suelo

Se propone una colocar una capa de material de pedraplén , para estabilizar la subrasante en las calicatas analizadas del suelo arcilloso encontrado en la avenida costanera tramo II, los resultados del análisis se presentan a continuación:

**Tabla 35**

*Resumen de reemplazo de material - cantera San Luis de Alba*

Que pasa	Tamices ASTM peso retenido del agregado		
	Retenido	100 revoluciones Graduación "e"	500 revoluciones Graduación "a"
3"	2 ½"	2500.70	
2 ½"	2"	2505.60	
2"	1 ½"	5006.50	
1 ½"	1"		
1"	¾"		
¾"	½"		
½"	3/8"		
3/8"	¼"		
¼"	N° 04		
N° 04	N° 08		
Peso inicial			10013.00
Retenido en la malla n° 12			7854.00
Que pasa la malla n° 12			2158.00
% de pérdida			21.56%
Perdida promedio %			21.56%
Esferas	Peso gr.: 5.004	Nro: 12	
	Resistencia al desgaste = 78.44 %		
	Porcentaje de pérdida = 21.56 %		

*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás

Se demostró un incremento significativo en los valores tras las sustitución del suelo llegando a una resistencia al desgaste de 78.44 % y el porcentaje de

pérdida de 21.56%, el cual de acuerdo a la normativa de ensayos MTC – E – 207 menciona que el desgaste no será mayor a 30 %, en la cual confirma la efectividad de la técnica empleada por lo que es apto para la estabilización.

#### 4.2.2. Material para subrasante

Para la colocación del material en la subrasante se realizó un análisis en laboratorio donde se mostro el aumento en el CBR con material de préstamo tras la estabilización de las subrasantes en las calicatas analizadas. Los valores superan el estándar mínimo de 40% establecido por el MTC para pavimentos rígidos.

**Tabla 36**

*Resumen de reemplazo de material - cantera Cancharani*

Ensayo	Muestra M -1 – Material de terraplén
Humedad natural	2.53%
Clasificación AASHTO	A – 2 – 6 (1)
Clasificación SUCS	GC
Limite liquido	23.30%
Limite plástico	12.73%
Índice de plasticidad	10.57%
Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.215 gr/cc
CBR al 100 % de la MDS (%)	58.7%
CBR al 95 % de la MDS (%)	53.4%

*Nota:* datos obtenidos de laboratorio PinZás

La tabla 36 correspondiente al material de terraplén, presenta características favorables para su uso en infraestructura vial, con una baja humedad natural (2.53%) y una clasificación AASHTO A-2-6 y SUCS GC, que indican un suelo con grava arcillosa adecuado para terraplenes. El comportamiento plástico del suelo

indica una plasticidad moderada, con un índice de plasticidad del 10.57%, una densidad máxima seca de 2.215 gr/cm<sup>3</sup>, un CBR al 95% de 53.40% y al 100.00% de 58.70%. Se observa un incremento significativo en los valores de CBR tras la sustitución del suelo, en la cual se confirma que es un material apto.

### 4.3. Resultados para el objetivo específico N° 03

Esta investigación explorará las dos estrategias más empleadas a nivel internacional para determinar los grosores de las superficies viales: el enfoque AASHTO y PCA.

#### 4.3.1. Diseño de pavimento rígido por el método AASHTO 93

Se propone un diseño alternativo basado en los parámetros de AASHTO 93, considerado el más conservador en Latinoamérica debido a sus espesores de diseño y la experiencia en grandes proyectos.

$$\log_{10}(W18) = Z_R * S_0 + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} * (\frac{\Delta PS}{4.5 - 1.5})}{1 + \frac{1.624 * 10^6}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * p_t) * \log_{10}(\frac{S'c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})})$$

**Tabla 37**

*Requerimientos de datos del proyecto*

Datos del proyecto	
Periodo de diseño	20 años
Tasa de crecimiento	3.00%
Factor de sentido	0.50
Factor de carril	0.75
Resistencia de concreto (f <sub>c</sub> )	210 kg/cm <sup>2</sup>
Suelo de fundación: CBR de diseño	58.70%

**Tabla 38***Valores determinados para el diseño de pavimento rígido*

Datos de diseño	
Trafico (ESAL's)	8393887.36
Índice de servicialidad inicial (Po)	4.50
Índice de servicialidad final (Pt)	1.80
Módulo de ruptura (S'c)	463.72 Psi
Módulo de elasticidad (Ec)	3503968.23 Psi
Resistencia de la subrasante (K)	566.79 Psi/pulg
Coefficiente de transferencia de carga (J)	3.1
Coefficiente de drenaje (Cd)	0.90
Nivel de confiabilidad (R)	55.00
Desviación estándar normal (Zr)	-0.25
Error estándar combinado (So)	0.35

**Se procede a demostrar los espesores del concreto hidráulico:****Tabla 39***Espesores determinados AASHTO 93*

Subrasante mejorada	Según estudio de suelos	20.00 cm
Subbase granular	Según estudio de suelos	22.50 cm
Losa de concreto	Calculado	17.97 cm
Losa de concreto adoptado	Adoptado	20.00 cm

La tabla 39 muestra los espesores del pavimento rígido basados en estudios de suelos y cálculos realizados. Se determinó que la subrasante mejorada debe tener 20.00 cm de espesor y la subbase granular 22.50 cm, ambos necesarios para garantizar estabilidad y buen drenaje. El espesor de diseño consignado fue de 20.00 cm.

Si la subrasante ha sido adecuadamente estabilizada y las condiciones de carga son moderadas, el diseño de 20 cm podría ser suficiente.

**Figura 30**

*Valores finales adoptados metodología AASHTO 93*



### 4.3.2. Diseño de pavimento rígido por el método PCA

El espesores calculados por el método PCA reflejan las propiedades mejoradas de la subrasante tras la estabilización, con diferencias atribuibles a las consideraciones específicas.

**Tabla 40**

*Requerimientos de datos del proyecto*

Datos de diseño		
Transito Promedio Diario	TPD	5046.29 Veh/día
Tasa de crecimiento	r	3.00 %
Periodo de diseño	t	20.00 años
CBR de subrasante	CBR	58.70 %
Ancho de camil	b	6.80 m
Factor de Seguridad de Carga	F.S.C.	1.20 (Tránsito Pesado)
Resistencia a la Compresión del concreto	f <sub>c</sub>	210 kg/cm <sup>2</sup>
Módulo de reacción de la subrasante	K	188.63 Mpa/m
Módulo de rotura	M <sub>r</sub>	4.52 Mpa

El cálculo de espesores de acuerdo con PCA fue:

**Tabla 41***Espesores determinados PCA*

Subrasante mejorada	Según estudio de suelos	20.00 cm
Sub base granular	Según estudio de suelos	22.50 cm
Losa de concreto	Calculado	25.00 cm

La tabla 41 muestra los espesores del pavimento rígido basados en estudios de suelos y cálculos realizados. Se determinó que la subrasante mejorada debe tener 20.00 cm de espesor y la subbase granular 22.50 cm, ambos necesarios para garantizar estabilidad y buen drenaje. El espesor de diseño consignado fue de 25.00 cm.

Si las cargas vehiculares y las condiciones de tráfico son severas o si la subrasante tiene baja capacidad de soporte, es más seguro optar por el diseño más robusto (25 cm del PCA).

El espesor de la losa de concreto fue de 25.00 cm, elegido por su mayor resistencia y durabilidad frente a las condiciones de carga. Ya que será un lugar transcurrido con vehículos de diferentes cargas. Los espesores calculados reflejan las propiedades mejoradas de la subrasante tras la estabilización, con diferencias atribuibles a las consideraciones específicas de cada metodología.

**Figura 31**

Valores finales adoptados metodología PCA



#### 4.4. DISCUSIONES

Para analizar los resultados de esta investigación, se consultaron diversos estudios que proporcionaron resultados variados, los cuales se compararon con los hallazgos obtenidos en el presente trabajo, como se detalla a continuación:

**Tabla 42**

Comparación de resultados obtenidos por otros autores

Autores	CBR (%)	Diseño de Pavimentos Rígidos					
		AASHTO 93 (cm)		Espesor final	PCA (cm)		Espesor final
		Sub base	Losa		Sub base	Losa	
(Castro J. , 2022)	11.20	15.00	16.00	31.00	23.00	18.00	41.00
(Percca, 2017)	7.42	16.37	21.63	38.00	19.05	20.00	39.05
Presente estudio	58.70	22.50	20.00	42.50	22.50	25.00	47.50



En los estudios de Castro (2022) y Percca (2017), se calcularon los espesores de pavimentos urbanos utilizando los métodos AASHTO 93 y PCA. Con un CBR de 11.20%, Castro obtuvo 31 cm con AASHTO y 41 cm con PCA, mientras que Percca, con un CBR de 7.42%, logró 38 cm con AASHTO y 39.05 cm con PCA.

En el presente estudio, se calculó un CBR significativamente mayor, de 58.70%, lo que resultó en espesores de 42.50 cm con AASHTO y 47.50 cm con PCA. Estas diferencias en los resultados reflejan las variaciones en los criterios de diseño adoptados por cada metodología, como el tratamiento de las condiciones de carga, la resistencia del suelo y las consideraciones de tráfico.

El aumento en los espesores en comparación con los estudios anteriores puede atribuirse tanto al mejoramiento de las características mecánicas de la subrasante, derivado del CBR elevado, como a las especificaciones de diseño particulares para las condiciones de los bofedales, que exigen un enfoque más conservador debido a su naturaleza arcillosa y a las posibles condiciones extremas del sitio.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA.-** En las calicatas C-1, C-2 y C-3, se obtuvieron valores de CBR al 95% de 3.10%, 3.30% y 4.60%, y de CBR al 100% de 5.50%, 5.70% y 5.80%, respectivamente, todos inferiores a los requisitos mínimos establecidos por el MTC. Ello demostró la posibilidad de proceder con la estabilización del suelo.

**SEGUNDA.-** Se concluye que la estabilización de la subrasante arcillosa la cual se realizó mediante una estabilización por sustitución con pedraplén seguidamente un material de préstamo para que mejore significativamente la capacidad portante del suelo, alcanzando un 53.40% y 58.70%, respectivamente al CBR al 95% y 100.00%.

**TERCERA.-** Con la metodología AASHTO 93, se obtuvieron espesores de 22.50 cm para la subbase y 20.00 cm para la losa, resultando en un espesor total de 42.50 cm. Por su parte, la metodología PCA arrojó espesores de 22.50 cm para la subbase y 25.00 cm para la losa, con un espesor final de 47.50 cm. Sin embargo si el costo adicional no es un obstáculo significativo y las condiciones del proyecto son desafiantes, el espesor de 25 cm (PCA) sería una opción más robusta. Si en la , si buscas optimizar costos y las condiciones de diseño lo permiten, podrías justificar el uso de 20 cm (AASHTO 93) respaldado por un análisis detallado



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA.-** Para futuras investigaciones, se recomienda aplicar distintas metodologías contempladas en este estudio, lo cual podría contribuir a obtener un mejor diseño de pavimentos rígidos las cuales pueden ser el método de la FAARFIELD, método de la CBR, método MEPDG y método Racional.

**SEGUNDA.-** Se recomienda explorar la aplicación de metodologías extranjeras avanzadas con la finalidad de poder mejorar la capacidad portante del suelo, en coherencia con el grado de estabilización, poniendo como punto de convergencia al durabilidad del suelo tratado.

**TERCERA.-** Se recomienda considerar el factor climático y los posibles cambios en las condiciones naturales del terreno durante el proceso constructivo del pavimento, de la misma manera debido al alto nivel freático encontrado se recomienda utilizar un geotextil como capa impermeabilizante sobre la capa del pedraplén, asegurando estabilidad y durabilidad.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Abd-Allah, O., Abid, S., & Zehawi, R. (2021). Improvement of Soft Clay Soil Using Different Types of Additives. 856.
- Ahamefule, A. (2014). Enhancing durability of quarry fines modified black cotton soil subgrade with cement kiln dust stabilization. *Transportation Geotechnics*, 1(1), 55-61.  
doi:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214391214000051>
- Alva, D. (2021). *Diseño de un Pavimento Adoquinado Incorporando Geocelda Diamond Grid en la Carpeta de Rodadura en la Avenida Industrial, Lurín 2021*. Lima: Repositorio Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/68738>
- Amhadi, T., & Assaf, G. (2021). Improvement of Pavement Subgrade by Adding Cement and Fly Ash to Natural Desert Sand. *Infrastructures*, 6(11).  
doi:<https://doi.org/10.3390/infrastructures6110151>
- Arangurí Castillo, G. (2016). La importancia del uso de agregados provenientes de canteras de calidad.
- ASTM D 4318. (2005). Método estándar de ensayo para límite líquido, límite plástico y el índice de plasticidad de suelos. EE.UU: ASTM International.
- ASTM D1557. (2007). Standard test methods for laboratory compaction characteristics of soil using modified effort. EE.UU: ASTM International.
- ASTM D1883. (2005). Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted soils. EE.UU: ASTM International.
- ASTM D422. (2007). Standard test method for particle - size analysis of soils. EE.UU: ASTM International.



- Banco Mundial. (2021). *Reporte anual sobre infraestructura vial*. Grupo Banco Mundial. Obtenido de <https://www.bancomundial.org/es/publication/global-economic-prospects#overview>
- Bañón Blazquez, L., & Beviá García, J. (2010). *Manul de carreteras Tomo II*. Madrid, España.
- Bedoya, J. (2023). *Análisis comparativo estructural para diseño de pavimentos rígidos utilizando las metodologías AASHTO 93 y PCA*. Repositorio Universidad Estatal Península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10603/1/UPSE-TIC-2023-0043.pdf>
- Castro, J. (2022). *Diseño de un pavimento rígido por el método AASHTO 93 y Portland Cement Association (PCA), aplicado en la calle 6 entre carrera 8 y 7 del Municipio de San Luis Tolima*. Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12494/48992>
- Castro, J., Gómez, L., & Camargo, E. (2022). La investigación aplicada y el desarrollo experimental en el fortalecimiento de las competencias de la sociedad del siglo XXI. *Tecnura*, 27(75).
- Celis, J., & Rodriguez, J. (2021). *Evaluación de pavimento rígido por metodos no destructivos, Chao - 2021*. Lima: Repositorio Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/79124>
- CEPAL. (2017). Inversiones en infraestructura en América Latina: tendencias, brechas y oportunidades. *Naciones Unidas*, 1-45. doi:<https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/6d013a0d-f9b1-43e4-8bf1-f9ec20ab654a/content>



- Chalco, G. (2023). *Mejoramiento del material excedente en la conformación de la capa sub base granular para la construcción de pavimento rígido en el Barrio San José - Puno*. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/20996>
- Chang Chang, L. (2004). California Bearing Ratio. En U. N. Ingeniería. Lima, Peru: CISMID.
- Chapoñan, L., & Damian, G. (2021). *Diseño estructural del pavimento rígido en la avenida "D" del AA.HH Los Algarrobos, Piura 2021*. Repositorio Institucional Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/85793>
- Chávez, D., & Odar, G. (2019). *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón - Ambo*. Repositorio Académico Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/625903>
- Chirinos, E., Rodriguez, E., & Muñoz, S. (2021). Métodos de estabilización de suelos arcillosos para mejorar el CBR con fines de pavimentación: una revisión literaria. *Sociedad Colombiana del suelo*, 51(1-2), 77-92. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8234912>
- Colán, I. (2023). *Diseño de pavimento rígido en subrasantes arenosas de la Av. de la zona Industrial hasta la Av. Victor Haya de la Torre - carretera Panamericana del distrito Pariñas - Piura, 2022*. Repositorio Universidad Alas Peruanas. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12990/13068>



- Comunicaciones, M. d. (2014). *Manual de carreteras suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)
- Condorena, D. (2021). *Propuesta de mejora del diseño geométrico de la carretera vecinal Morales - San Pedro de Cumbazo año 2018*. Repositorio Universidad Científica del Perú - UCP. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.14503/1348>
- Durango, E., García, J., & Velásquez, H. (2016). Relación entre infraestructura vial y desarrollo económico en los municipios de Antioquia: aplicación espacial. *Repositorio EAFIT*, 1(1), 1-33. doi:<https://core.ac.uk/download/pdf/143468749.pdf>
- EG. (2013). *Especificaciones Técnicas Generales Para Construcción*. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Fidias, A. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (6ta ed.). Venezuela: Editorial Episteme. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/301894369\\_EL\\_PROYECTO\\_DE\\_INVESTIGACION\\_6a\\_EDICION](https://www.researchgate.net/publication/301894369_EL_PROYECTO_DE_INVESTIGACION_6a_EDICION)
- Hernández, J., Mejía, D., & Zelaya, C. (2016). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Univesidad de El Salvador*. Repositorio universidad de El Salvador. Obtenido de <https://oldri.ues.edu.sv/id/eprint/14342>



- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México : Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana.
- Ifediniru, C., & Ekeocha, N. (2022). Performance of cement-stabilized weak subgrade for highway embankment construction in Southeast Nigeria. *13*(1). doi:<https://doi.org/10.1186/s40703-021-00166-z>
- Juárez, E., & Rico, A. (1973). *Mecánica de suelos Tomo I (Fundamentos de las mecánica de suelos)*. México: Milusa.
- Kramer, C., Pardillo, J., Rocci, S., Romana, M., Blanco, V., & del val, M. (2004). *Ingeniería de carreteras*. España: Concepción fernández madrid.
- Kufre, R., & Ufot David Imoh Christopher Attah, K. C. (2021). Effect of micro sized quarry dust particle on the compaction and strength properties of cement stabilized lateritic soil. *2*(100023). doi:<https://doi.org/10.1016/j.clema.2021.100023>
- M. DAS, B. (2015). *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. Mexico: CENGAGE Learnig'.
- Manual de Ensayos de Materiales*. (2016). Lima, Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC.
- Montejo Fonseca, A. (1998). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. En U. C. Colombia. Colombia: Agora editores.
- MTC. (2014). *Manual de carreteras suelos geología, geotécnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de transportes y comunicaciones.
- MTC. (2014). *Manual de carreteras suelos geología, Geotecnia y pavimentos*. Lima: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de



[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)

MTC. (2014). *Manual de carreteras: diseño geométrico DG - 2018*. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Obtenido de [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual.de.Carreteras.DG-2018.pdf)

MTC. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima|: Peru progreso para todos.

Ñaupas, H., Palacios, J., Valdivia, M., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U. Obtenido de [https://www.academia.edu/59660793/METODOLOG%C3%8DA\\_DE\\_LA\\_INVESTIGACI%C3%93N\\_5TA\\_EDICI%C3%93N](https://www.academia.edu/59660793/METODOLOG%C3%8DA_DE_LA_INVESTIGACI%C3%93N_5TA_EDICI%C3%93N)

Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación* (5a. edición ed.). Colombia: Ediciones de la U.

Pari, J. (2019). *Aplicación de la metodología de losa con geometría optimizada en diseño de pavimentos rígido en el centro poblado de Jayllihuaya - Puno*. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/11791>

Percca, G. (2017). *Estudio y diseño del pavimento rígido en la Av. Perú de la ciudad de Juliaca tramo II Jr. Francisco Pizarro - Av. Juliaca*. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/8772>

Rahman, I., Raheel, M., Ali, M., Khan, R., Li, J., Khan, A., & Khan, M. (2021). Characterization of engineering properties of weak subgrade soils with different pozzolanic & cementitious additives. *Case Studies in Construction Materials*, 15(e00676). doi:<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00676>.



- Rincón, J. (2022). *Propuesta de diseño de pavimento rígido para la glorieta ubicada en el Municipio de Nobsa, Boyaca kilómetro 15 vía Duitama - Belencito*. Repositorio Digital Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/44689>
- Rivera, J., Aguirre, A., Mejía de Gutiérrez, R., & Orobio, A. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente (revisión). *Dialnet*, *84*(2), 202-226. Obtenido de <http://doi.org/10.23850/22565035.2530>
- Robles, R. (2015). *Cálculo del índice de condición del pavimento (PCI) Barranco - Surco - Lima*. Lima: Repositorio Universidad Ricardo Palma. Obtenido de [https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2399/robles\\_r.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.urp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14138/2399/robles_r.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Rojas, A. (2017). *Investigación e Innovación Metodológica*.
- Sánchez, F. (2019). Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Rev. Digit. Invest. Docencia Univ.*, *13*(1).
- Sposito, G. (2008). *The chemistry of soils*. Estados Unidos: Oxford university press.
- Torfi, S., Khayat, N., & Horpibulsuk, S. (2021). Sustainable Stabilization of Compacted Clay Using Sodium Alginate for Subgrade Application. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering*, *7*(82). doi:<https://doi.org/10.1007/s40891-021-00322-6>



# ANEXOS



### ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

## Título: PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
¿Cómo se puede diseñar pavimentos rígidos para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno?	Proponer un diseño de pavimentos rígidos para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno.	El diseño de pavimentos rígidos para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida Costanera tramo II de la ciudad de Puno mejorará la estabilidad estructural y la durabilidad de la vía, cumpliendo con los estándares técnicos establecidos por el MTC para este tipo de suelos.	<b>Variable independiente:</b>  Suelos arcillosos en bofedales	Propiedades físicas de la subrasante  Propiedades mecánicas de la subrasante  Estabilización de subrasante	Contenido de humedad (%)  Límites de consistencia  Densidad Máxima Seca (gr/cc)  Contenido optimo de humedad (%)  CBR (%)	<b>Método de investigación:</b> Científico  <b>Tipo de investigación:</b> Aplicada  <b>Nivel de investigación:</b> Explicativo  <b>Enfoque de investigación:</b> Cuantitativo  <b>Diseño de investigación:</b> No experimental  <b>Población:</b> Subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la ciudad de Puno.  <b>Muestra</b>  Jr. Miguel Iglesias - Jr. 7 de junio  <b>Técnicas de recolección de datos</b> Revisión bibliográfica Observación directa Trabajo en campo Análisis y procesamiento de datos  <b>Instrumentos</b> Fichas de recolección de datos Software de procesamiento de datos (Excel)
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS				
¿Cómo se pueden caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante arcillosa en los bofedales del tramo II de la avenida Costanera en la ciudad de Puno?	Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante arcillosa en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno.	La caracterización de las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante arcillosa en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno permitirá identificar las condiciones necesarias para su estabilización.		Método AASHTO 93		
¿Cómo estabilizar la subrasante con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno?	Estabilizar la subrasante con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno.	Estabilizar la subrasante con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno mejorará significativamente la capacidad portante del suelo.	<b>Variable dependiente:</b>  Diseño de pavimentos rígidos		Espesor de losa (cm)  Espesor de sub base (cm)	
¿Cómo se puede diseñar un pavimento rígido para subrasantes con suelos arcillosos en los bofedales del tramo II de la avenida Costanera de la ciudad de Puno mediante el método AASHTO 93 y PCA?	Diseñar el pavimento rígido para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales de la avenida costanera tramo II de la ciudad de Puno mediante el método AASHTO 93 y PCA.	El diseño de un pavimento rígido para subrasantes con suelos arcillosos en los bofedales del tramo II de la avenida Costanera en la ciudad de Puno, utilizando los métodos AASHTO 93 y PCA, permitirá obtener una estructura de pavimento óptima.		PCA		



**ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO**

**TERRENO DE FUNDACION C-1**





**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

**PROYECTO** PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO

**UBICACIÓN** AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO

**SOLICITANTE** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**CALICATA N°** C-01 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 5 DE JULIO DE 2023  
**ING. RESPONSABLE:** M.P.L

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		RELLENO	RELLENO	superficialmente esta cubierto de material relleno escombros no clasificado, con mezclas de materiales organicos
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10		NF	MH	Tipo de estrato limo inorganico de alta plasticidad color gris verde blanquecino con intercalaciones de estratos de color gris oscuro de 1.10 m. a 2.50 metros, el nivel freatico se aprecia a +1.70 metros desde la superficie del terreno
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				

TECNICO LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Luis Lupaca Mansilla

INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 80070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**OBRA** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : AV.COSTANERA TRAMO II - PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+790 KM TERRENO DE FUNDACION

**CANTERA** : C-01 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 5/07/2023

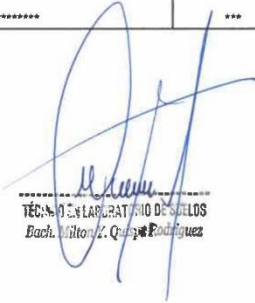
**TECN.RESP.** : M.Y.Q.R

**ING. RESP.** : M.P.L

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216)

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	830.00				
SUELO SECO + RECIPIENTE	342.20				
PESO RECIPIENTE	0.00				
PESO DE AGUA	487.80				
PESO DE SUELO SECO	342.20				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	142.55				
*****	***	***	***		

Conclusiones:

  
 TECNICO LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton L. Quiroz Rodríguez

  
 Milagros Pinzas Lopez  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 90070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : AV.COSTANERA TRAMO II - PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+790 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-01 M-01

**FECHA DE MUESTRO** : 5/07/2023

**TECN.RESP.** : M.Y.Q.R

**ING. RESP.** : M.P.L.

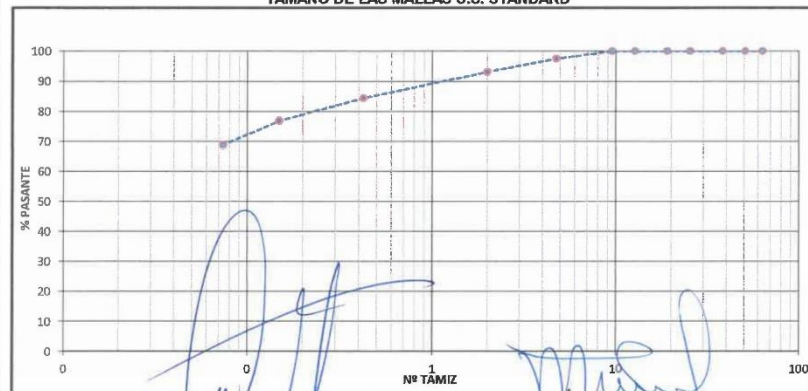
### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100.00		0.0	0.0	100.0		
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0		
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0		
No 4	4.760	3.7	2.4	2.4	97.6		
No 6	3.360		0.0	2.4	97.6		
No 8	2.380		0.0	2.4	97.6		
No 10	2.000	6.8	4.4	6.8	93.2		
No 16	1.190		0.0	6.8	93.2		
No 20	0.840	7.3	4.7	11.5	88.5		
No 30	0.590		0.0	11.5	88.5		
No 40	0.426	6.3	4.1	15.5	84.5		
No 50	0.297		0.0	15.5	84.5		
No 80	0.177		0.0	15.5	84.5		
No 100	0.149	11.6	7.5	23.0	77.0		
No 200	0.074	12.7	8.2	31.2	68.8		
-200		106.6	68.8	100.0	0.0		

<b>Peso Inicial</b>	: 155.0 Gr.
<b>Peso Fraccion</b>	:
<b>L. L.</b>	: 138.57%
<b>L. P.</b>	: 82.22%
<b>I. P.</b>	: 56.35
<b>CLASIFICACION</b>	
<b>AASHTO</b>	: A-7-5 ( 18 )
<b>SUCS</b>	: MH
<b>W NATURAL %</b>	: 142.55
<b>GRAVA</b>	: 2.39 %
<b>ARENA</b>	: 28.84 %
<b>FINO</b>	: 68.77 %
<b>Observaciones</b>	:

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Conclusiones:

TÉCNICO DE LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Mito Y. Cabello Rodríguez

INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 5070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+790 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-01 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 5/07/2023

**TECN. RESP.:** M.Y.Q.R

**ING. RESP. :** M.P.L.

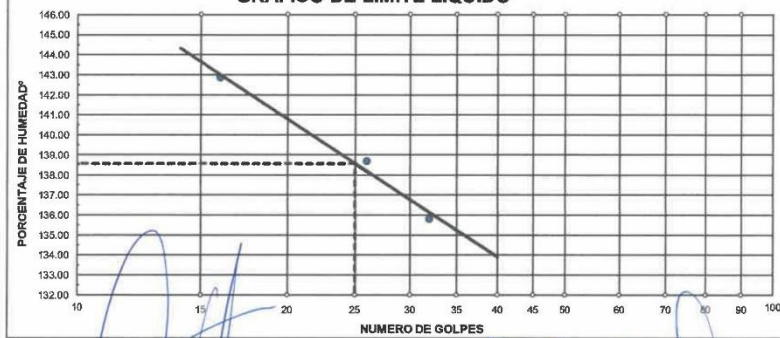
### LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	C	A	D	D	K
01. No.DE GOLPES	32	26	16		
02. TARA No.	C	A	D	D	K
03. SUELO HUMEDO * TARA	g 26.35	24.81	29.03	14.46	14.21
04. SUELO SECO * TARA	g 14.70	15.81	16.43	9.79	9.77
05. PESO DEL AGUA	g 11.65	9.00	12.60	4.67	4.44
06. PESO DEL TARA	g 6.12	9.32	7.61	4.25	4.23
07. PESO DEL SUELO SECO	g 8.58	6.49	8.82	5.54	5.54
08. HUMEDAD	% 135.78	138.67	142.86	84.30	80.14

<b>L.L.=</b>	<b>138.57 %</b>	<b>L.P.=</b>	<b>82.22 %</b>	<b>I.P.=</b>	<b>56.35 %</b>
--------------	-----------------	--------------	----------------	--------------	----------------

### GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Conclusiones:

.....  
 TECNICO LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Quispe Rodríguez

.....  
 MAGROS PINZAS L. Z  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 82070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR (MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO - PUNO

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV COSTANERA TRAMO II

FECHA : 8/07/2023

MUESTRA : 1+790 KM TERRENO DE FUNDACION

TECNICO : M.Y.Q.R.

CALICATA : C-1,M-1

ESP. REP. : M.P.L

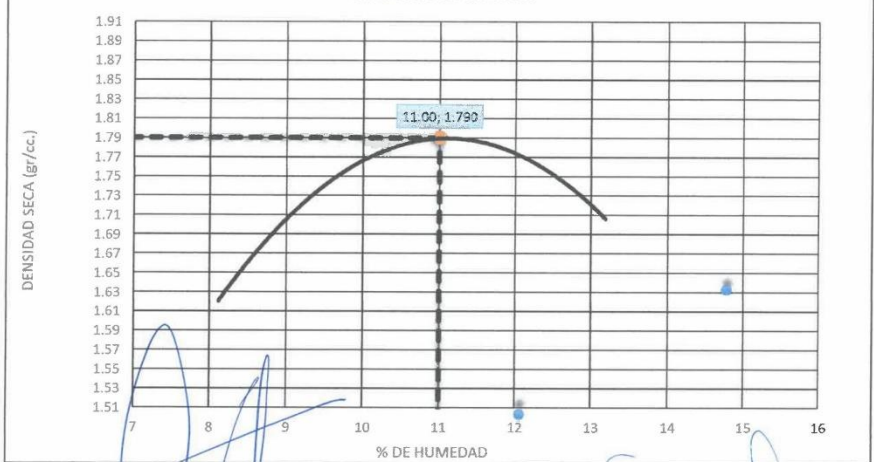
Molde N°	MODELO CN-4-01	Método de compactación			"B"
Volumen Molde	2065 cc	N° de capas			: 05
Peso del Molde	5897 grs.	N° de golpes por capa			: 56
Determinación	N°	02	03	04	
Peso del molde y Muestra	gr.	9761	9976	9913	
Peso del molde	gr.	5897	5897	5897	
Peso de la muestra compactada	gr.	3864	4079	4016	
Densidad húmeda	gr/cc	1.87	1.98	1.94	
Densidad seca	gr/cc	1.71	1.79	1.72	

#### Contenido de Agua

Tarro	N°	A-2	A-9	A-1	A-7	A-3	A-4			
Peso del Tarro	gr.	27.6	30.4	29.0	26.5	25.6	29.1			
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	78.1	95.3	82.2	92.1	85.8	78.2			
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	73.8	90.0	77.1	85.7	78.6	72.7			
Peso del agua	gr.	4.3	5.3	5.0	6.4	7.2	5.4			
Peso del suelo seco	gr.	46.2	59.6	48.1	59.3	53.1	43.7			
Contenido de humedad	%	9.3	8.9	10.5	10.8	13.6	12.4			
Promedio		9.1		10.6		13.0				

DENSIDAD MAXIMA : 1.790 grs/cc      CONTENIDO DE HUMEDAD: 11.00 %

#### GRÁFICO DE PROCTOR



TÉCNICO EN LA PRÁCTICA DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quepe Rodríguez

INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 8°370



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,**  
**CONCRETO Y PAVIMENTOS**

### ENSAYO DE C.B.R. (MTC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO - PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN** : AV COSTANERA TRAMO II

**MUESTRA** : 1+790 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-1,M-1

**FECHA** : 8/07/2023

**TECNICO** : M.Y.Q.R.

**ESP. REP.** : M.P.L

MOLDE	Modelo CN 450	1-A	2-A	3-A			
CAPAS	N°	05	05	05			
Golpes por capa	N°	12	25	56			
Condición de la muestra		Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado
Peso suelo humedo + molde		10852		11023		11593	
Peso molde		6591		6591		7018	
Peso del Suelo humedo		4261		4432		4575	
Volumen del Suelo		2316		2334		2316	
Densidad humeda		1.84		1.90		1.98	
% de humedad		9.0		9.1		8.5	
Densidad seca		1.69		1.74		1.82	
Tarro	N°	A-3		A-2		A-4	
Tarro + suelo humedo	gr.	98.3		98.8		85.0	
Tarro + suelo seco	gr.	93.4		93.8		81.4	
Peso del agua	gr.	4.9		5.0		3.7	
Peso de tarro	gr.	38.5		39.6		38.4	
Peso del suelo seco	gr.	54.9		54.3		43.0	
% de humedad		9.0		9.1		8.5	
Promedio de humedad		9.0		9.1		8.5	

% EXPANSIÓN = 0.00 %											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
8/07/2023	11:00 a. m.	60.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9/07/2023	11:00 a. m.	24.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
10/07/2023	11:00 a. m.	48.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
11/07/2023	11:00 a. m.	72.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		Carga	MOLDE Nro:		1-A		MOLDE Nro:		2-A		MOLDE Nro:		3-A	
mm.	Tiempo		Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	30"	0	22	1.2		2	31	1.7		3	36	1.9		
1.27	1'		1	27	1.4		4	41	2.2		7	55	2.9	
1.91	1.30'		2	31	1.7		7	55	2.9		9	65	3.4	
2.54	2'	70	3	36	1.9		7	55	2.9		14	88	4.7	
3.81	3'		6	50	2.7		15	93	4.9		23	131	6.9	
5.08	4'	105	9	65	3.4		21	121	6.4		36	192	10.2	

OBSERVACIONES: C.B.F. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = 3.1%

*Milton Y. Quispe Rodríguez*  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS

*Miguel Pinzas L.*  
Miguel Pinzas L.  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 90070

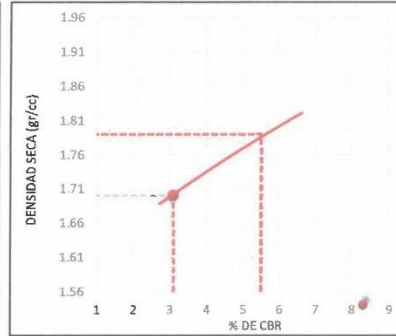
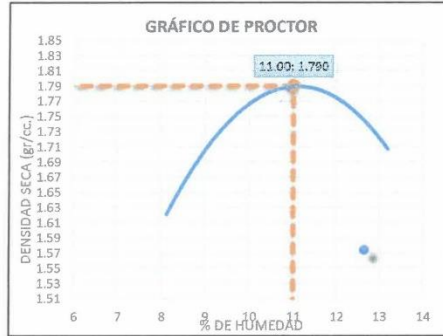


**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO :** PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO - PUNO

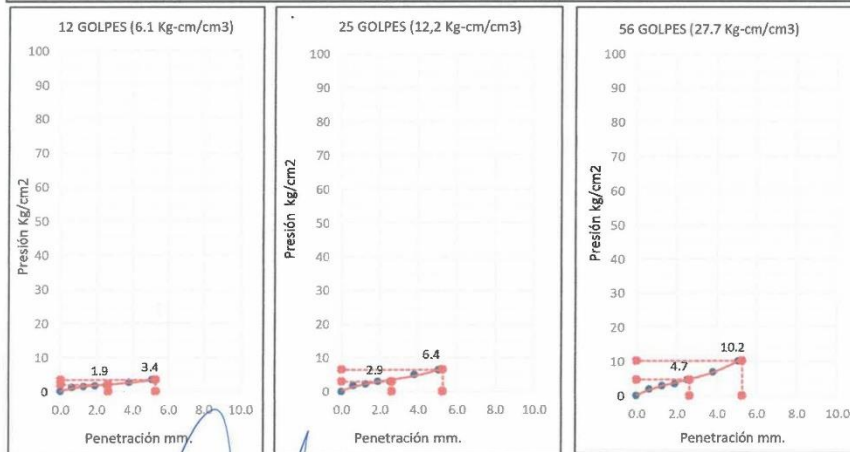
**SOLICITANTE :** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA  
**UBICACIÓN :** AV COSTANERA TRAMO II  
**MUESTRA :** 1+790 KM TERRENO DE FUNDACION  
**CALICATA :** C-1,M-1

**FECHA :** 8/07/2023  
**TECNICO :** M.Y.Q.R.  
**ESP. REP. :** M.P.L



C.B.R.(0.1''): 2.7 %      C.B.R.(0.1''): 4.1 %      C.B.R.(0.1''): 6.6 %

### GRÁFICO PENETRACIÓN DE CBR



METODO DE COMPACTACION AASTHO :	"D"	PENETRACIÓN	MDS 1"	MDS 2"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc):	1.79	CBR AL 100%	5.5	0.0
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):	11.0	CBR AL 95%	3.1	0.0

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Y. Quiroga Rodríguez

INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 20070



## TERRENO DE FUNDACION C – 2



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECÁNICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

**PROYECTO** PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** AV. COSTANERA TRAMO II PUNO

**SOLICITANTE** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**CALICATA N°** C-02 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 6 DE JULIO DE 2023

**ING. RESPONSABLE:** M.P.L

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		RELLENO	RELLENO	superficialmente esta cubierto de material relleno escombros no clasificado, con mezclas de materiales organicos y expuesto los arbustos totorales en toda el area de excavacion
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10				
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10				
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Wilton X. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas Lopez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 5. 070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**OBRA** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

**CANTERA** : C-02 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 6/07/2023

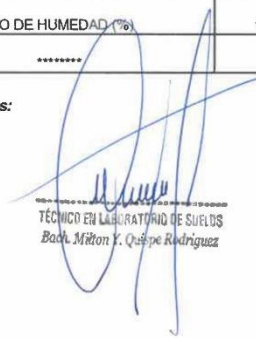
**TECN. RESP.** : B.H.Y.

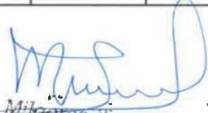
**ING. RESP.** : M.P.L.

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216)

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	705.80				
SUELO SECO + RECIPIENTE	295.20				
PESO RECIPIENTE	0.00				
PESO DE AGUA	410.60				
PESO DE SUELO SECO	295.20				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	139.09				
*****	***	***	***	***	***

Conclusiones:

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quispe Rodriguez

  
 Mitagros Pinzas Lopez  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 91070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-02 M-01

**FECHA DE MUESTRO** : 6/07/2023

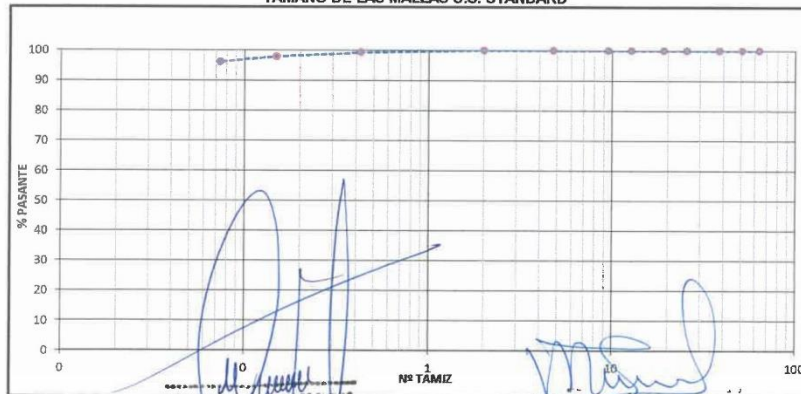
**TECN. RESP.** : M.Y.Q.R

**ING. RESP.** : M.P.L.

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100.00		0.0	0.0	100.0		
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		Peso Inicial : 295.2 Gr.
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Peso Fraccion :
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		L. L. : 102.27%
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		L. P. : 81.95%
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		I. P. : 40.32
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIFICACION
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0		AASHTO : A-7-5 ( 20 )
1/4"	6.350		0.0	0.0	100.0		SUCS : MH
No 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0		W NATURAL % : 139.09
No 6	3.360		0.0	0.0	100.0		GRAVA : 0.00 %
No 8	2.380		0.0	0.0	100.0		ARENA : 3.76 %
No 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0		FINO : 96.24 %
No 16	1.190		0.0	0.0	100.0		Observaciones :
No 20	0.840	0.0	0.0	0.0	100.0		
No 30	0.590		0.0	0.0	100.0		
No 40	0.425	2.0	0.7	0.7	99.3		
No 50	0.297		0.0	0.7	99.3		
No 80	0.177		0.0	0.7	99.3		
No 100	0.149	4.0	1.4	2.0	98.0		
No 200	0.074	5.1	1.7	3.8	96.2		
-200		284.1	96.2	100.0	0.0		


### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Conclusiones: Bach. Milton Y. Quispe Rodriguez

Milagros Pinzas L. 22  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 81070





**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,**  
**CONCRETO Y PAVIMENTOS**

---

**CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD**

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-02 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 6/07/2023

**TECN. RESP.:** M.Y.Q.R

**ING. RESP. :** M.P.L.

---

**LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)**

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No. DE GOLPES	D	H	M	D	A
01. No.DE GOLPES	33	22	13			
02. TARA No.	D	H	M		D	A
03. SUELO HUMEDO * TARA	g	25.81	27.09	26.71	12.06	12.97
04. SUELO SECO * TARA	g	18.00	18.97	18.65	10.55	11.20
05. PESO DEL AGUA	g	7.81	8.12	8.06	1.51	1.77
06. PESO DEL TARA	g	10.15	11.15	11.20	8.14	8.31
07. PESO DEL SUELO SECO	g	7.85	7.82	7.45	2.41	2.89
08. HUMEDAD	%	99.49	103.84	108.19	62.66	61.25


L.L.= 102.27 %

L.P.= 61.95 %

I.P.= 40.32 %

---

**GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO**



**Conclusiones:**

*[Signature]*  
**TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS**  
**Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez**

*[Signature]*  
**Milagros Pinzas López**  
**INGENIERO GEÓLOGO**  
**CIP. 9. 070**

**OFICINA DE INVESTIGACIÓN**  
Tesis Publicada con autorización del autor

<http://repositorio.uancv.edu.pe/>



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000 )

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV. COSTANERA TRAMO II

MUESTRA : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

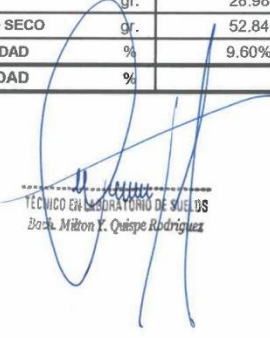
CALICATA : C-02, M-01

FECHA : 8/07/2023

TECNICO : M.Y.Q.R.

ESP. REP. : M.P.L.

NUMERO DE CAPSULA	N°	A-1		
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	86.89		
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	81.82		
PESO DEL AGUA	gr.	5.07		
PESO DE LA CAPSULA	gr.	28.98		
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	52.84		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	9.60%		
PROMEDIO DE HUMEDAD	%		9.60%	

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 99070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR (MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV. COSTANERA TRAMO II

FECHA : 8/07/2023

MUESTRA : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

TECNICO : M.Y.Q.R.

CALICATA : C-02, M-01

ESP. REP. : M.P.L.

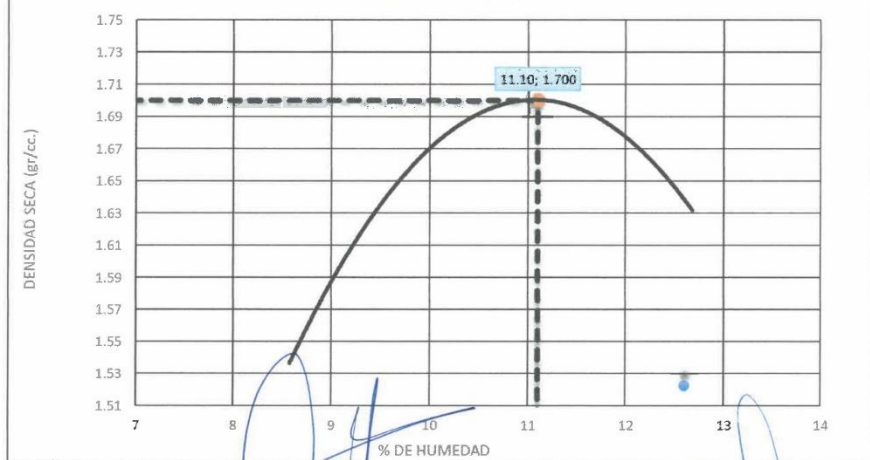
Molde N°	MODELO CN-4-01	Método de compactación			"B"
Volumen Molde	2065 cc	N° de capas			: 05
Peso del Molde	5897 grs.	N° de golpes por capa			: 56
Determinación	N°	02	03	04	
Peso del molde y Muestra	gr.	9612	9802	9724	
Peso del molde	gr.	5897	5897	5897	
Peso de la muestra compactada	gr.	3715	3905	3827	
Densidad húmeda	gr/cc	1.80	1.89	1.85	
Densidad seca	gr/cc	1.64	1.70	1.65	

### Contenido de Agua

Tarro	N°	A-2	A-1	A-5	A-4	A-7	A-9			
Peso del Tarro	gr.	27.6	29.0	28.5	29.1	26.5	30.4			
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	98.3	78.1	95.2	110.1	87.8	72.9			
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	92.0	73.9	88.6	101.6	81.0	68.3			
Peso del agua	gr.	6.3	4.2	6.6	8.5	6.9	4.7			
Peso del suelo seco	gr.	64.4	44.9	60.1	72.5	54.5	37.8			
Contenido de humedad	%	9.8	9.4	11.0	11.7	12.6	12.3			
Promedio		9.8			11.4		12.5			

DENSIDAD MAXIMA : 1.700 grs/cc      CONTENIDO DE HUMEDAD: 11.10 %

GRÁFICO DE PROCTOR



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas L. RZ  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 90070



**PinZás** **LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE C.B.R.**  
(MTC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II

**FECHA** : 8/07/2023

**MUESTRA** : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

**TECNICO** : M.Y.Q.R.

**CALICATA** : C-02, M-01

**ESP. REP.** : M.P.L.

MOLDE	Modelo CN 450	1-A	2-A	3-A			
CAPAS	N°	05	05	05			
Golpes por capa	N°	12	25	56			
Condición de la muestra		Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado
Peso suelo humedo + molde		10798		10903		11412	
Peso molde	gr.	6591		6591		7018	
Peso del Suelo humedo	gr.	4207		4312		4394	
Volumen del Suelo	gr.	2316		2334		2316	
Densidad humeda	gr/oc	1.82		1.85		1.90	
% de humedad	%	14.5		12.8		10.8	
Densidad seca	gr/oc	1.59		1.64		1.71	
Tarro	N°	A-3		A-2		A-4	
Tarro + suelo humedo	gr.	101.3		100.8		86.0	
Tarro + suelo seco	gr.	93.4		93.8		81.4	
Peso del agua	gr.	7.9		7.0		4.7	
Peso de tarro	gr.	38.5		39.6		38.4	
Peso del suelo seco	gr.	54.9		54.3		43.0	
% de humedad	%	14.5		12.8		10.8	
Promedio de humedad		14.5		12.8		10.8	

% EXPANSIÓN = 0.00 %											
Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			Dial	mm.	%	Dial	mm.	%	Dial	mm.	%
8/07/2023	11:00 a. m.	00.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9/07/2023	11:00 a. m.	24.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
10/07/2023	11:00 a. m.	48.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
11/07/2023	11:00 a. m.	72.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00

PENETRACIÓN																				
PENETRACIÓN		Carga	MOLDE Nro:			1-A			MOLDE Nro:			2-A			MOLDE Nro:			3-A		
mm.	Tiempo		Slump.	Dial	Kg	k/cm²	C.B.R.	Dial	Kg	k/cm²	C.B.R.	Dial	Kg	k/cm²	C.B.R.	Dial	Kg	k/cm²	C.B.R.	
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00			
0.63	30"		0	22	1.2		1	27	1.4		3	36	1.9		5	46	2.4			
1.27	1'		1	27	1.4		2	31	1.7		5	46	2.4		9	65	3.4			
1.91	1.30'		2	31	1.7		3	36	1.9		9	65	3.4		13	83	4.4			
2.54	2'	70	3	36	1.9		7	55	2.9		13	83	4.4		19	112	5.9			
3.81	3'		5	46	2.4		10	69	3.7		19	112	5.9		28	154	8.2			
5.08	4'	105	9	65	3.4		17	102	5.4		28	154	8.2							

OBSERVACIONES: C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = 3.3 %

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Víctor Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas Lopez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 90070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV. COSTANERA TRAMO II

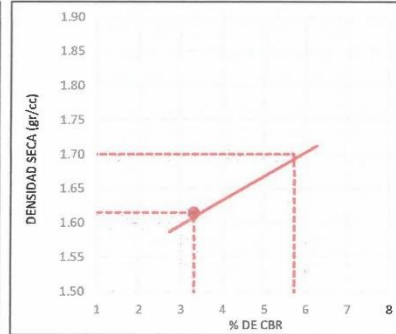
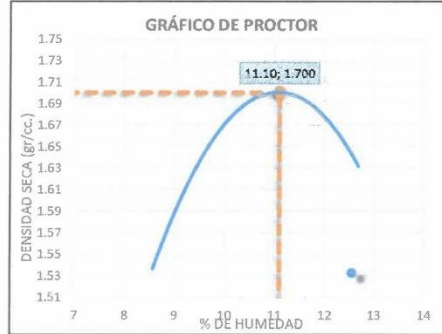
MUESTRA : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

CALICATA : C-02, M-01

FECHA : 8/07/2023

TECNICO : M.Y.Q.R.

ESP. REP. : M.P.L.

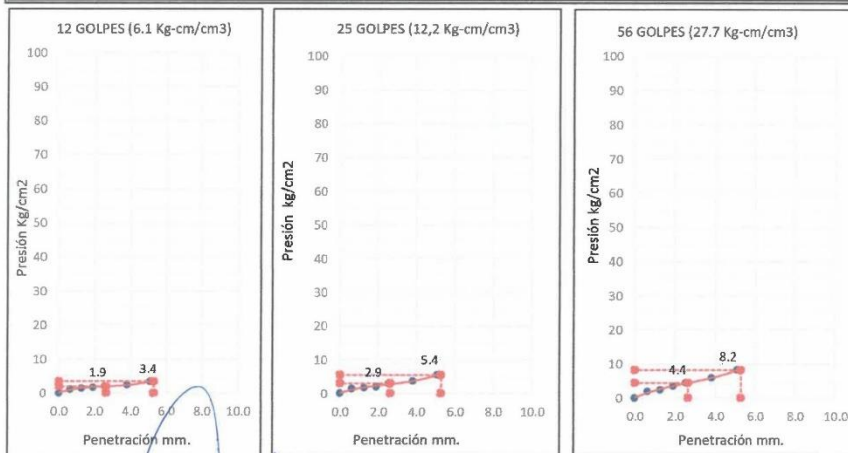


C.B.R.(0.1'): 2.7 %

C.B.R.(0.1'): 4.1 %

C.B.R.(0.1'): 8.3 %

### GRÁFICO PENETRACION DE CBR



METODO DE COMPACTACION AASTHO : "D"  
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc) : 1.70  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 11.1

PENETRACION	MDS 1'	MDS 2'
CBR AL 100%	5.7	0.0
CBR AL 95%	3.3	0.0

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton E. Quijpe Rodríguez

Milagros Pinzas L. 32  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 53070



## TERRENO DE FUNDACION C-3



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### PERFIL ESTRATIGRAFICO

**PROYECTO** PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO

**UBICACIÓN** COSTANERA DE PUNO TRAMO 2

**SOLICITANTE** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**CALICATA N°** C-03 M-01

**FECHA DE MUESTREO** : 7 DE JULIO DE 2023

**ING. RESPONSABLE:** M.P.L

Prof. (m)	GRAFICA	N° DE MUESTRA	SIMBOLGIA	DESCRIPCION
0.10		RELLENO	RELLENO	superficialmente esta cubierto de material relleno escobros no clasificado, con mezclas de materiales orgánicos y desmonte
0.20				
0.30				
0.40				
0.50				
0.60				
0.70				
0.80				
0.90				
1.00				
1.10		NF		Tipo de estrato: limo inorgánico de alta plasticidad color gris blaquecino verde lathoso con intralaciones de pequeños estratos de color oscuro café de 0.90 metros a 2.30 metros, el nivel freático se aprecia a +1.20 metros desde la superficie del terreno
1.20				
1.30				
1.40				
1.50				
1.60				
1.70				
1.80				
1.90				
2.00				
2.10		M-01	MH	
2.20				
2.30				
2.40				
2.50				
2.60				
2.70				
2.80				
2.90				
3.00				
3.10				
3.20				
3.30				
3.40				
3.50				
3.60				
3.70				

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Migros Pinzas  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 90070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

OBRA : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

UBICACIÓN : COSTANERA DE PUNO TRAMO 2

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

MUESTRA : 1+390 KM TERRENO DE FUNDACION

CANTERA : C-01 M-01

FECHA DE MUESTREO : 7/07/2023

TECN. RESP. : M.Y.Q.R

ING. RESP. : M.P.L

### CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D-2216)

DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°	1	2	3	4	5
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	762.30				
SUELO SECO + RECIPIENTE	552.10				
PESO RECIPIENTE	0.00				
PESO DE AGUA	210.20				
PESO DE SUELO SECO	552.10				
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	38.07				
*****	**	***	****		

Conclusiones:

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas L. 22  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 93070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : COSTANERA DE PUNO TRAMO 2

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1+390 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-03 M-01

**FECHA DE MUESTRO** : 7/07/2023

**TECN.RESP.** : M.Y.Q.R

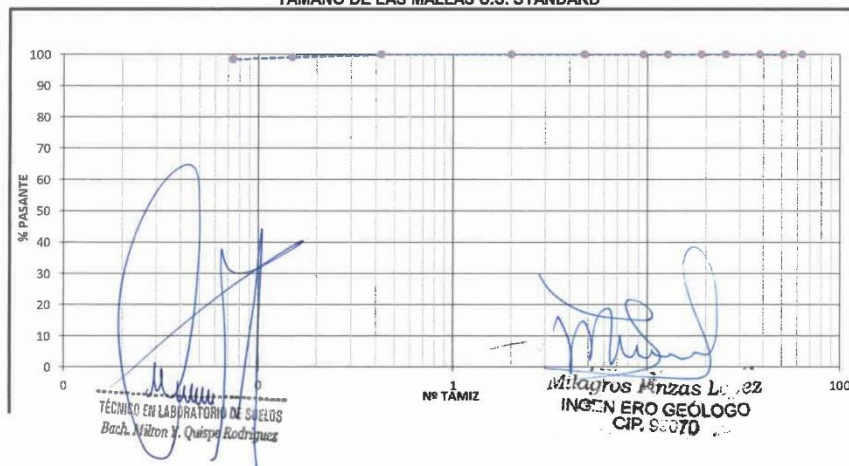
**ING. RESP.** : M.P.L

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Nº DE MALLAS	ABERT. DE MALL. (mm)	PESO RETENIDO	% RET. PARCIAL	% RET. ACUMUL.	% QUE PASA	ESPECIFICACIONES	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	100.00		0.0	0.0	100.0		
3"	76.200		0.0	0.0	100.0		
2 1/2"	63.500		0.0	0.0	100.0		Peso Inicial : 352.1 Gr.
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0		Peso Fraccion :
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0		L. L. : 130.35%
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	100.0		L. P. : 101.81%
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0		I. P. : 28.54
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	100.0		CLASIFICACION
3/8"	9.525	0.0	0.0	0.0	100.0		AASHTO : A-7-5 ( 19 )
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	100.0		SUCS : MH
No 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0		W NATURAL % : 38.07
No 6	3.360		0.0	0.0	100.0		
No 8	2.380		0.0	0.0	100.0		
No 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0		
No 16	1.190		0.0	0.0	100.0		
No 20	0.840	0.0	0.0	0.0	100.0		
No 30	0.590		0.0	0.0	100.0		
No 40	0.426	0.0	0.0	0.0	100.0		
No 50	0.297		0.0	0.0	100.0		
No 80	0.177		0.0	0.0	100.0		
No 100	0.149	3.2	0.9	0.9	99.1		
No 200	0.074	2.1	0.6	1.5	98.5		
-200		346.8	98.5	100.0	0.0		

**Observaciones**

### REPRESENTACION GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD







**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### CERTIFICADO DE CONTROL DE CALIDAD

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**UBICACIÓN** : COSTANERA DE PUNO TRAMO 2

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**MUESTRA** : 1-390 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA** : C-03 M-01

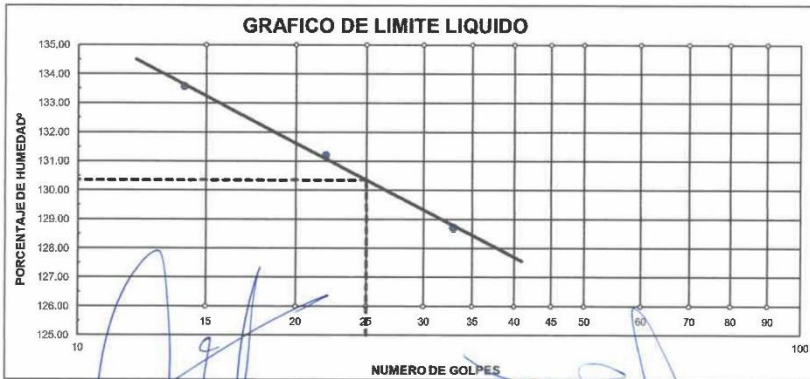
**FECHA DE MUESTREO** : 7/07/2023

**TECN. RESP.:** M.Y.Q.R

**ING. RESP. :** M.P.L

### LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D-424)

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	No.	A	B	D	A	D
01. No.DE GOLPES	33	22	14			
02. TARA No.	A	B	D	A	D	
03. SUELO HUMEDO * TARA	g 25.19	24.20	24.16	12.10	12.16	
04. SUELO SECO * TARA	g 17.30	16.80	16.60	10.20	10.15	
05. PESO DEL AGUA	g 7.89	7.40	7.56	1.90	2.01	
06. PESO DEL TARA	g 11.17	11.16	10.94	8.32	8.19	
07. PESO DEL SUELO SECO	g 6.13	5.64	5.66	1.88	1.96	
08. HUMEDAD	% 128.71	131.21	133.57	101.06	102.55	
<b>L.L.= 130.35 %</b>		<b>L.P.= 101.81 %</b>		<b>I.P.= 28.54 %</b>		



Conclusiones:

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quirope Rodríguez

  
 MILAGROS PINZAS LOPEZ  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 99070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000)

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

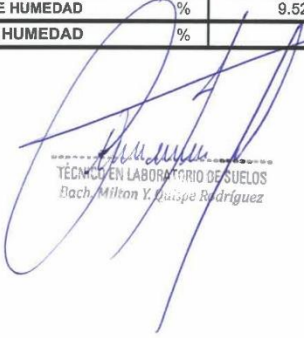
**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II **FECHA** : 8/07/2023

**MUESTRA** : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION **TECNICO** : M.Y.Q.R.

**CALICATA** : C-03, M-01 **ESP. REP.** : M.P.L.

NUMERO DE CAPSULA	N°	A-1		
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	86.85		
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	81.82		
PESO DEL AGUA	gr.	5.03		
PESO DE LA CAPSULA	gr.	28.98		
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	52.84		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	9.52%		
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	9.52%		

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quijpe Rodríguez

  
 Milagros Pinzás López  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP 09070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR (MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

**PROYECTO** : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II

**FECHA** : 8/07/2023

**MUESTRA** : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

**TECNICO** : M.Y.Q.R.

**CALICATA** : C-03, M-01

**ESP. REP.** : M.P.L.

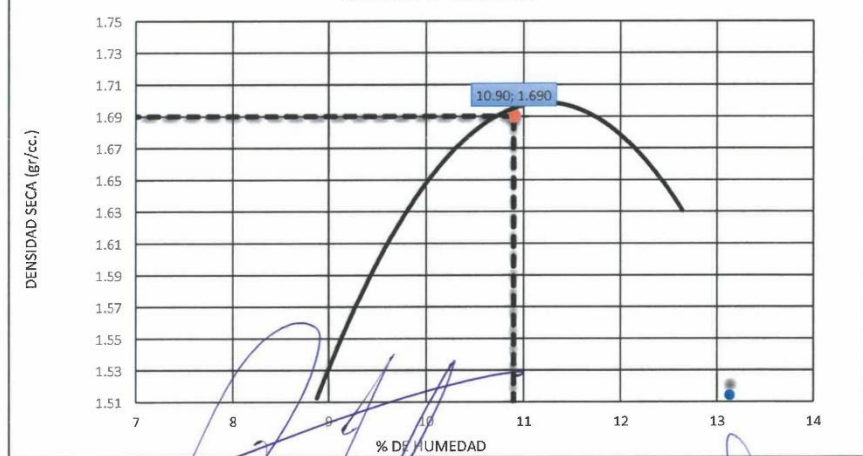
Molde N°	MODELO CN-4 01	Método de compactación	"B"	
Volumen Molde	2065 cc	N° de capas	: 05	
Peso del Molde	5897 grs.	N° de golpes por capa	: 56	
Determinación	N°	02	03	04
Peso del molde y Muestra	gr.	9612	9802	9724
Peso del molde	gr.	5897	5897	5897
Peso de la muestra compactada	gr.	3715	3905	3827
Densidad húmeda	gr/cc	1.80	1.89	1.85
Densidad seca	gr/cc	1.64	1.70	1.65

#### Contenido de Agua

Tarro	N°	A-2	A-1	A-5	A-4	A-7	A-9
Peso del Tarro	gr.	27.6	29.0	28.5	29.1	26.5	30.4
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gr.	98.4	78.3	95.2	110.1	87.8	72.9
Peso del Tarro + Suelo seco	gr.	92.0	73.9	88.6	101.6	81.0	68.3
Peso del agua	gr.	6.4	4.4	6.6	8.5	6.8	4.7
Peso del suelo seco	gr.	64.4	44.9	60.1	72.5	54.5	37.8
Contenido de humedad	%	9.9	9.8	11.0	11.7	12.6	12.3
Promedio		9.9		11.4		12.5	

**DENSIDAD MAXIMA** : 1.690 grs/cc **CONTENIDO DE HUMEDAD**: 10.90 %

GRÁFICO DE PROCTOR



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Rodríguez

Miguel Pinzás López  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 99079



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE C.B.R. (MTC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

PROYECTO : PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV. COSTANERA TRAMO II

FECHA : 8/07/2023

MUESTRA : 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

TECNICO : M.Y.Q.R.

CALICATA : C-03, M-01

ESP. REP. : M.P.L.

MOLDE	Modelo CN 450	1-A	2-A	3-A			
CAPAS	N°	05	05	05			
Gólpes por capa	N°	12	25	56			
Condición de la muestra		Óptima Humedad	Saturado	Óptima Humedad	Saturado	Óptima Humedad	Saturado
Peso suelo humedo + molde		10798		10903		11412	
Peso molde	gr.	6591		6591		7018	
Peso del Suelo humedo	gr.	4207		4312		4394	
Volumen del Suelo	gr.	2316		2334		2316	
Densidad humeda	gr/cc	1.82		1.85		1.90	
% de humedad	%	14.5		12.8		10.8	
Densidad seca	gr/cc	1.59		1.64		1.71	
Tarro	N°	A-3		A-2		A-4	
Tarro + suelo humedo	gr.	101.3		100.8		86.0	
Tarro + suelo seco	gr.	93.4		93.8		81.4	
Peso del agua	gr.	7.9		7.0		4.7	
Peso de tarro	gr.	38.5		39.6		38.4	
Peso del suelo seco	gr.	54.9		54.3		43.0	
% de humedad	%	14.5		12.8		10.8	
Promedio de humedad		14.5		12.8		10.8	

% EXPANSIÓN = 0.00 %

Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			Dial	mm.	%	Dial	mm.	%	Dial	mm.	%
8/07/2023	11:00 a. m.	00.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
9/07/2023	11:00 a. m.	24.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
10/07/2023	11:00 a. m.	48.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00
11/07/2023	11:00 a. m.	72.00	0.16	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		Carga	MOLDE Nro:				MOLDE Nro:				MOLDE Nro:				MOLDE Nro:							
mm.	Tiempo		Slump.	1-A		2-A		3-A		1-A		2-A		3-A		1-A		2-A		3-A		
			Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	30"		0	22	1.2		1	27	1.4		3	36	1.9		9	83	4.4		13	83	4.4	
1.27	1'		1	27	1.4		2	31	1.7		5	46	2.4		19	112	5.9		19	112	5.9	
1.91	1.30'		2	31	1.7		3	36	1.9		9	83	4.4		13	83	4.4		13	83	4.4	
2.54	2'	70	3	36	1.9		7	55	2.9		13	83	4.4		13	83	4.4		13	83	4.4	
3.81	3'		5	46	2.4		10	69	3.7		19	112	5.9		19	112	5.9		19	112	5.9	
5.08	4'	105	9	66	3.4		17	102	5.4		28	154	8.2		28	154	8.2		28	154	8.2	

OBSERVACIONES: C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = 4.6 %

TECNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Dact. Milton Y. Rodríguez

Milagros Pinza López  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 98070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**PROYECTO :** PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO -PUNO

**SOLICITANTE :** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN :** AV. COSTANERA TRAMO II

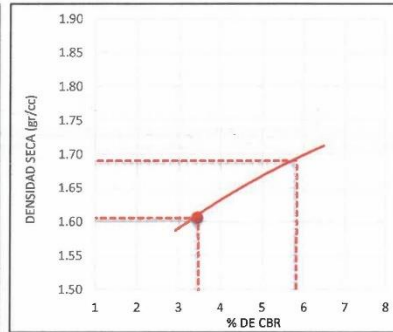
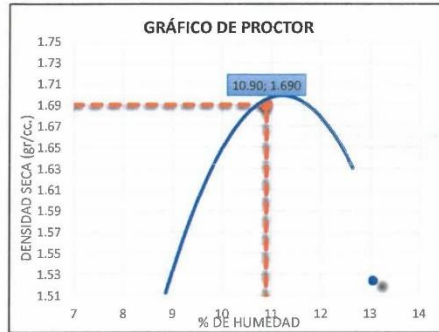
**MUESTRA :** 1+590 KM TERRENO DE FUNDACION

**CALICATA :** C-03, M-01

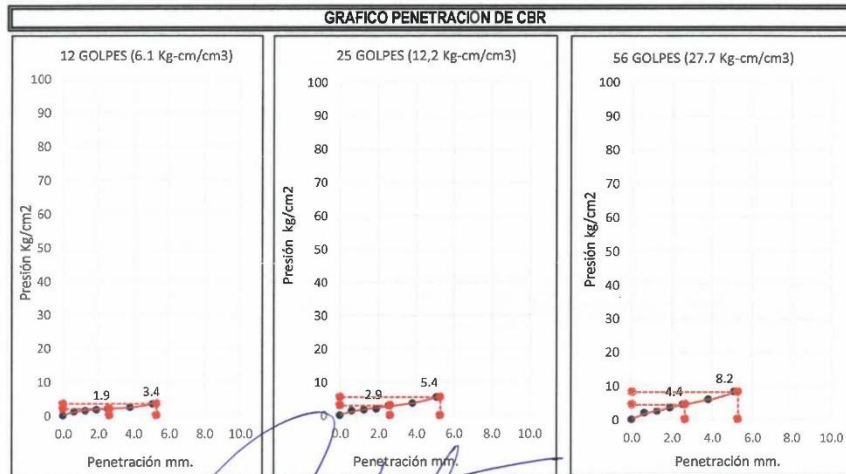
**FECHA :** 8/07/2023

**TECNICO :** M.Y.Q.R.

**ESP. REP. :** M.P.L.



C.B.R.(0.1%): 2.9 %      C.B.R.(0.1%): 4.1 %      C.B.R.(0.1%): 6.5 %



METODO DE COMPACTACION AASTHO :	D	PENETRACION	MDS 1'	MDS 2'
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc) :	1.69	CBR AL 100%	5.8	0.0
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	10.9	CBR AL 95%	4.6	0.0

TECNICO EN LABOR: AID DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas López  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP 89070



# ANÁLISIS DE LA CANTERA SAN LUIS DE ALBA



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

PROYECTO	: PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO		
UBICACIÓN	: CANTERA DE ROCA SAN LUIS DE ALBA- CARRETERA PUNO - MOQUEGUA		
SOLICITANTE	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA	HECHO POR	M.Y.Q.R
MUESTRA	: ROCA M-1	ING. RESPONSABLE	M.P.L
COORDENADAS	: E: 387014, N:8244029 - CANTERA SAN LUIS DE ALBA		
FECHA	: 15/07/2023		

TAMICES ASTM		PESO RETENIDO DE LOS AGREGADO	
QUE PASA	RETENIDO	100 Revoluciones	500 Revoluciones
		GRADUACION "E"	GRADUACION "A"
3"	2 1/2"		
2 1/2"	2"	2500.90	
2"	1 1/2"	2505.60	
1 1/2"	1"	5006.50	
1"	3/4"		
3/4"	1/2"		
1/2"	3/8"		
3/8"	1/4"		
1/4"	N° 04		
N° 04	N° 08		
Peso Inicial			10,013.00
Retenido en la Malla N° 12			7,854.80
Que pasa la Malla N° 12			2,158.40
% de Pérdida			21.56%
PERDIDA PROMEDIO %			21.56%
ESFERAS		Peso Gr.: 5.004	Nro: 12
OBSERVACIONES RESISTENCIA AL DESGASTE = 78.44%			
PORCENTAJE DE PERDIDA = 21.56%			

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Pedro Adriano Y. Quispe Rodriguez

  
 Milagros Pinzas L. 102  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 9070



# ANÁLISIS DE LA CANTERA CANCHARANI

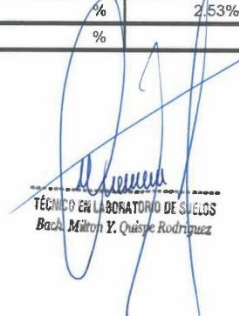


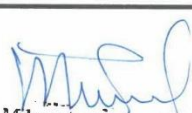
**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000 )

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".		
SOLICITANTE	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA		
UBICACIÓN	: CANTERA CANCHARANI	FECHA	: 13/07/2023
COORDENADAS	: E: 390135, N: 8243073 DESV PUNO - MOQUEGUA	TECNICO	: M.Y.Q.R
MUESTRA	: M-1 - MATERIAL DE TERRAPLEN	ESP. REP.	: M.P.L

NUMERO DE CAPSULA	N°	A-8		
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	132.15		
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	129.52		
PESO DEL AGUA	gr.	2.63		
PESO DE LA CAPSULA	gr.	25.53		
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	103.99		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	2.53%		
PROMEDIO DE HUMEDAD	%	2.53%		

  
 TÉCNICO EN EL LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quispe Rodriguez

  
 Milagros Pinzas L.  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 93070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

### ANÁLISIS DE LÍMITES DE CONSISTENCIA (LÍMITE LÍQUIDO MTC E 111, 210, ASTM D 4318 y LÍMITE PLÁSTICO)

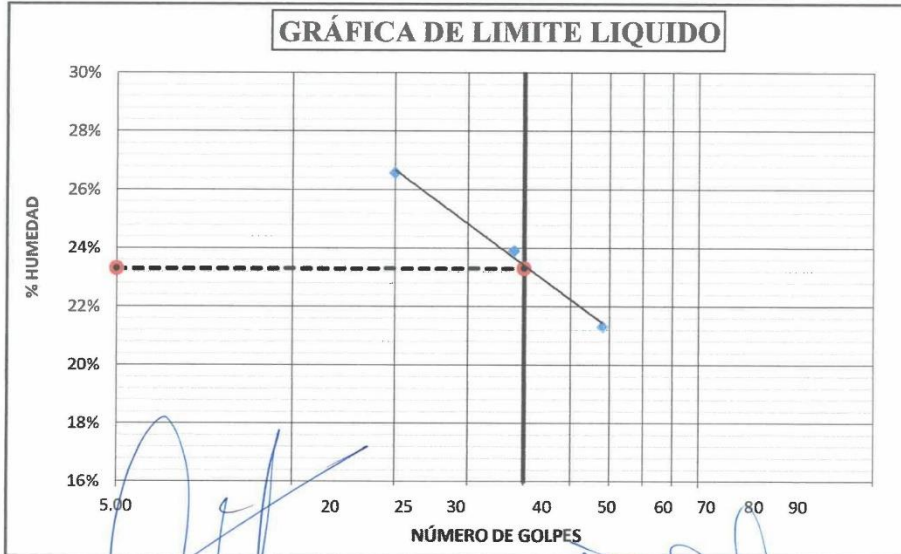
PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".		
SOLICITANTE	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA		
UBICACIÓN	: CANTERA CANCHARANI	FECHA	: 13/07/2023
COORDENADAS	: E: 390135, N: 8243073 DESV PUNO - MOQUEGUA	TECNICO	: M.Y.Q.R
MUESTRA	: M-1 - MATERIAL DE TERRAPLEN	ESP. REP.	: M.P.L

#### LÍMITES DE CONSISTENCIA

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO		
		1	2	3	4	1	2	3
ENSAYO	No							
NRO DE TARRO	No	A-4	A-8	A-8		A-1	A-9	
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	41.01	35.93	36.51		29.06	27.14	
TARRO + SUELO SECO	gr.	38.51	33.92	34.58		29.00	27.07	
PESO DEL TARRO	gr.	29.10	25.51	25.52		28.52	26.53	
AGUA	gr.	2.5	2.01	1.93		0.06	0.07	
PESO DEL SUELO SECO	gr.	9.41	8.41	9.06		0.48	0.54	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	26.57%	23.90%	21.30%		12.50%	12.96%	
NUMERO DE GOLPES	N	15	24	34				

LÍMITE LÍQUIDO = 23.30%      LÍMITE PLÁSTICO = 12.73%      ÍNDICE PLÁSTICO = 10.57%

#### GRÁFICA DE LÍMITE LÍQUIDO



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milyn Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas Lopez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 98070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422) ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION ( D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487 )

**PROYECTO** : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN** : CANTERA CANCHARANI **FECHA** : 13/07/2023

**COORDENADAS** : E: 390135, N: 8243073 DESV PUNO - MOQUEGUA **TECNICO** : M.Y.Q.R

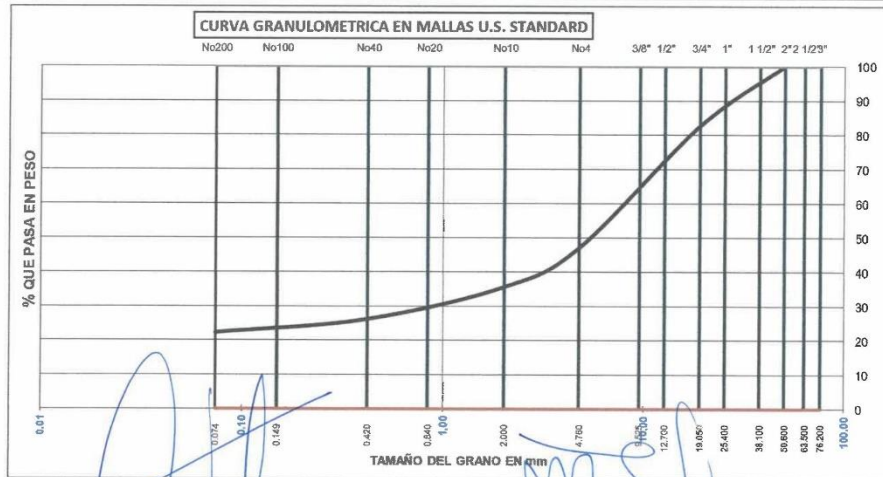
**MUESTRA** : M-1 - MATERIAL DE TERRAPLEN **ESP. REP.** : M.P.L.

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO TENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. " A "
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	414.00	5.67	5.67	94.33	
1"	25.400	534.00	7.31	12.98	87.02	
3/4"	19.050	326.00	4.46	17.44	82.56	
1/2"	12.700	831.00	11.38	28.82	71.18	
3/8"	9.525	582.00	7.97	36.78	63.22	
N° 4	4.760	1183.00	16.19	52.98	47.02	
N° 10	2.000	147.00	11.50	64.48	35.52	
N° 20	0.840	84.00	6.57	71.05	28.95	
N° 40	0.420	36.00	2.82	73.87	26.13	
N° 100	0.149	30.00	2.35	76.21	23.79	
N° 200	0.074	20.00	1.58	77.78	22.22	
-200		284.04	22.22	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 7305.00
PESO FRAC.	: 601.00
K	: 1278.11
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 23.30%
LIMITE PLASTICO	: 12.73%
INDICE PLASTICO	: 10.57%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.033	Cu= 257.58895
D30= 1.025	Cc= 3.6811317
D60= 8.58	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASHTO	: A-2-6(1)
S.U.C.S.	: GC
GRAVA	: 52.98
ARENA	: 20.89
LIMO	: 3.91
ARCILLAS	: 22.22
HUM. NATURAL	: 2.53%
DENS. PROCTOR	: 2.215 grs/cc
C.B.R. A1 95%	: 53.40 %

**OBSERVACIONES :** .....



Milton K. Quispe Rodríguez  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS

Milagros Pinzas López  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 8.070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR (MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".		
SOLICITANTE	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA		
UBICACIÓN	: CANTERA CANCHARANI	FECHA	: 13/07/2023
COORDENADAS	: E-390135, N: 8243073 DESV PUNO - MOQUEGUA	TECNICO	: M.Y.Q.R
MUESTRA	: M-1 - MATERIAL DE TERRAPLEN	ESP. REP.	: M.P.L

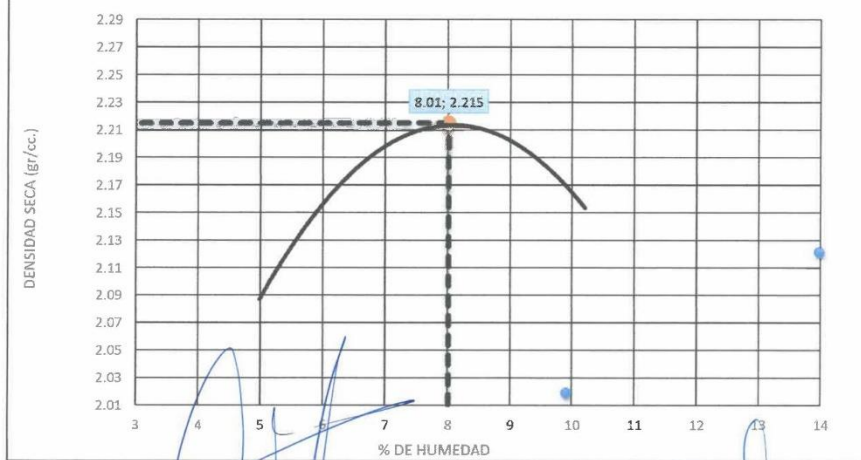
Molde N°	MODELO CN-4.01	Método de compactación	"B"		
Volumen Molde	2065 cc	N° de capas	: 05		
Peso del Molde	5897 grs.	N° de golpes por capa	: 56		
Determinación	N°	02	03	04	
Peso del molde y Muestra	gf.	10615	10845	10813	
Peso del molde	gf.	5897	5897	5897	
Peso de la muestra compactada	gf.	4718	4948	4916	
Densidad húmeda	gr/cc	2.28	2.40	2.38	
Densidad seca	gr/cc	2.16	2.21	2.16	

#### Contenido de Agua

Tarro	N°	A-2	A-3	A-5	A-9	A-1	A-7		
Peso del Tarro	gf.	27.6	25.6	28.5	30.4	29.0	26.5		
Peso del Tarro + Suelo húmedo	gf.	117.4	114.4	90.7	91.6	115.7	103.4		
Peso del Tarro + Suelo seco	gf.	112.4	109.3	86.0	86.8	107.9	96.3		
Peso del agua	gf.	5.0	5.1	4.7	4.7	7.8	7.1		
Peso del suelo seco	gf.	84.9	83.7	57.5	56.4	78.9	69.8		
Contenido de humedad	%	5.9	6.1	8.2	8.4	9.9	10.2		
Promedio		6.0		8.3		10.0			

DENSIDAD MAXIMA :	2.215	grs/cc	CONTENIDO DE HUMEDAD:	8.01	%
-------------------	-------	--------	-----------------------	------	---

#### GRÁFICO DE PROCTOR



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milroy Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas Lopez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. S. 070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE C.B.R. (MTC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : CANTERA CANCHARANI FECHA : 13/07/2023

COORDENADAS : E: 390135, N: 8243073 DESV PUNO - MOQUEGUA TECNICO : M.Y.Q.R

MUESTRA : M-1 - MATERIAL DE TERRAPLEN ESP. REP. : M.P.L

MOLDE	Modelo CN 450		1-A		2-A		3-A
CAPAS	N°		05		05		05
Golpes por capa	N°		12		25		56

Condición de la muestra	Óptima Humedad	Saturado	Óptima Humedad	Saturado	Óptima Humedad	Saturado
Peso suelo humedo + molde	11898	11989	12045	12086	12685	12809
Peso molde	6591	6591	6591	6591	7018	7018
Peso del Suelo humedo	5307	5398	5454	5495	5667	5791
Volumen del Suelo	2316	2316	2334	2334	2316	2316
Densidad humeda	gr/cc	2.29	2.33	2.34	2.35	2.45
% de humedad	%	10.8	11.7	9.1	10.2	8.5
Densidad seca	gr/cc	2.07	2.09	2.14	2.14	2.26
Tarro	N°	A-3	A-7	A-2	A-12	A-4
Tarro + suelo humedo	gr.	99.3	96.2	98.8	97.1	85.0
Tarro + suelo seco	gr.	93.4	87.5	93.8	89.4	81.4
Peso del agua	gr.	5.9	8.6	5.0	7.7	3.7
Peso de tarro	gr.	38.5	13.7	39.6	14.0	38.4
Peso del suelo seco	gr.	54.9	73.8	54.3	75.5	43.0
% de humedad	%	10.8	11.7	9.1	10.2	8.5
Promedio de humedad		10.8	11.7	9.1	10.3	8.5

% EXPANSIÓN = 0.00 %

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
13/07/2023	11:00 a.m.	00.00	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14/07/2023	11:00 a.m.	24.00	0.17	0.02	0.02	0.43	0.43	0.38	0.02	0.02	0.02
15/07/2023	11:00 a.m.	48.00	0.21	0.01	0.01	0.66	0.66	0.58	0.09	0.09	0.08
16/07/2023	11:00 a.m.	72.00	0.22	0.07	0.06	0.74	0.74	0.85	0.12	0.12	0.10

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	Carga	MOLDE Nro:				1-A				2-A				3-A			
		Slump.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	Presión	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Presión	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.63	30'		24	135	7.2		28	154	8.2			35	187	9.9			
1.27	1'		43	225	11.9		56	287	15.2			64	325	17.2			
1.91	1.30'		86	429	22.7		93	462	24.5			107	528	28.0			
2.54	2'	70	142	693	36.8		151	736	39.0			166	807	42.8			
3.81	3'		186	901	47.8		193	934	49.5			211	1019	54.1			
5.08	4'	105	237	1142	60.6		248	1194	63.3			278	1336	70.9			

OBSERVACIONES: C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = 53.4 %

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

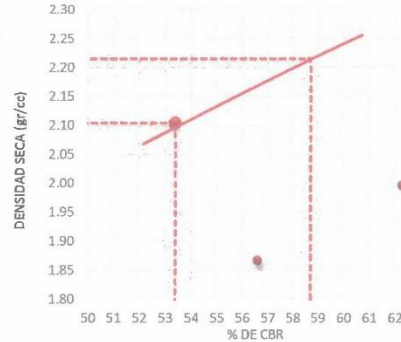
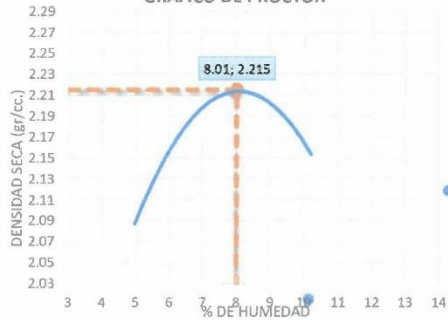
Milagros Pinzas L. J. J.  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 80070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

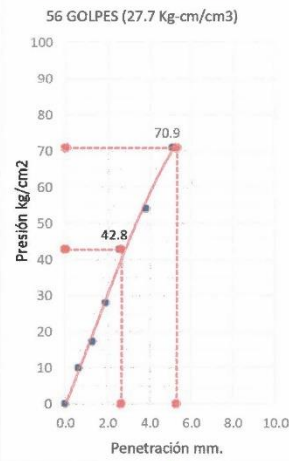
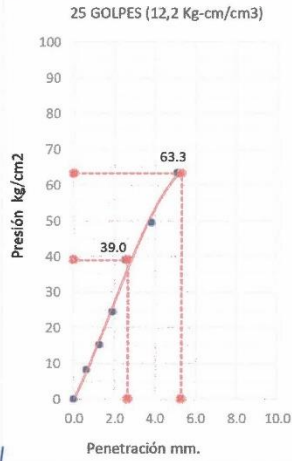
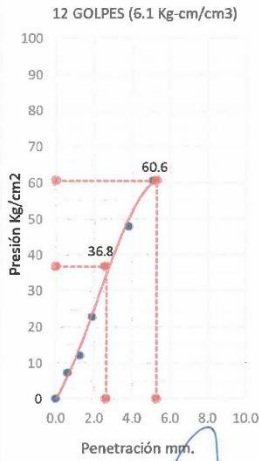
PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".  
SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA  
UBICACIÓN : CANTERA CANCHARANI  
COORDENADA : E: 390135, N: 8243073 DESV PUNO - MOQUEGUA  
MUESTRA : SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN  
FECHA : 13/07/2023  
TECNICO : M.Y.Q.R  
ESP. REP. : M.P.L

GRÁFICO DE PROCTOR



C.B.R.(0.1"): 52.2 %      C.B.R.(0.1"): 55.4 %      C.B.R.(0.1"): 60.7 %

GRÁFICO PENETRACION DE CBR



METODO DE COMPACTACION AASTHO :	"D"	PENETRACION	MDS 1'	MDS 2'
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr./cc)	2.22	CBR AL 100%	58.7	0.0
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	8.0	CBR AL 95%	53.4	0.0

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas L. 322  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 83070



# ANÁLISIS DE LA CANTERA CUTIMBO JAYLLIHUAYA




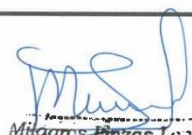
**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### DETERMINACIÓN DE HUMEDAD NATURAL (ASTM D2216, MTC E 108 - 2000 )

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".		
SOLICITANTE	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA		
UBICACIÓN	: AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO	FECHA	: 26/07/2023
MATERIAL	: MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUYA 25%	TECNICO	: M.Y.Q.R
MUESTRA	: SUB BASE GRANULAR	RESP.	: M.P.L

NUMERO DE CAPSULA	N°	A-6		
PESO SUELO HUMEDO + CAPSULA	gr.	112.32		
PESO DEL SUELO SECO + CAPSULA	gr.	107.03		
PESO DEL AGUA	gr.	5.29		
PESO DE LA CAPSULA	gr.	26.43		
PESO NETO DEL SUELO SECO	gr.	80.60		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	%	6.56%		
PROMEDIO DE HUMEDAD	%		6.56%	

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

  
 Mitagras Pinzas Lopez  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 99070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ANALISIS DE LIMITES DE CONSISTENCIA**  
(LIMITE LIQUIDO MTC E 111, 210, ASTM D 4318 y LIMITE PLASTICO)

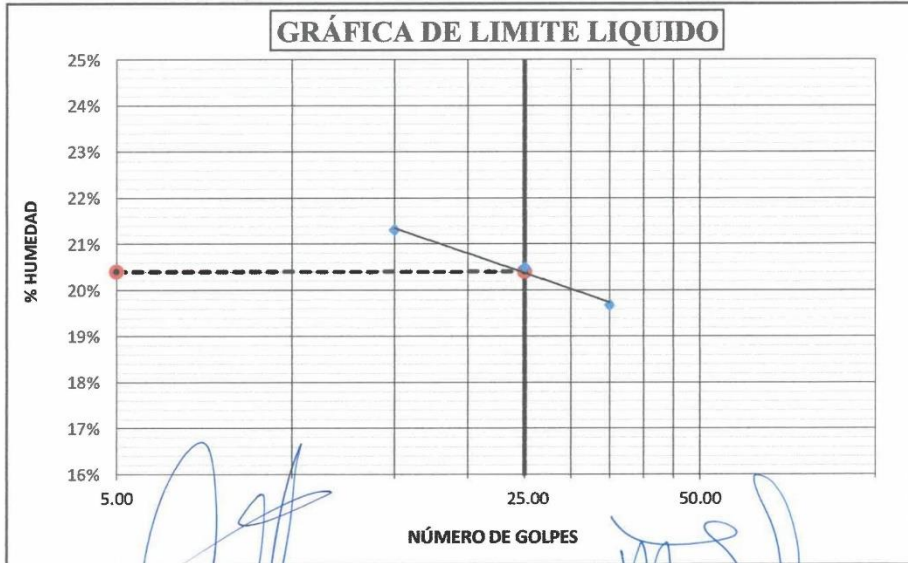
<b>PROYECTO</b>	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".		
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA		
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO	<b>FECHA</b>	: 26/07/2023
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUYAYA 25%	<b>TECNICO</b>	: M.Y.Q.R
<b>MUESTRA</b>	: SUB BASE GRANULAR	<b>RESP.</b>	: M.P.L

**LIMITES DE CONSISTENCIA**

DESCRIPCIÓN		LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	4	1	2
ENSAYO	No						
NRO DE TARRO	No	A-1	A-2	A-3		A-4	A-5
TARRO + SUELO HUMEDO	gr.	30.73	29.48	36.48		21.67	20.50
TARRO + SUELO SECO	gr.	28.60	27.70	33.78		21.42	20.35
PESO DEL TARRO	gr.	18.60	19.01	20.05		19.91	19.43
AGUA	gr.	2.13	1.78	2.7		0.25	0.15
PESO DEL SUELO SECO	gr.	10	8.69	13.73		1.51	0.92
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	21.30%	20.48%	19.66%		16.56%	16.30%
NUMERO DE GOLPES	N	15	25	35			

LIMITE LIQUIDO = 20.40 %      LIMITE PLASTICO = 16.43 %      INDICE PLASTICO = 3.97 %

**GRÁFICA DE LIMITE LIQUIDO**



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milken Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas Lopez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 99070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)**  
ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACION ( D2216 - D854 - D4318 - D427 - D2487 )

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO

MATERIAL : MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUYAYA 25%

MUESTRA : SUB BASE GRANULAR

FECHA : 26/07/2023

TECNICO : M.Y.Q.R

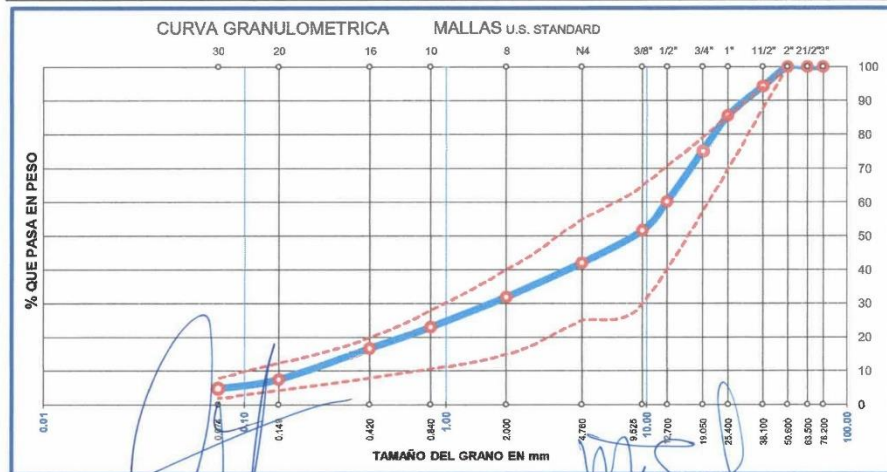
RESP. : M.P.L

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO TENIDO	%RETENIDO PARCIAL	%RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. "1-A"
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	100 100
1 1/2"	38.100	387.00	5.78	5.78	94.22	
1"	25.400	582.00	8.70	14.48	85.52	
3/4"	19.050	693.00	10.36	24.84	75.16	
1/2"	12.700	1002.00	14.97	39.81	60.19	
3/8"	9.525	573.00	8.56	48.37	51.63	30 65
N° 4	4.760	641.00	9.58	57.95	42.05	25 55
N° 10	2.000	185.00	10.09	68.04	31.96	15 40
N° 20	0.840	164.00	8.94	76.98	23.02	
N° 40	0.420	115.00	6.27	83.26	16.74	8 20
N° 100	0.149	168.00	9.16	92.42	7.58	
N° 200	0.074	51.00	2.78	95.20	4.80	2 8
-200		88.04	4.80	100.00	0.00	

RESULTADOS DE ENSAYOS	
DATOS DE LA MUESTRA	
PESO INICIAL	: 6692.00
PESO FRAC.	: 771.00
K	: 1833.52
LIMITE DE CONSISTENCIA:	
LIMITE LIQUIDO	: 20.40%
LIMITE PLASTICO	: 16.43%
INDICE PLASTICO	: 3.97%
COEF. CURVATURA y UNIF.	
D10= 0.221	Cu= 57.26319
D30= 1.746	Cc= 1.0942209
D60= 12.63	
CLASIFICACION SUELOS:	
AASTHO	: A1-e(0)
S.U.C.S.	: GP-GM
GRAVA	: 57.95
ARENA	: 25.31
LIMO	: 11.94
ARCILLAS	: 4.80
HUM. NATURAL	: 8.56%
DENS. PROCTOR	: 2.13 grs/cc
C.B.R. A1 95%	: 57.10 %

OBSERVACIONES : .....



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Wladimir Pinzas Lopez  
INGENIERO GEOLOGO  
CIP. 99070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE  
CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR (MTC - E 115 - 2000, MÉTODO ASTM-D-2216-AASHTO T-180- D)

<b>PROYECTO</b>	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".		
<b>SOLICITANTE</b>	: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA		
<b>UBICACIÓN</b>	: AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO	<b>FECHA</b>	: 26/07/2023
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUAYA 25%	<b>TECNICO</b>	: M.Y.Q.R
<b>MUESTRA</b>	: SUB BASE GRANULAR	<b>RESP.</b>	: M.PL

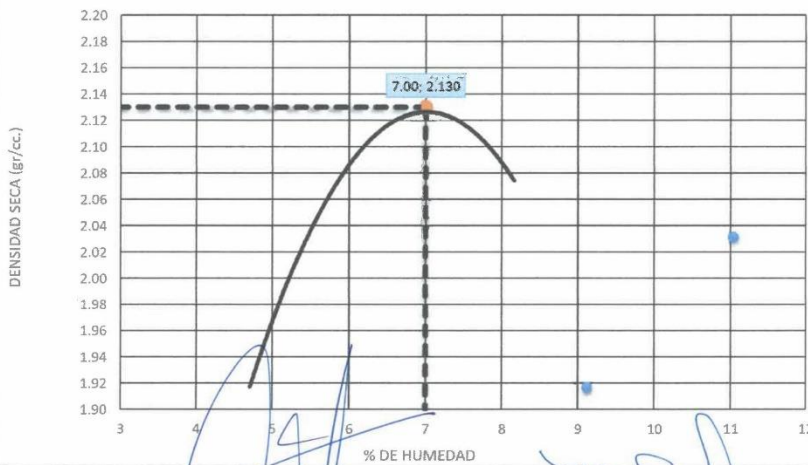
<b>Molde N°</b>	MODELO CN-4.01	<b>Método de compactación</b>	"B"	
<b>Volumen Molde</b>	2065 cc	<b>N° de capas</b>	: 05	
<b>Peso del Molde</b>	5897 grs.	<b>N° de golpes por capa</b>	: 56	
<b>Determinación</b>	N°	01	02	03
<b>Peso del molde y Muestra</b>	gr.	10393	10582	10558
<b>Peso del molde</b>	gr.	5897	5897	5897
<b>Peso de la muestra compactada</b>	gr.	4496	4685	4661
<b>Densidad húmeda</b>	gr/cc	2.18	2.27	2.26
<b>Densidad seca</b>	gr/cc	2.06	2.12	2.09

#### Contenido de Agua

<b>Tarro</b>	N°	A-4	A-8	A-1	A-3	A-6	A-7
<b>Peso del Tarro</b>	gr.	29.1	25.5	29.0	25.8	26.4	26.5
<b>Peso del Tarro + Suelo húmedo</b>	gr.	127.2	125.3	106.3	113.3	85.5	99.7
<b>Peso del Tarro + Suelo seco</b>	gr.	122.1	119.8	101.3	107.8	81.1	94.4
<b>Peso del agua</b>	gr.	5.1	5.6	5.0	5.5	4.4	5.3
<b>Peso del suelo seco</b>	gr.	93.0	94.3	72.3	82.3	54.7	67.9
<b>Contenido de humedad</b>	%	5.5	5.9	6.9	6.7	8.1	7.8
<b>Promedio</b>		5.7		6.8		8.0	

**DENSIDAD MAXIMA :** 2.130 grs/cc      **CONTENIDO DE HUMEDAD:** 7.00 %

GRÁFICO DE PROCTOR



TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas L. rez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 99070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE ABRASION "LOS ANGELES"

MTC E 207 ASTM C131 AASHTO T 96

**PROYECTO** : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA **FECHA** : ABRIL. 2023

**ESTRUCTURA** : SUB BASE

**PROGRESIVA** : MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUAYA 25% **TECNICO** :

**MUESTRA** : SUB BASE GRANULAR **M.Y.Q.R.**

TAMICES ASTM		PESO AGREGADO EN GRAMOS	ESFERAS	
QUE PASA	RETENIDO		Peso gr.	
			5009.15	
			N°	12
3"	2 1/2"		Revoluciones	500
2 1/2"	2"		Gradación	"A"
2"	1 1/2"		P. Inicial gr.	5013
1 1/2"	1"	1253.4	P. Ret en la malla N° 12	3216.4
1"	3/4"	1251.5		
3/4"	1/2"	1253.2	Que pasa la malla N° 12	1796.6
1/2"	3/8"	1254.9	Porcentaje de perdida	35.84%
3/8"	1/4"			
1/4"	N° 04		Perdida promedio	36%
N° 04	N° 08			
<b>OBSERVACIONES</b>		RESISTENCIA AL DESGASTE = 64.16%		
		PORCENTAJE DE PERDIDA = 35.84%		
NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Angeles.				

  
 TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton Y. Quirope Rodríguez

  
 Mitagrosa Pinzas Lopez  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIR. 99070



LABORATORIO DE GEOTECNIA  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,  
CONCRETO Y PAVIMENTOS

### ENSAYO DE C.B.R. (MTC E 132 - 2000, MÉTODO ASTM D - 1883)

PROYECTO : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

SOLICITANTE : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

UBICACIÓN : AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO FECHA : 26/07/2023

PROGRESIVA : MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUAYA 25% TECNICO : M.Y.Q.R

MUESTRA : SUB BASE GRANULAR RESP. : M.P.L

MOLDE	Modelo CN 450		1-A		2-A		3-A
CAPAS	N°		05		05		05
Golpes por capa	N°		12		25		56

Condición de la muestra	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado	Optima Humedad	Saturado
Peso suelo humedo + molde	11638	11741	11902	11966	12501	12689
Peso molde	gr. 6591	6591	6591	6591	7018	7018
Peso del Suelo humedo	gr. 5047	5150	5311	5375	5483	5871
Volumen del Suelo	gr. 2316	2316	2334	2334	2316	2316
Densidad humeda	gr/cc 2.18	2.22	2.28	2.30	2.37	2.45
% de humedad	% 9.0	9.0	9.1	8.9	8.5	10.0
Densidad seca	gr/cc 2.00	2.04	2.08	2.11	2.18	2.23
Tarro	N° A-3	A-7	A-2	A-12	A-4	A-9
Tarro + suelo humedo	gr. 98.3	94.2	98.8	96.1	85.0	79.5
Tarro + suelo seco	gr. 93.4	87.5	93.8	89.4	81.4	73.5
Peso del agua	gr. 4.9	6.5	5.0	6.7	3.7	6.0
Peso de tarro	gr. 38.5	13.7	39.6	14.0	38.4	13.5
Peso del suelo seco	gr. 54.9	73.8	54.3	75.5	43.0	60.0
% de humedad	% 9.0	9.0	9.1	8.9	8.5	10.0
Promedio de humedad		9.0	9.1	8.9	8.5	10.0

**% EXPANSIÓN = 0.00 %**

Fecha	Hora	Tiempo	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN		Dial	EXPANSIÓN		
			mm.	%		mm.	%		mm.	%	
27/07/2023	11:00 a. m.	00.00	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
28/07/2023	11:00 a. m.	24.00	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
29/07/2023	11:00 a. m.	48.00	0.13	0.01	0.01	0.04	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
30/07/2023	11:00 a. m.	72.00	0.13	0.00	0.00	0.40	0.36	0.31	0.12	0.00	0.00

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		Carga	MOLDE Nro:		1-A		MOLDE Nro:		2-A		MOLDE Nro:		3-A	
mm.	Tiempo		Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión	Carga Corregida	Presión
		Slump.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.	Dial	Kg.	k/cm <sup>2</sup>	C.B.R.
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	
0.63	30"		12	79	4.2		17	102	5.4		25	140	7.4	
1.27	1'		35	187	9.9		51	263	14.0		63	320	17.0	
1.91	1.30'		87	433	23.0		103	509	27.0		102	504	26.7	
2.54	2'	70	153	745	39.5		165	802	42.5		178	863	45.8	
3.81	3'		194	939	49.8		192	930	49.3		233	1123	59.6	
5.08	4'	105	261	1256	66.6		283	1360	72.1		301	1445	76.6	

OBSERVACIONES: C.B.R. Al 95% de su máxima densidad seca y a 2.54 mm. de penetración = **57.1 %**

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton J. Quispe Rodríguez

Milagros Pinzas Lopez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP: 99070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
**MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD,**  
**CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**PROYECTO :** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

**SOLICITANTE :** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**UBICACIÓN :** AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO

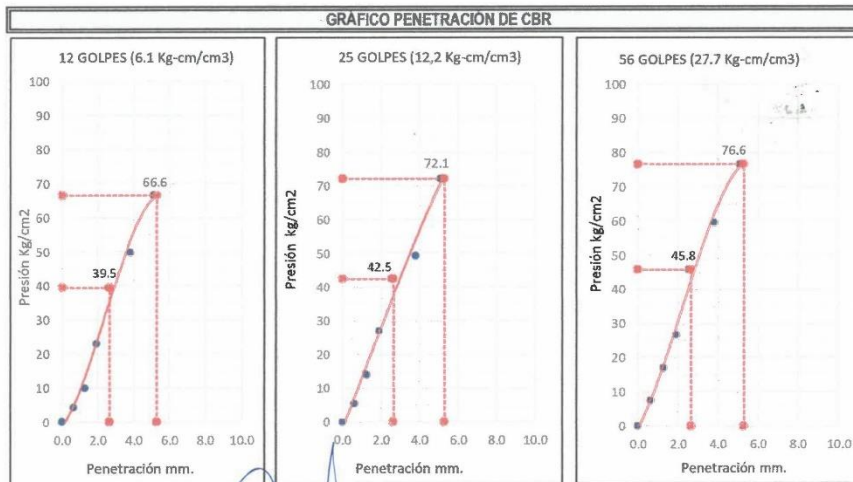
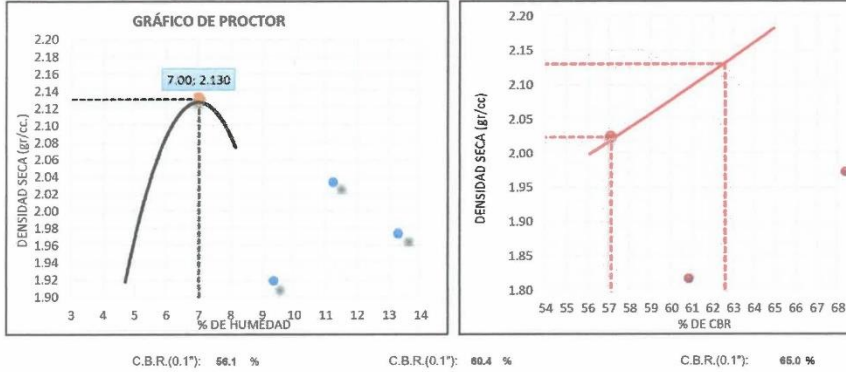
**PROGRESIVA :** MEZCLA DE CANTERA CUTIMBO 75%-JAYLLUHUYA 25%

**MUESTRA :** SUB BASE GRANULAR

**FECHA :** 26/07/2023

**TECNICO :** M.Y.Q.R

**RESP. :** M.P.L



METODO DE COMPACTACION AASTHO :	"D"	PENETRACION	MDS 1"	MDS 2"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cc) :	2.13	CBR AL 100%	62.6	0.0
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	7.0	CBR AL 95%	57.1	0.0

TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
 Bach. Milton E. Quiroga Rodríguez

Miguelos Pinzas López  
 INGENIERO GEÓLOGO  
 CIP. 89070



**LABORATORIO DE GEOTECNIA**  
MECANICA DE SUELOS, CONTROL DE CALIDAD, CONCRETO Y PAVIMENTOS

### EQUIVALENTE DE ARENA (ASTM D-2419, AASHTO T-176)

**PROYECTO** : "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTE CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO".

**UBICACIÓN** : AV. COSTANERA TRAMO II - PUNO

**SOLICITANTE** : BACH. LUIS LUPACA MANSILLA


**CANTERA** : MEZCLA CUTIMBO 75% - LIGANTE JAYLLUHUYAYA 25%


**MUESTRA** : SUB BASE GRANULAR

**FECHA** : 25/07/2023

MUESTRA N°		1	2	3	4	5
1	HORA DE ENTRADA A SATURACION	8.02	8.04			
2	SALIDA SATURACION (A+10')	8.12	8.14			
3	HORA ENTRADA A DECANTACION	8.16	8.18			
4	SALIDA DECANTACION (B+20')	8.36	8.38			
5	ALTURA MATERIAL FINO (PULG.)	5.30	5.20			
6	ALTURA DE ARENA (PULG.)	2.40	2.40			
7	EQUIV. ARENA	45.28	46.15			
8	PROMEDIO DE EQUIV. ARENA (%)	45.72				
*****	*****	*****	*****	*****	*****	*****

**NOTA** LAS MUESTRAS FUERON PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE  
CUMPLE A LOS PARAMETROS ESTABLECIDOS DE EG-2013

  
TÉCNICO EN LABORATORIO DE SUELOS  
Bach. Milton Y. Quispe Rodriguez

  
Milagros Pinzas D. rez  
INGENIERO GEÓLOGO  
CIP. 95070





## ANEXO 3. FICHAS DE AFORO VEHICULAR



### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOTEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"	N° CARRILES	:	2
TRAMO DE LA VIA	TRAMO II CONFIRMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	:	SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	Dist: Puno, Prov: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	:	2
FECHA	Lunes 23 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	:	2

HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL			BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR	
		PICK UP	RURAL		B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado
07:00	E	133	96	78	3	3	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:00	S	104	95	86	4	0	0	8	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
08:00	E	79	85	70	1	4	0	7	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0
09:00	S	75	76	76	3	2	0	15	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09:00	E	86	80	45	1	1	0	4	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
10:00	S	67	64	38	1	2	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
10:00	E	79	69	43	1	1	0	7	3	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0
11:00	S	63	56	54	2	1	0	4	5	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
11:00	E	89	71	58	3	1	0	5	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
12:00	S	78	49	41	1	2	0	7	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1
12:00	E	85	84	69	2	1	0	10	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1
13:00	S	71	63	52	1	0	0	5	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
13:00	E	76	54	73	2	2	0	16	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
14:00	S	86	73	63	1	1	0	9	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
14:00	E	81	66	48	4	3	0	6	2	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	1
15:00	S	66	73	52	1	2	0	4	2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
15:00	E	59	53	63	2	3	0	10	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0
16:00	S	68	45	48	1	2	0	7	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
16:00	E	72	76	48	2	4	0	9	3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	1	0
17:00	S	61	58	38	2	1	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17:00	E	118	126	37	3	2	0	8	3	0	0	0	0	8	0	0	0	0	1	0
18:00	S	93	78	54	4	3	0	6	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0
18:00	E	93	85	36	3	1	0	8	3	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0
19:00	S	74	88	43	2	0	0	10	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>1956</b>	<b>1743</b>	<b>1313</b>	<b>50</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>5</b>	<b>0</b>	<b>85</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>5</b>
		<b>A</b>	<b>5012</b>		<b>B</b>	<b>92</b>								<b>C</b>	<b>320</b>				<b>13</b>	



### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"	N° CARRILES	:	2
TRAMO DE LA VIA	: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	:	SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	: Dist: Puno, Prov: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	:	2
FECHA	: Martes 24 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	:	2

HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL	CAMIONETAS			BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR	
			PICKUP	RURAL	B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado	
	DIAGRA. VEH.																		motos y mototaxis	tricidos y bicicletas	
07:00	E	93	58	38	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08:00	S	104	79	24	3	0	0	7	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
08:00	E	96	47	26	2	1	0	3	1	0	0	2	0	5	0	0	0	0	2	2	
09:00	S	85	65	16	1	1	0	8	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
09:00	E	73	48	28	1	2	0	8	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	3	0	
10:00	S	82	33	23	1	1	0	2	5	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	1	
10:00	E	74	39	31	3	3	0	10	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	
11:00	S	62	56	18	1	0	0	3	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	1	0	
11:00	E	78	48	29	4	4	0	4	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
12:00	S	42	56	36	1	3	0	5	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
12:00	E	78	68	41	4	0	0	3	4	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	1	
13:00	S	53	51	49	3	2	0	2	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	3	0	
13:00	E	88	83	19	2	2	0	9	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	1	
14:00	S	73	65	23	1	2	0	4	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	
14:00	E	69	79	47	2	3	0	12	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
15:00	S	94	53	18	1	4	0	10	1	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	
15:00	E	75	55	36	2	1	0	9	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
16:00	S	68	41	15	1	3	0	13	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
16:00	E	49	49	27	1	2	0	6	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	2	0	
17:00	S	87	38	19	2	4	0	15	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
17:00	E	76	39	31	1	1	0	8	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	
18:00	S	95	68	22	2	2	0	17	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
18:00	E	90	41	34	1	1	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
19:00	S	105	73	21	2	3	0	13	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
<b>TOTAL</b>		<b>1889</b>	<b>1332</b>	<b>671</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>0</b>	<b>176</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>70</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>8</b>	
		<b>A</b>	<b>3892</b>	<b>B</b>		<b>90</b>					<b>C</b>				<b>300</b>	<b>21</b>					



### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA "	N° CARRILES	: 2
TRAMO DE LA VIA	: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	: SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	: Dist: Puno, Prv: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	: 2
FECHA	: Miercoles 25 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	: 2

HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL	CAMIONETAS			BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR	
			PICK UP	RURAL		B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado
DIAGRA. VEH.																			motos y mototaxis	tricyclos y bicicletas	
07:00	E	68	53	29	2	3	0	8	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
08:00	S	84	64	53	1	0	0	5	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
08:00	E	86	48	23	0	1	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09:00	S	76	57	39	1	1	0	6	0	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	
09:00	E	77	33	19	2	2	0	10	2	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	
10:00	S	63	38	24	2	2	0	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	
10:00	E	45	48	18	0	2	0	3	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
11:00	S	53	30	22	2	1	0	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	
11:00	E	58	55	16	1	2	0	6	1	0	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0	
12:00	S	47	34	27	0	2	0	3	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	
12:00	E	68	29	29	1	1	0	4	0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	
13:00	S	46	35	28	1	0	0	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
13:00	E	75	45	31	1	1	0	4	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	
14:00	S	39	38	33	0	0	0	5	1	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	0	
14:00	E	59	56	34	2	1	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
15:00	S	55	43	39	3	4	0	6	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
15:00	E	56	62	31	3	1	0	4	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	1	0	
16:00	S	49	56	29	1	3	0	3	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
16:00	E	76	43	40	1	0	0	1	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	
17:00	S	76	67	31	4	3	0	6	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
17:00	E	98	30	38	2	2	0	3	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
18:00	S	74	56	37	3	3	0	4	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
18:00	E	89	32	27	2	1	0	4	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
19:00	S	59	58	42	1	4	0	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
<b>TOTAL</b>		<b>1576</b>	<b>1110</b>	<b>739</b>	<b>36</b>	<b>40</b>	<b>0</b>	<b>105</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>67</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	
			<b>A</b>	<b>3425</b>		<b>B</b>	<b>76</b>										<b>C</b>	<b>211</b>		<b>12</b>	



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERRES VELASQUEZ  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERÍA CIVIL



### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA "	N° CARRILES	: 2
TRAMO DE LA VIA	: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	: SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	: Dist: Puno, Prov: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	: 2
FECHA	: Jueves 26 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	: 2

HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL	CAMIONETAS			BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR	
			PICKUP	RURAL	B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado	
	DIAGRA. VEH.																		motos y mototaxis	triciclos y bicicletas	
07:00	E	94	65	46	2	2	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
08:00	S	106	79	59	2	1	0	2	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0	
08:00	E	85	58	39	3	3	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09:00	S	99	71	53	1	1	0	5	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
09:00	E	73	45	28	2	1	0	2	3	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	
10:00	S	83	38	32	1	1	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1	
10:00	E	67	42	26	0	0	0	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	
11:00	S	76	29	33	2	1	0	5	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
11:00	E	59	44	22	1	1	0	8	4	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0	
12:00	S	61	39	29	0	2	0	4	2	0	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	
12:00	E	77	63	37	1	2	0	4	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	
13:00	S	69	28	31	0	1	0	6	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0	
13:00	E	58	68	33	1	2	0	5	1	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	1	
14:00	S	51	33	32	0	0	0	8	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
14:00	E	45	72	28	2	3	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1	
15:00	S	75	39	25	1	0	0	12	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	
15:00	E	58	65	21	0	2	0	13	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0	
16:00	S	72	45	29	0	3	0	11	4	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	
16:00	E	72	58	38	1	2	0	8	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
17:00	S	80	48	26	2	2	0	11	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0	
17:00	E	83	66	34	1	4	0	12	3	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	
18:00	S	64	55	23	3	3	0	4	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
18:00	E	79	75	37	1	3	0	9	2	0	0	0	0	5	0	0	0	0	1	0	
19:00	S	68	39	31	2	4	0	6	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
<b>TOTAL</b>		<b>1754</b>	<b>1264</b>	<b>792</b>	<b>29</b>	<b>44</b>	<b>0</b>	<b>156</b>	<b>48</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>0</b>	<b>59</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	
		<b>A</b>	<b>3810</b>			<b>B</b>	<b>73</b>										<b>C</b>	<b>272</b>		<b>15</b>	



### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"	N° CARRILES	: 2
TRAMO DE LA VIA	: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	: SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	: Dist: Puno, Prov: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	: 2
FECHA	: Viernes 27 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	: 2

HORA	SENTIDO	AUTOMOV IL	CAMIONETAS			BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR		
			PICK UP	RURAL		B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado	
	DIAGRA. VEH.																		motos y mototaxis	tricidos y bicicletas		
07:00	E	73	69	45	1	3	0	4	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0		
08:00	S	115	77	72	3	1	0	9	4	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0		
08:00	E	68	62	54	1	3	0	3	1	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	0		
09:00	S	99	73	69	2	2	0	7	3	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1		
09:00	E	43	59	35	1	3	0	5	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0		
10:00	S	74	68	49	0	2	0	2	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1		
10:00	E	58	64	45	1	0	0	6	1	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0		
11:00	S	63	52	38	1	0	0	9	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1		
11:00	E	52	64	52	1	2	0	7	2	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0		
12:00	S	53	56	43	1	1	0	5	1	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	1		
12:00	E	78	67	43	1	2	0	10	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1		
13:00	S	66	74	36	0	0	0	5	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	1		
13:00	E	77	73	65	1	2	0	12	2	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	1		
14:00	S	74	48	42	1	1	0	8	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0		
14:00	E	81	79	76	2	1	0	15	2	0	0	1	0	6	0	0	0	0	0	1		
15:00	S	73	58	44	1	2	0	7	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0		
15:00	E	88	88	81	3	2	0	10	3	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	1		
16:00	S	69	65	51	0	2	0	8	1	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0		
16:00	E	99	98	76	3	4	0	9	2	0	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0		
17:00	S	73	53	39	1	4	0	10	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1		
17:00	E	110	106	89	3	3	0	8	5	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0		
18:00	S	75	56	45	1	2	0	7	2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0		
18:00	E	103	117	65	2	4	0	5	4	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	1		
19:00	S	71	58	40	1	3	0	9	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0		
<b>TOTAL</b>		<b>1835</b>	<b>1684</b>	<b>1294</b>	<b>32</b>	<b>49</b>	<b>0</b>	<b>180</b>	<b>50</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>0</b>	<b>98</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>5</b>		
		<b>A</b>	<b>4813</b>	<b>B</b>		<b>81</b>														<b>C</b>	<b>340</b>	<b>12</b>



### UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ INGENIERIA DE CIENCIAS PURAS INGENIERIA CIVIL

### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA "	N° CARRILES	: 2
TRAMO DE LA VIA	: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	: SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	: Dist: Puno, Prov: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	: 2
FECHA	: Sabado 28 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	: 2

HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL	CAMIONETAS		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR	
			PICK UP	RURAL	B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado
07:00	E	125	112	91	3	3	0	12	5	0	0	1	0	9	0	0	0	0	1	1
08:00	S	63	73	76	1	1	0	4	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
08:00	E	109	109	84	4	4	0	14	7	0	0	2	0	7	0	0	0	0	1	0
09:00	S	69	62	69	1	1	0	6	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0
09:00	E	119	108	95	3	5	0	9	5	0	0	1	0	8	0	0	0	0	0	0
10:00	S	71	78	64	1	0	0	3	1	0	0	1	0	5	0	0	0	0	0	1
10:00	E	112	113	87	2	3	0	7	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
11:00	S	59	81	69	2	0	0	2	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	1
11:00	E	109	99	79	2	2	0	6	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
12:00	S	65	48	62	1	1	0	4	2	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	1
12:00	E	100	106	82	3	2	0	3	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1
13:00	S	77	49	69	1	1	0	3	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
13:00	E	99	104	99	1	1	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
14:00	S	63	63	62	1	1	0	3	2	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0
14:00	E	103	85	86	2	2	0	4	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1
15:00	S	73	65	75	1	2	0	9	2	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
15:00	E	87	79	74	2	2	0	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
16:00	S	84	77	94	2	3	0	7	3	0	0	2	0	4	0	0	0	0	0	1
16:00	E	76	85	75	1	2	0	2	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17:00	S	94	89	101	2	3	0	6	3	0	0	1	0	3	0	0	0	0	1	0
17:00	E	88	75	68	1	4	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
18:00	S	89	84	106	2	4	0	5	5	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0
18:00	E	75	59	77	1	2	0	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	0
19:00	S	103	98	87	2	5	0	4	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>2112</b>	<b>2001</b>	<b>1931</b>	<b>42</b>	<b>54</b>	<b>0</b>	<b>120</b>	<b>62</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>0</b>	<b>86</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>9</b>
		<b>A</b>	<b>6044</b>		<b>B</b>		<b>96</b>								<b>C</b>		<b>282</b>		<b>20</b>	



### AFORO VEHICULAR PARA ESTUDIO DE TRAFICO

PROYECTO	: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"	N° CARRILES	:	2
TRAMO DE LA VIA	: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS - JR. 7 DE JUNIO	SEPARADOR CENTRAL	:	SI ( ) NO ( X )
UBICACIÓN	: Dist: Puno, Prov: Puno, Dep: Puno	N° DIRECCIONES	:	2
FECHA	: Domingo 29 Octubre del 2023	ESTACION CONTROL	:	2

HORA	SENTIDO	AUTOMOVIL	CAMIONETAS		BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				VEHICULO MENOR	
			PICK UP	RURAL	B2	B3-1	B4-1	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	Motorizado	No Motorizado
07:00	E	35	84	56	2	2	0	12	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
08:00	S	52	66	79	6	1	0	5	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0
08:00	E	46	95	53	1	2	0	10	2	0	0	2	0	3	0	0	0	0	1	1
09:00	S	66	78	96	4	1	0	7	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
09:00	E	41	89	64	2	0	0	14	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	1
10:00	S	75	99	98	3	1	0	4	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
10:00	E	45	84	71	1	0	0	10	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
11:00	S	88	110	111	2	0	0	3	4	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0
11:00	E	48	88	81	1	1	0	4	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1
12:00	S	94	117	116	2	0	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0
12:00	E	43	86	79	1	1	0	3	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
13:00	S	99	131	100	1	0	0	5	3	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0
13:00	E	60	113	80	1	1	0	2	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	1	1
14:00	S	63	81	83	2	1	0	4	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
14:00	E	57	107	99	3	2	0	6	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
15:00	S	53	73	78	2	2	0	8	2	0	0	1	0	3	0	0	0	0	0	0
15:00	E	66	117	106	2	1	0	8	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
16:00	S	46	92	69	1	3	0	2	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	1	0
16:00	E	58	123	118	4	1	0	10	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
17:00	S	51	86	60	2	4	0	3	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
17:00	E	48	132	121	2	1	0	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18:00	S	66	79	67	2	4	0	6	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1
18:00	E	57	119	53	1	1	0	9	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19:00	S	71	86	52	2	6	0	2	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1
<b>TOTAL</b>		<b>1428</b>	<b>2335</b>	<b>1990</b>	<b>50</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>145</b>	<b>56</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
		<b>A</b>	<b>5753</b>			<b>B</b>	<b>86</b>										<b>C</b>	<b>256</b>		<b>18</b>



### DISEÑO DE PAVIMENTOS

PROYECTO:	PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA *		
TRAMO:	E-1.2		
COD. ESTACIÓN:	E-1.2		
ESTACIÓN:	CARRETERA LONGITUDINAL DE LA SIERRA SUR		
	Factor de corrección Veh. Livianos	K <sub>c</sub>	0.9861
	Factor de corrección Veh. Pesados	K <sub>t</sub>	1.0626
AÑO DE ESTUDIO:	23		
TIEMPO DE ESTUDIO A LA EJECUCIÓN DE PROYECTO:	1 años		
TIPO DE PAVIMENTO:	PAVIMENTO RIGIDO		
UBICACIÓN:	COSTANERA SUR TRAMO I		
SENTIDO:	AMBOS		

DIA	AUTOMOVIL AC	CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMITRAYLERS			
		PICK UP (AP)	RURAL	B2	B4-1	C2	C3	T251	T253	T351	>>353		
LUNES	ENTRADA	1050	545	668	27	26	95	27	0	3	0	48	
	SALIDA	906	798	645	23	16	85	23	0	2	0	37	
	TOTAL	1956	1743	1313	50	42	180	50	0	5	0	85	
MARTES	ENTRADA	939	654	387	24	22	77	23	0	5	0	32	
	SALIDA	950	678	284	19	25	99	22	0	4	0	38	
	TOTAL	1889	1332	671	43	47	176	45	0	9	0	70	
MIÉRCOLES	ENTRADA	855	534	335	17	17	55	18	0	6	0	27	
	SALIDA	721	576	404	19	23	50	12	0	3	0	40	
	TOTAL	1576	1110	739	36	40	105	30	0	9	0	67	
JUEVES	ENTRADA	850	721	389	15	25	75	20	0	5	0	34	
	SALIDA	904	543	403	14	19	81	28	0	4	0	25	
	TOTAL	1754	1264	792	29	44	156	48	0	9	0	59	
VIERNES	ENTRADA	930	946	568	20	29	94	28	0	8	0	54	
	SALIDA	925	738	725	12	20	85	22	0	4	0	44	
	TOTAL	1855	1684	1294	32	49	180	50	0	12	0	98	
SABADO	ENTRADA	1202	1124	957	25	32	64	32	0	5	0	39	
	SALIDA	910	867	954	17	22	56	30	0	9	0	47	
	TOTAL	2112	2001	1931	42	54	120	62	0	14	0	86	
DOMINGO	ENTRADA	604	1237	981	21	13	94	29	0	3	0	24	
	SALIDA	824	1098	1009	29	23	51	27	0	7	0	21	
	TOTAL	1428	2335	1990	50	36	145	56	0	10	0	45	
IMDS	ENTRADA	918.6	881.6	617.9	21.3	23.4	75.1	25.3	0.0	5.0	0.0	36.9	
	SALIDA	874.3	756.9	625.3	19.0	21.1	72.6	23.4	0.0	4.7	0.0	36.0	
	TOTAL	1792.9	1638.4	1247.1	40.3	44.6	151.7	48.7	0.0	9.7	0.0	72.9	
IMDA	av circun. de ida	905.80	869.32	609.27	22.64	24.92	84.19	26.90	0.00	5.32	0.00	39.21	
	av circun. de vuelta	862.13	746.34	620.54	20.23	22.49	77.20	24.92	0.00	5.02	0.00	38.30	
	TOTAL	1767.9	1615.7	1229.8	42.9	47.4	161.4	51.8	0.0	10.3	0.0	77.5	
IMDA	2023	TOTAL DE VEHICULOS	1768	1616	1230	43	47	161	52	0	10	0	78

Tasa anual de crecimiento de Vehículos livianos	T <sub>c</sub>	2.47%
Tasa anual de crecimiento de Vehículos pesados	T <sub>c</sub>	2.36%
Tiempo que pasa del estudio de proyecto hasta la ejecución (años)	n	1

$$P_F = P_0(1 + T_c)^n$$

P<sub>F</sub> : Tráfico Final en vehículos  
P<sub>0</sub> : Tráfico Inicial (Año base) en vehículos  
T<sub>c</sub> : Crecimiento anual por tipo de vehículo  
n : año a estimarse

#### POBLACION FUTURA DE VEHICULOS

IMDA	2024	TOTAL DE VEHICULOS	1768	1616	1230	43	47	161	52	0	10	0	78
------	------	--------------------	------	------	------	----	----	-----	----	---	----	---	----



### CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

TIPO DE VEHICULO	MOA	TIPO		CARGA DE VEH. EJE	EJE EQUIVALENT E (E.E.&T.N)	P'IMDA	
		EJE	LLANTAS				
vehiculos ligeros	AUTOS	1766.0000	SEMIPLE	2	1	0.00458	0.711529
		1766.0000	SEMIPLE	2	1	0.00458	0.711529
	PICK UP	1616.0000	SEMIPLE	2	1	0.00458	0.705198
		1616.0000	SEMIPLE	2	1	0.00458	0.705198
RURAL	1220.0000	SEMIPLE	2	1	0.00458	0.536754	
	1220.0000	SEMIPLE	2	1	0.00458	0.536754	
OMNIBUS	B2	43.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	54.731870
		43.0000	SEMIPLE	4	11	3.334826	143.397030
	B4-1	47.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	56.623206
		47.0000	TANDEM	6	16	2.342740	110.120603
CAMION	C2	161.0000	SEMIPLE	2	7	1.265367	203.724047
		161.0000	SEMIPLE	4	11	3.334826	538.507030
	C3	50.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	66.187317
		50.0000	TANDEM	6	16	3.458304	178.676226
SEMI TRAILERS	T2S1	0.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	0.000000
		0.0000	SEMIPLE	4	11	3.334826	0.000000
		0.0000	TANDEM	6	16	3.458304	0.000000
		0.0000	TANDEM	12	25	13.287285	132.872845
	T2S3	0.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	0.000000
		0.0000	SEMIPLE	4	11	3.334826	33.348263
		10.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	12.728342
		10.0000	TANDEM	6	16	3.458304	132.872845
	T3S1	0.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	0.000000
		0.0000	SEMIPLE	4	11	3.334826	0.000000
		78.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	98.281906
		78.0000	TANDEM	6	16	3.458304	269.724344
>=3S3	78.0000	SEMIPLE	2	7	1.272834	98.281906	
	78.0000	TANDEM	6	16	3.458304	269.724344	

Tipo de Eje	Eje Equivalente (E.E.&T.N)
Eje Simple de ruedas simples (E.E.-)	E.E. = 1 P / 6.92'
Eje Simple de ruedas dobles (E.E.-)	E.E. = 1 P / 6.22'
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (E.E.-)	E.E. = 1 P / 16.8 P'
Eje Tandem (2 ejes de ruedas dobles) (E.E.-)	E.E. = 1 P / 16.8 P'
Eje Tandem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (E.E.-)	E.E. = 1 P / 20.7 P'
Eje Tandem (3 ejes de ruedas dobles) (E.E.-)	E.E. = 1 P / 21.6 P'

Cuadro 6.1 Factores de Distribución Direccional y de carril para Determinar el tránsito en el Carril de Diseño

Numero de Calzadas	Numero de sentidos	Numero de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor ponderado (Fca)
1 Calzada (para IMDA total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDA total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de carreteras, Subos, Geología, Geotecnia, Pavimentos

PAVIMENTO RIGIDO	
Días del Año	365
Factor Direccional (FD)	0.5
Factor Carril (FC)	0.8
Ima anual de crecimiento (i)	2.231 642353
Periodo de diseño (n')	20
Factor de crecimiento (Fca)	25.76
Nº de calzadas, sentidos y carriles por sentido	1 calzada, 2 sentidos, 2 carril por sentido

PARA ESTE CALCULO DE LA ESAL SE UTILIZO LAS FORMULAS DEL SIGUIENTE MANUAL.

$$ESAL = \sum(f * IMDA) * 365 * FD * FC * Fca$$

Numero de ejes equivalentes
2024
ESAL: 8,393,887.36
8.39E+06



# PROCESO DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO AASHTO 93



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELASQUEZ  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### 1.- OBJETIVOS

El objetivo del diseño de pavimentos, es contar con una estructura sostenible y económica que permita la circulación de los vehículos de una manera cómoda y segura, durante un periodo fijado por las condiciones de desarrollo.

### 2.- GENERALIDADES

Los dos métodos de diseño descritos en este Sistema de Diseño de Pavimentos de Concreto, el de la American Association of State Highways and Transportation Officials (AASHTO) y el de la Portland Cement Association (PCA) corresponden a los métodos de diseño de espesores de pavimentos más ampliamente usados a nivel mundial. Para nuestros fines se utilizara el método AASHTO 93 para diseño pavimentos rígidos.

### 3.- DISEÑO POR EL METODO AASHTO 93

Uno de los métodos mas utilizados y de mayor satisfacción a nivel internacional para el diseño de pavimentos rígidos, dado que es desarrollado en función a un método experimental.

#### 3.1.- VARIABLES DEL MÉTODO DE DISEÑO

Las variables que intervienen en el diseño de los pavimentos constituyen en realidad la base del diseño del pavimento por lo que es necesario conocer las consideraciones más importantes que tienen que ver con cada una de ellas para así poder realizar diseños confiables y óptimos al mismo tiempo.

#### Variables de diseño de Pavimentos Rígido.

##### ■ ESPESOR

Está representada por la variable "D" que es el valor que se pretende hallar para el diseño.

##### ■ SERVICIABILIDAD

La serviciabilidad de una estructura de pavimento, es la capacidad que tiene éste de servir al tipo y volumen de tránsito para el cual fue diseñado. La medida primaria de la serviciabilidad es el índice de Serviciabilidad Presente. El procedimiento de diseño AASHTO predice el porcentaje de pérdida de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes.

Tabla N° 01

SERVICIABILIDAD	
Índice de Servicio	Calificación
5	Excelente
4	Muy Bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

##### Serviciabilidad inicial.

Po = 4.5 Para pavimentos rígidos  
 Po = 4.2 Para pavimentos flexibles

##### Serviciabilidad final.

Pt = 2.5 Autopistas.  
 Pt = 2.0 Carreteras.  
 Pt = 1.8 Zonas industriales.  
 Pt = 1.8 Pavimentación urbana principal.  
 Pt = 1.5 Pavimentación urbana secundaria.

Serviciabilidad inicial (Po) = 4.5 (Pavimento de C°)  
 Serviciabilidad final (Pt) = 1.8 (via sin mucho tráfico)  
 Diferencia de serviciabilidad ( $\Delta PSI$ ) = 2.7



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



### MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

#### MODULO DE RUPTURA DEL CONCRETO

El modulo de ruptura del concreto se define como la resistencia del concreto a tension critica que genera grietas en el concreto, esta relacionada con la resistencia a compresion del concreto, asumiendose un porcentaje de este ultimo.

⇒  $S'c = 32\sqrt{f'c}$       Concreto a Utilizar       $f'c = 210$       Kg/cm<sup>2</sup>

⇒  $S'c = 463.72$       Psi

TIPO DE PAVIMENTO	S'c RECOMENDADO (Psi)
Autopistas	682.7
Carretera	682.7
Zonas Industriales	640.1
Urbanos principales	640.1
Urbanos Secundarios	597.4

#### MODULO DE REACCION DE LA SUB RASANTE

El valor de soporte de la subrasante o de la subbase, fue introducido por Westergard y se designa por "K".

El modulo de reacción "K" expresa la resistencia del suelo de la subrasante a ser penetrado por efecto de la flexion de losas que se mide por la relacion entre la Presion unitaria y el hundimiento que experimentan.

Existen diferentes metodos para calcularlo, la Asociación del Cemento Portland, señala las siguientes relaciones para su calculo.

$$K = 2.55 + 52.5 \log CBR \dots\dots\dots CBR \leq 10$$

$$K = 46 + 9.08 (\log CBR)^{4.34} \dots\dots\dots CBR > 10$$

AV. COSTANERA SUR TRAMO II

Según Estudio de Suelos  
: CBR = 58.70 %

#### AV. COSTANERA SUR TRAMO II

$K = 2.55 + 52.5(\log CBR)$  ,Si CBR < 10      95.40 Mpa/m      ...Usar form. siguiente  
 $K = 46 + 9.08 (\log CBR)^{4.34}$  ,Si CBR > 10      153.85 Mpa/m      ...Usar esta formula

Convertiendo a Pci, Tenemos

#### AV. COSTANERA SUR TRAMO II

$K = 153.85$  Mpa/m       $K = 153.85 \times (145.0377 \text{ psi} \times 2.54 / 100 \text{ pulg})$   
 **$K = 566.7941$  Pci**



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### ☛ COEFICIENTE DE DRENAJE

Es un parámetro que se requiere y es muy importante tomar en consideración este aspecto, por el hecho de castigar a aquellas estructuras que no tengan un drenaje adecuado y las estructuras que tengan un drenaje adecuado favorecen la estructura ya que representan una disminución del espesor.

A continuación se muestra la calidad de drenaje para remover la humedad interna del pavimento establecido por la AASHTO, definiendo lo siguiente

CALIDAD DEL DRENAJE	AGUA REMOVIDA EN
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Pobre	1 mes
Malo	agua no dreña

Se muestra también el porcentaje del tiempo a lo largo de un año, en el cual la estructura del pavimento pueda estar expuesta a niveles de humedad próximos a la saturación.

Calidad del Drenaje	Porcentaje de Tiempo al cual está Expuesta la Estructura del Pavimento a Niveles de Humedad Próxima a la Saturación			
	Menor a 1%	1 – 5%	5 – 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy Pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Para este proyecto se considera que la calidad de drenaje sea bueno eso implica que el agua se removerá en 1 día de acuerdo a lo establecido anteriormente, además se considera que la estructura estará sometida a niveles de humedad próximos a la saturación mayor del 25% por lo tanto se asumirá:

### ☛ CONFIABILIDAD

Este valor se refiere al grado de seguridad ó veracidad de que el diseño de la estructura de un pavimento, puede llegar al fin de su período de diseño en buenas condiciones. La tabla mostrada a continuación muestra los niveles de confiabilidad recomendables para clasificaciones diferentes

Tabla 03. Clasificación de Niveles de Confiabilidad.

Clasificación Funcional	Nivel recomendado de confiabilidad	
	Urbano	Rural
Autopistas	85.5 – 99.9	80 – 99.9
Arterías principales	80 – 99	75 – 95
Colectores de Tránsito	80 – 95	75 – 95
Carreteras Locales	50 – 80	50 – 80

DESVIACION ESTANDAR (Zr)

Confiabilidad R (%)	Desviac. Estan. (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Dado que la zona del proyecto corresponde a pavimentos urbanos secundarios, se asigna valores de Confiabilidad y Desviación Estándar Normal siguientes:

R = 50.00 %  
Zr = 0.00 %



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### ERROR ESTANDAR COMBINADO

Se recomienda utilizar los valores comprendidos dentro de los intervalos siguientes:

Tabla 05. Error estándar Combinado.

VARIACION EN LA PREDICCIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO	DESVIACION ESTANDAR	
	RIGIDO	FLEXIBLE
Sin Errores de Transito	0.25	0.35
Con errores de transito	0.35	0.45

**$S_o = 0.35$**

### TRAFICO ESAL's

La metodología AASHTO considera a la vida útil del pavimento al número de repeticiones de carga que podrá soportar el pavimento antes de llegar a las condiciones de servicio final predeterminadas para la vía.

El método AASHTO usa en su formulación el número de repeticiones de carga de ejes equivalentes, que consiste en la transformación de pesos normales de los vehículos a ejes sencillos de 18 kips ( 8.2 ton) el cual es conocida como el ESA'L.

### TRAFICO ESAL's

calculado en el estudio de trafico se tiene el siguiente cuadro de resumen

CALLES	ESAL `s
AV. COSTANERA SUR TRAMO II	<b>8,393,887.36</b>

### FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO (r).

El factor de crecimiento del tráfico es un parámetro que considera en el diseño de pavimentos, los años de periodo de diseño más un número de años adicionales debidos al crecimiento propio de la vía.

CASO	TASA DE CRECIMIENTO
Crecimiento Normal	1% al 3%
Vias complet. saturadas	0% al 1%
Con trafico inducido	4% al 5%
Alto crecimiento	mayor al 5%

**$r = 3\%$**

### PERÍODO DE DISEÑO (Pd).

El presente trabajo considera un período de diseño de 20 años. (Recomendable)

**$P_d = 20.00$**

### FACTOR DE SENTIDO (Fs).

Del total del tráfico que se estima para el diseño del pavimento deberá determinarse el correspondiente a cada sentido de circulación

CIRCULACION	FACTOR
un sentido	0.8
Doble sentido	0.5

**$F_s = 0.50$**



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### FACTOR CARRIL (Fc).

Es un coeficiente que permite estimar que tanto el tráfico circula por el carril de diseño.

No CARRIL	FACTOR CARRIL		
1	1.00		
2	0.80	a	1.00
3	0.60	a	0.80
4	0.50	a	0.75
<b>Fc =</b>		<b>0.75</b>	

### FACTOR DE EQUIVALENCIA DE TRÁFICO.

Formulas que permiten convertir el número de pesos normales a ejes equivalentes los que dependen del espesor del pavimento, de la carga del eje, del tipo del eje y de la serviciabilidad final que se pretende para el pavimento.

### CONFIABILIDAD:

Se denomina confiabilidad (R%) a la probabilidad de que un pavimento desarrolle su función durante su vida útil en condiciones adecuadas para su operación. También se puede entender a la confiabilidad como un factor de seguridad, de ahí que su uso se debe al mejor de los criterios.

TIPO DE PAVIMENTO	CONFIABILID.
Autopistas	90%
Carreteras	75%
Rurales	65%
Zonas industriales	60%
Urbanas principales	55%
Urbanas secundarias	50%

**R (%) = 55.00**

### DESVIACION ESTANDAR (Zr)

Confiabilidad R (%)	Desviac. Estan. (Zr)
50	0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

### DESVIACIÓN ESTANDAR( Zr).

Es función de los niveles seleccionados de confiabilidad.

**Zr = -0.25**

### ERROR ESTÁNDAR COMBINADO (So):

AASHTO propuso los siguientes valores para seleccionar la Variabilidad o Error Estándar Combinado So, cuyo valor recomendado es:

Para pavimentos rígidos	0.30 – 0.40
En construcción nueva	0.35
En sobre capas	0.4

**So = 0.35**



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI):

La serviciabilidad se define como la habilidad del pavimento de servir al tipo de tráfico (autos y camiones) que circulan en la vía. La medida primaria de la serviciabilidad es el Índice de Serviciabilidad Presente. El procedimiento de diseño AASHTO predice el porcentaje de pérdida de serviciabilidad ( $\Delta$  PSI) para varios niveles de tráfico y cargas de ejes.

Como el índice de serviciabilidad final de un pavimento es el valor más bajo de deterioro a que puede llegar el mismo, se sugiere que para carreteras de primer orden (de mayor tránsito) este valor sea de 2.5 y para vías menos importantes sea de 2.0; para el valor del índice de serviciabilidad inicial la AASHTO llegó a un valor de 4.5 para pavimentos de concreto y 4.2 para pavimentos de asfalto.

INDICE DE SERVICIO	CALIFICACION
5	Excelente
4	Muy bueno
3	Bueno
2	Regular
1	Malo
0	Intransitable

Entonces:

$$P_o = 4.5$$

$$P_t = 1.8$$

$$\Delta \text{ PSI} = P_o - P_t$$

$$\Delta \text{ PSI} = 2.70$$

### MÓDULO DE RUPTURA (MR)

Es una propiedad del concreto que influye notablemente en el diseño de pavimentos rígidos de concreto. Debido a que los pavimentos de concreto trabajan principalmente a flexión, es recomendable que su especificación de resistencia sea acorde con ello, por eso el diseño considera la resistencia del concreto trabajando a flexión, que se le conoce como resistencia a la flexión por tensión ( $S'c$ ) ó módulo de ruptura (MR) normalmente especificada a los 28 días

Concreto a Utilizar

$$F'c = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$S'c = 32(F'c)^{1/2}$$

TIPO DE PAVIMENTO	$S'c$ RECOMENDADO Psi
Autopistas	682.70
Carretera	682.70
Zonas Industriales	640.10
Urbanos principales	640.10
Urbanos Secundarios	597.40

$$S'c = 463.72 \text{ Psi}$$

### DRENAJE (Cd)

Calidad de Drenaje	% de tiempo del año en que el pavimento está expuesto a niveles de saturación			
	Menor a 1%	1% a 5%	5% a 25%	Mayor a 25%
Excelente	1.25 – 1.20	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10
Bueno	1.20 – 1.15	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00
Regular	1.15 – 1.10	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90
Pobre	1.10 – 1.00	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80
Muy pobre	1.00 – 0.90	0.90 – 0.80	0.80 – 0.70	0.70

Para el caso los materiales a ser usados tiene una calidad regular de drenaje y esta expuesto en un 30% durante un año normal de precipitaciones.

$$C_d = 0.90$$



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J).

Es la capacidad que tiene la losa de transmitir fuerzas cortantes a las losas adyacentes, lo que repercute en minimizar las deformaciones y los esfuerzos en las estructuras del pavimento, mientras mejor sea la transferencia de carga mejor será el comportamiento de las losas.

Este concepto depende de los siguientes factores:

- Cantidad de Tráfico.
- Utilización de pasajuntas.
- Soporte lateral de las Losas.

La AASTHO recomienda un valor de 3.1 para pavimentos rígidos

$$J = 3.10$$

### MODULO DE ELASTICIDAD DEL CONCRETO (Ec).

Se denomina Módulo de elasticidad del concreto a la tracción, a la capacidad que obedece la ley de Hooke, es decir, la relación de la tensión unitaria a la deformación unitaria. Se determina por la Norma ASTM C469. Sin embargo en caso de no disponer de los ensayos experimentales para su cálculo existen varios criterios con los que pueda estimarse ya sea a partir del Módulo de Ruptura, o de la resistencia a la compresión a la que será diseñada la mezcla del concreto.

Las relaciones de mayor uso para su determinación son:

$$f'c = \text{Resistencia a la compresión del concreto (Kg/cm}^2\text{)} = 210 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 5500 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En MPa)}$$

$$Ec = 17000 \times (f'c)^{1/2} \text{ (En Kg/cm}^2\text{)}$$

$$Ec = 1700 \times (210)^{1/2}$$

$$Ec = 246,353.40 \text{ Kg/cm}^2$$

$$Ec = 3,503,968.23 \text{ Psi}$$

### MODULO DE REACCION DE LA SUB RASANTE (K)

Se han propuestos algunas correlaciones de " K " a partir de datos de datos de CBR de diseño de la Sub Rasante, siendo una de las más aceptadas por ASSHTO las expresiones siguientes:

$$K = 2.55 + 52.5(\text{Log CBR}) \quad \text{Mpa/m} \rightarrow \text{CBR} \leq 10$$

$$K = 46.0 + 9.08(\text{Log CBR})^{4.34} \quad \text{Mpa/m} \rightarrow \text{CBR} > 10$$

$$\text{CBR sub rasante} = 58.70 \%$$

$$K = 153.85$$

Según estudio realizado Laboratorio de Mecánica de suelo de la MPP

Convirtiendo a Pci (Psi/pulg)

$$K = 153.85 \times (145.0377 \text{ psi} \times 2.54 / 100 \text{ pulg})$$

$$K = 566.79 \text{ Pci}$$



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



## MEMORIA DE CÁLCULO DEL ESPESOR ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO RÍGIDO

**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE LA VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### ESPESOR DE ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

Según la formula General AASHTO:

$$\text{Log}_{10}(W18) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \text{Log}_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}\right]$$

Haciendo tanteos de espesor hasta que (Ec. I) Sea aproximadamente Igual a ( Ec. II):

**D = 9.35 in**

**Ecuacion N° 01**

**7.073 ... Ec. I**

**Ecuacion N° 02**

$$7.35 \times \text{Log}_{10}(D+1) - 0.06 + \frac{\text{Log}_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1 + \frac{1.624 \times 10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times Pt) \times \text{Log}_{10}\left[\frac{S'c \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J \times (D^{0.75} - \frac{18.42}{(Ec/k)^{0.25}})}\right] =$$

**7.073 ... Ec. II**

Espesor de la Losa de Concreto

**D = 7.07 Pulgadas**

Espesor de la Losa de Concreto

**D = 17.97 Cm**

Espesor de la Losa de Concreto Hidraulico Adoptado por proceso constructivo y durabilidad.

**D = 20.00 Cm**



## DISEÑO DE ESPESOR DE PAVIMENTO RÍGIDO MÉTODO AASHTO - 93 COSTANERA SUR TRAMO II

PROYECTO: "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

TRAMO DE LA VIA: TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.

ELABORADO: BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### DATOS DEL PROYECTO

☀	PERIODO DE DISEÑO	20.00 años
☀	TASA DE CRECIMIENTO	3.00 %
☀	FACTOR DE SENTIDO	0.50 ----
☀	FACTOR CARRIL	0.75 ----
☀	SUELO DE FUNDACION: CBR DE DISEÑO:	58.70 %

### DATOS DE DISEÑO

☀	TRAFICO (ESAL's)	8,393,887.36	----
☀	INDICE DE SERVICIALIDAD INICIAL ( $P_o$ )	4.50	----
☀	INDICE DE SERVICIALIDAD FINAL ( $P_t$ )	1.80	----
☀	MODULO DE RUPTURA ( $S'c$ )	463.72	Psi
☀	MODULO DE ELASTICIDAD ( $E_c$ )	3,503,968.23	Psi
☀	RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE (K)	566.79 Pci	Psi/ pulg
☀	COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE CARGA (J)	3.10	----
☀	COEFICIENTE DE DRENAJE (Cd)	0.90	----
☀	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	55.00	----
☀	DESVIACION ESTANDAR NORMAL (Zr)	-0.25	----
☀	ERROR ESTANDAR COMBINADO (So)	0.35	----

### DISEÑO DE ESPESORES DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO

SUB RASANTE MEJORADA (Según Estudio de Suelos)	20.00	cm
SUB BASE GRANULAR (Según Estudio de Suelos)	22.50	cm
LOSA DE CONCRETO (Calculado)	17.97	cm
<b>LOSA DE CONCRETO (Adoptado)</b>	<b>20.00</b>	<b>cm</b>



# PROCESO DE DISEÑO PAVIMENTO RIGIDO PCA



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO - MÉTODO PCA

### I) DATOS DE DISEÑO

#### ► COMPOSICIÓN DEL TRÁFICO

VEHÍCULOS	LUNES	MARTES	MIÉRCOLES	JUEVES	VIERNES	SÁBADO	DOMINGO	(TPDS)
AC	1,956	1,889	1,576	1,754	1,835	2,112	1,428	1,793
AP	3,056	2,003	1,849	2,056	2,978	3,932	4,325	2,886
B2	50	43	36	29	32	42	50	40
B4-1	42	47	40	44	49	54	36	45
C2	180	176	105	156	180	120	145	152
C3	50	45	30	48	50	62	56	49
T2S3	5	9	9	9	12	14	10	10
T3S2	85	70	67	59	98	86	45	73

**TPD** **5,046** Veh/día

#### ► DATOS

Tránsito Promedio Diario	TPD	5,046.29	Veh/día
Tasa de Crecimiento	r	3.00	%
Período de Diseño	t	20.00	Años
CBR de Subrasante	CBR	58.70	%
Ancho de Carril	b	6.80	m

Factor de Seguridad de Carga **F.S.C.** 1.20 ← **Para Tránsito Pesado**

Resistencia a la Compresión del Concreto **f<sub>c</sub>** **210** kg/cm<sup>2</sup>

Juntas Con Pasadores: **NO**

Berma de Concreto: **NO**



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERIA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERIA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## II) SOLUCIÓN

### 1 CÁLCULO DEL NÚMERO ACUMULADO DE EJES:

N° Carriles **4 Carriles (2 en cada Dirección)**

Factor Dirección	45%
Factor Distribución	90%

Tipo de Vehículo	N° Veh/día	N° EJES / DÍA						
		EJES SIMPLES					EJES TÁNDEM	
		1 Tn	7 Tn	11 Tn	7.67 Tn	8.33 Tn	16 Tn	18 Tn
AC	1,793	3,586	0	0	0	0	0	0
AP	2,886	5,771	0	0	0	0	0	0
B2	40	0	40	40	0	0	0	0
B4-1	45	0	89	0	0	0	45	0
C2	152	0	152	152	0	0	0	0
C3	49	0	49	0	0	0	0	49
T2S3	10	0	10	10	0	29	0	0
T3S2	73	0	73	0	0	0	0	146
<b>Σ Ejes/día</b>		<b>9,357</b>	<b>412</b>	<b>202</b>	<b>0</b>	<b>29</b>	<b>45</b>	<b>194</b>

N° Ejes/año	3,415,253	150,536	73,626	0	10,637	16,269	70,966
Factor Dirección	45.00%	45.00%	45.00%	45.00%	45.00%	45.00%	45.00%
Factor Distribución	90.00%	90.00%	90.00%	90.00%	90.00%	90.00%	90.00%
Factor de Crecimiento	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87	26.87
<b>N° TOTAL DE EJES</b>	<b>37,166,494.91</b>	<b>1,638,212.94</b>	<b>801,231.96</b>	<b>0.00</b>	<b>115,758.72</b>	<b>177,042.76</b>	<b>772,292.28</b>



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERIA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERIA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

#### 4 DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO EQUIVALENTE:

BERMA DE CONCRETO  NO

ESPESOR DE TANTEO:  mm

Esfuerzo Equivalente (Ejes Simples)  ítem 8

Esfuerzo Equivalente (Ejes Tándem)  ítem 11

Espesor de Losa (mm)	ESFUERZO EQUIVALENTE							
	Ejes Simples				Ejes Tándem			
	K combinado (Mpa/m)				K combinado (Mpa/m)			
	20	40	60	80	20	40	60	80
100	5.42	4.75	4.38	4.13	4.39	3.83	3.59	3.44
110	4.74	4.16	3.85	3.63	3.88	3.35	3.12	2.97
120	4.19	3.69	3.41	3.23	3.47	2.98	2.75	2.62
130	3.75	3.30	3.06	2.89	3.14	2.68	2.46	2.33
140	3.37	2.97	2.76	2.61	2.87	2.43	2.23	2.10
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.64	2.23	2.04	1.92
160	2.79	2.47	2.29	2.17	2.45	2.06	1.87	1.76
170	2.56	2.26	2.10	1.99	2.28	1.91	1.74	1.63
180	2.37	2.09	1.94	1.84	2.14	1.79	1.62	1.51
190	2.19	1.94	1.80	1.71	2.01	1.67	1.51	1.41
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.90	1.58	1.42	1.33
210	1.91	1.68	1.56	1.48	1.79	1.49	1.34	1.25
220	1.79	1.57	1.46	1.39	1.70	1.41	1.27	1.18
230	1.68	1.48	1.38	1.31	1.62	1.34	1.21	1.12
240	1.58	1.39	1.30	1.23	1.55	1.28	1.15	1.06
250	1.49	1.32	1.22	1.16	1.48	1.22	1.09	1.01
260	1.41	1.25	1.16	1.10	1.41	1.17	1.05	0.97
270	1.34	1.18	1.10	1.04	1.36	1.12	1.00	0.93
280	1.28	1.12	1.04	0.99	1.30	1.07	0.96	0.89
290	1.22	1.07	0.99	0.94	1.25	1.03	0.92	0.85
300	1.16	1.02	0.95	0.90	1.21	0.99	0.89	0.82
310	1.11	0.97	0.90	0.86	1.16	0.96	0.86	0.79
320	1.06	0.93	0.86	0.82	1.12	0.92	0.83	0.76
330	1.02	0.89	0.83	0.78	1.09	0.89	0.80	0.74
340	0.98	0.85	0.79	0.75	1.05	0.86	0.77	0.71
350	0.94	0.82	0.76	0.72	1.02	0.84	0.75	0.69

Tabla 6.5



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERIA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERIA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## 5 DETERMINACIÓN DEL FACTOR DE EROSIÓN:

BERMA DE CONCRETO	NO
JUNTAS CON PASADORES	NO

ESPESOR DE TANTEO:  mm

Factor de Erosión (Ejes Simples)  ítem 10

Factor de Erosión (Ejes Tándem)  ítem 13

Espesor de Losa (mm)	FACTORES DE EROSION							
	Ejes Simples				Ejes Tándem			
	K combinado (Mpa/m)				K combinado (Mpa/m)			
	20	40	60	80	20	40	60	80
100	3.94	3.92	3.90	3.88	4.00	3.93	3.90	3.88
110	3.82	3.79	3.78	3.76	3.90	3.82	3.79	3.76
120	3.71	3.68	3.67	3.65	3.81	3.73	3.69	3.66
130	3.61	3.58	3.56	3.55	3.73	3.65	3.60	3.57
140	3.52	3.49	3.47	3.46	3.66	3.57	3.52	3.49
150	3.43	3.40	3.38	3.37	3.59	3.50	3.45	3.42
160	3.35	3.32	3.30	3.29	3.53	3.43	3.38	3.35
170	3.28	3.24	3.22	3.21	3.48	3.37	3.32	3.28
180	3.21	3.17	3.15	3.14	3.42	3.32	3.26	3.23
190	3.15	3.11	3.08	3.07	3.37	3.27	3.21	3.17
200	3.09	3.04	3.02	3.01	3.33	3.22	3.16	3.12
210	3.04	2.99	2.96	2.95	3.28	3.17	3.11	3.07
220	2.98	2.93	2.90	2.89	3.24	3.13	3.07	3.03
230	2.93	2.88	2.85	2.83	3.20	3.09	3.03	2.98
240	2.89	2.83	2.80	2.78	3.16	3.05	2.99	2.94
250	2.84	2.78	2.75	2.73	3.13	3.01	2.95	2.91
260	2.80	2.73	2.70	2.69	3.09	2.98	2.91	2.87
270	2.76	2.69	2.66	2.64	3.06	2.94	2.88	2.83
280	2.72	2.65	2.62	2.60	3.03	2.91	2.84	2.80
290	2.68	2.61	2.58	2.56	3.00	2.88	2.81	2.77
300	2.65	2.57	2.54	2.52	2.97	2.85	2.78	2.74
310	2.61	2.54	2.50	2.48	2.94	2.82	2.75	2.71
320	2.58	2.50	2.47	2.44	2.91	2.79	2.72	2.68
330	2.55	2.47	2.43	2.41	2.89	2.77	2.70	2.65
340	2.52	2.44	2.40	2.37	2.86	2.74	2.67	2.62
350	2.49	2.41	2.37	2.34	2.84	2.71	2.65	2.60

Tabla 6.8

## 6 DETALLE DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO





**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PÚRAS  
INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR. 7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**CÁLCULO DEL ESPESOR DEL PAVIMENTO**

ESPESOR DE TANTEO:  mm      JUNTAS CON PASADORES:

K COMBINADO:  MPa/m      BERMA DE CONCRETO:

MÓDULO DE ROTURA (Mr):  MPa      PERÍODO DISEÑO:

FACTOR DE SEGURIDAD DE CARGA (F.S.C.):

Carga Por Eje (Tn/kN)	Multiplicado Por F.S.C. (kN)	Repeticiones Esperadas	Análisis de Fatiga		Análisis de Erosión	
			Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Fatiga (%)	Repeticiones Admisibles	Porcentaje de Erosión (%)
1	2	3	4	5	6	7
8	Esfuerzo Equivalente			<input type="text" value="0.83"/>		
9	Factor de Relación de Esfuerzos			<input type="text" value="0.18"/>		
10	Factor de Erosión			<input type="text" value="2.62"/>		

**EJES SENCILLOS**

(1)	10	12	37,166,494.91	Ilimitado		Ilimitado	
(7)	70	84	1,638,212.94	Ilimitado		Ilimitado	
(11)	110	132	801,231.96	Ilimitado		17,600,000	4.55%
(7.67)	77	92	0.00	Ilimitado		Ilimitado	
(8.33)	83	100	115,758.72	Ilimitado		Ilimitado	

11	Esfuerzo Equivalente	<input type="text" value="0.58"/>
12	Factor de Relación de Esfuerzos	<input type="text" value="0.13"/>
13	Factor de Erosión	<input type="text" value="2.69"/>

**EJES TÁNDEM**

(16)	160	192	177,042.76	Ilimitado		Ilimitado	
(18)	180	216	772,292.28	Ilimitado		Ilimitado	

Ok      TOTAL 0.00%      TOTAL 4.55%

Losa de Concreto  $f'_c = 210 \text{ kg/cm}^3$

Capa Granular

SUBRASANTE



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CERDEIRO VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

*Reglamento Nacional de Vehículos*

Tipo Vehículo	TREN DE CARGAS	CARGA POR EJE EN (kN)		
		Ejes Simples	Ejes Dobles	Ejes Triples
<b>AC</b>		20.00 kN		
<b>AP</b>		20.00 kN		
<b>C2</b>		180.00 kN		
<b>C3</b>		70.00 kN	180.00 kN	
<b>C4</b>		70.00 kN		230.00 kN
<b>8x4</b>		140.00 kN	180.00 kN	
<b>T2S1</b>		290.00 kN		
<b>T2S2</b>		180.00 kN	180.00 kN	



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

*Reglamento Nacional de Vehículos*

Tipo Vehículo	TREN DE CARGAS	CARGA POR EJE EN (kN)		
		Ejes Simples	Ejes Dobles	Ejes Triples
<b>T2Se2</b>		400.00 kN		
<b>T2S3</b>		180.00 kN		250.00 kN
<b>T2Se3</b>		290.00 kN	180.00 kN	
<b>T3S1</b>		180.00 kN	180.00 kN	
<b>T3S2</b>		70.00 kN	360.00 kN	
<b>T3Se2</b>		290.00 kN	180.00 kN	
<b>T3S3</b>		70.00 kN	180.00 kN	250.00 kN
<b>T3Se3</b>		180.00 kN	360.00 kN	



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

*Reglamento Nacional de Vehículos*

Tipo Vehículo	TREN DE CARGAS	CARGA POR EJE EN (kN)		
		Ejes Simples	Ejes Dobles	Ejes Triples
<b>C2R2</b>		400.00 kN		
<b>C2R3</b>		290.00 kN	180.00 kN	
<b>C3R2</b>		290.00 kN	180.00 kN	
<b>C3R3</b>		180.00 kN	360.00 kN	
<b>C3R4</b>		70.00 kN	540.00 kN	
<b>C4R2</b>		290.00 kN		230.00 kN
<b>C4R3</b>		180.00 kN	180.00 kN	230.00 kN
<b>8x4R2</b>		360.00 kN	180.00 kN	



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

*Reglamento Nacional de Vehículos*

Tipo Vehículo	TREN DE CARGAS	CARGA POR EJE EN (kN)		
		Ejes Simples	Ejes Dobles	Ejes Triples
<b>8x4R3</b>		250.00 kN	182.00 kN	
<b>8x4R4</b>		140.00 kN	540.00 kN	
<b>C2RB1</b>		290.00 kN		
<b>C2RB2</b>		180.00 kN	180.00 kN	
<b>C3RB1</b>		180.00 kN	180.00 kN	
<b>C3RB2</b>		70.00 kN	360.00 kN	
<b>C4RB1</b>		180.00 kN		230.00 kN



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

## FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

*Reglamento Nacional de Vehículos*

Tipo Vehículo	TREN DE CARGAS	CARGA POR EJE EN (kN)		
		Ejes Simples	Ejes Dobles	Ejes Triples
<b>C4RB2</b>		70.00 kN	180.00 kN	230.00 kN
<b>8x4 RB1</b>		250.00 kN	180.00 kN	
<b>8x4 RB2</b>		140.00 kN	360.00 kN	
<b>T3S2 S2</b>		70.00 kN	540.00 kN	
<b>T3Se2 Se2</b>		510.00 kN	180.00 kN	
<b>T3S2 S1S2</b>		180.00 kN	540.00 kN	
<b>T3Se2 S1Se2</b>		620.00 kN	180.00 kN	



**UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"  
**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.  
**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### FACTORES DE EQUIVALENCIA DE CARGA

*Reglamento Nacional de Vehículos*

Tipo Vehículo	TREN DE CARGAS	CARGA POR EJE EN (kN)		
		Ejes Simples	Ejes Dobles	Ejes Triples
<b>B2</b>		180.00 kN		
<b>B3-1</b>		70.00 kN	160.00 kN	
<b>B4-1</b>		140.00 kN	160.00 kN	
<b>BA-1</b>		250.00 kN		



### UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERÍA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

#### ESFUERZO EQUIVALENTE

Tabla 43

Espesor de Losa (cm)	BERMA DE CONCRETO								NO
	ESFUERZO EQUIVALENTE								
	(Eje Simple)				(Eje Doble)				
	K combinado (Mpa/m)								
	20	40	60	80	20	40	60	80	
100	6.62	4.75	4.08	4.12	4.08	4.02	3.99	3.44	
110	6.74	4.45	3.85	3.82	3.82	3.72	3.72	3.27	
120	4.19	3.69	3.41	3.23	3.47	2.98	2.75	2.82	
130	3.75	3.53	3.36	2.89	3.14	3.08	3.06	2.53	
140	3.57	2.97	2.76	2.67	2.87	2.43	2.25	2.10	
150	3.06	2.70	2.51	2.37	2.64	2.23	2.06	1.92	
160	2.75	2.41	2.28	2.11	2.48	2.08	1.97	1.76	
170	2.56	2.26	2.16	1.99	2.28	1.91	1.74	1.63	
180	2.37	2.09	1.94	1.84	2.14	1.79	1.62	1.51	
190	2.19	1.94	1.80	1.71	2.07	1.67	1.51	1.41	
200	2.04	1.80	1.67	1.59	1.99	1.58	1.42	1.33	
210	1.91	1.68	1.56	1.46	1.79	1.48	1.34	1.25	
220	1.79	1.57	1.46	1.35	1.70	1.41	1.27	1.18	
230	1.69	1.48	1.38	1.31	1.62	1.34	1.21	1.12	
240	1.60	1.39	1.30	1.23	1.58	1.28	1.15	1.06	
250	1.49	1.32	1.20	1.14	1.48	1.22	1.09	1.01	
260	1.41	1.23	1.16	1.10	1.41	1.17	1.05	0.97	
270	1.34	1.16	1.10	1.06	1.36	1.12	1.00	0.93	
280	1.28	1.12	1.04	0.99	1.30	1.07	0.96	0.89	
290	1.22	1.07	0.98	0.96	1.25	1.03	0.92	0.85	
300	1.16	1.02	0.95	0.91	1.21	0.98	0.86	0.82	
310	1.11	0.97	0.90	0.86	1.16	0.96	0.86	0.79	
320	1.06	0.93	0.86	0.82	1.12	0.92	0.83	0.76	
330	1.02	0.89	0.83	0.79	1.08	0.88	0.80	0.74	
340	0.98	0.85	0.79	0.75	1.05	0.86	0.77	0.71	
350	0.94	0.82	0.76	0.72	1.02	0.84	0.75	0.69	

Tabla 44

Espesor de Losa (cm)	BERMA DE CONCRETO								SI
	ESFUERZO EQUIVALENTE								
	(Eje Simple)				(Eje Doble)				
	K combinado (Mpa/m)								
	20	40	60	80	20	40	60	80	
100	4.13	2.89	2.37	2.19	3.46	3.10	2.98	2.55	
110	3.48	2.52	2.39	2.13	3.07	2.71	2.55	2.17	
120	3.28	2.66	2.67	2.54	2.75	2.41	2.26	2.17	
130	2.85	2.60	2.61	2.29	2.40	2.17	2.02	1.94	
140	2.48	2.38	2.19	2.10	2.27	1.97	1.82	1.75	
150	2.44	2.15	2.00	1.96	2.05	1.80	1.67	1.60	
160	2.28	1.97	1.84	1.79	1.83	1.66	1.52	1.46	
170	2.08	1.82	1.70	1.62	1.79	1.54	1.42	1.35	
180	1.93	1.69	1.57	1.50	1.67	1.43	1.32	1.25	
190	1.77	1.57	1.46	1.40	1.52	1.34	1.23	1.17	
200	1.65	1.46	1.37	1.30	1.45	1.26	1.16	1.10	
210	1.55	1.37	1.30	1.22	1.40	1.19	1.09	1.03	
220	1.45	1.29	1.21	1.15	1.35	1.12	1.02	0.97	
230	1.37	1.21	1.13	1.08	1.26	1.07	0.96	0.92	
240	1.29	1.14	1.07	1.02	1.20	1.01	0.91	0.87	
250	1.22	1.08	1.01	0.97	1.14	0.97	0.86	0.83	
260	1.16	1.03	0.96	0.92	1.09	0.92	0.84	0.79	
270	1.10	0.98	0.91	0.87	1.04	0.88	0.81	0.76	
280	1.05	0.93	0.87	0.83	1.00	0.85	0.77	0.73	
290	1.00	0.88	0.83	0.79	0.96	0.81	0.74	0.70	
300	0.95	0.85	0.79	0.76	0.93	0.78	0.71	0.67	
310	0.91	0.81	0.76	0.72	0.89	0.75	0.69	0.64	
320	0.87	0.78	0.73	0.69	0.86	0.72	0.66	0.62	
330	0.84	0.74	0.70	0.67	0.83	0.70	0.64	0.60	
340	0.80	0.71	0.67	0.64	0.80	0.68	0.62	0.58	
350	0.77	0.69	0.64	0.61	0.78	0.66	0.60	0.56	



### UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ

INGENIERIA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERIA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

### FACTOR DE EROSION

Tabla 6.7

Espesor de Losa (mm)	BERMA DE CONCRETO JUNTAS CON PASADORES						NO	
	FACTORES DE EROSION						SI	
	(Eje Simple) K combinado (Mpa/m)			(Eje Tendido) K combinado (Mpa/m)				
20	40	60	80	20	40	60	80	
100	3.75	3.72	3.70	3.73	3.63	3.70	3.77	3.76
110	3.63	3.62	3.61	3.60	3.71	3.67	3.65	3.63
120	3.52	3.50	3.49	3.48	3.61	3.56	3.54	3.52
130	3.41	3.33	3.30	3.32	3.47	3.44	3.43	
140	3.31	3.30	3.29	3.28	3.43	3.38	3.35	3.33
150	3.22	3.21	3.20	3.19	3.38	3.33	3.27	3.25
160	3.14	3.12	3.11	3.10	3.28	3.22	3.19	3.17
170	3.06	3.04	3.03	3.02	3.22	3.16	3.12	3.10
180	2.99	2.92	2.90	2.89	3.16	3.09	3.05	3.03
190	2.92	2.80	2.88	2.87	3.10	3.03	2.99	2.97
200	2.85	2.82	2.82	2.81	3.05	2.97	2.94	2.91
210	2.75	2.71	2.75	2.74	2.98	2.90	2.86	2.84
220	2.73	2.71	2.69	2.68	2.96	2.87	2.83	2.80
230	2.67	2.65	2.64	2.63	2.90	2.82	2.78	2.75
240	2.62	2.60	2.58	2.57	2.86	2.78	2.73	2.71
250	2.57	2.54	2.53	2.52	2.82	2.73	2.69	2.66
260	2.52	2.49	2.48	2.47	2.78	2.69	2.65	2.62
270	2.47	2.44	2.43	2.42	2.74	2.65	2.61	2.58
280	2.42	2.40	2.38	2.37	2.71	2.62	2.57	2.54
290	2.38	2.35	2.34	2.33	2.67	2.58	2.53	2.50
300	2.34	2.31	2.30	2.29	2.64	2.55	2.50	2.48
310	2.29	2.27	2.25	2.24	2.61	2.51	2.46	2.43
320	2.25	2.23	2.21	2.20	2.58	2.48	2.43	2.40
330	2.21	2.19	2.17	2.16	2.55	2.45	2.40	2.36
340	2.18	2.15	2.14	2.13	2.52	2.42	2.37	2.33
350	2.14	2.11	2.10	2.09	2.49	2.38	2.34	2.30

Tabla 6.8

Espesor de Losa (mm)	BERMA DE CONCRETO JUNTAS CON PASADORES						NO	
	FACTORES DE EROSION						SI	
	(Eje Simple) K combinado (Mpa/m)			(Eje Tendido) K combinado (Mpa/m)				
20	40	60	80	20	40	60	80	
100	3.34	3.32	3.30	3.33	3.00	3.03	3.02	3.03
110	3.62	3.79	3.78	3.78	3.30	3.62	3.70	3.70
120	3.71	3.68	3.67	3.65	3.61	3.72	3.69	3.68
130	3.81	3.68	3.56	3.55	3.55	3.73	3.65	3.57
140	3.52	3.49	3.47	3.46	3.46	3.65	3.57	3.52
150	3.43	3.40	3.38	3.37	3.38	3.55	3.45	3.42
160	3.35	3.32	3.30	3.29	3.33	3.43	3.36	3.35
170	3.25	3.24	3.22	3.21	3.48	3.37	3.32	3.30
180	3.24	3.22	3.21	3.20	3.42	3.32	3.26	3.23
190	3.13	3.11	3.08	3.07	3.37	3.27	3.21	3.17
200	3.00	3.01	3.02	3.01	3.32	3.22	3.16	3.12
210	3.64	3.59	3.56	3.55	3.26	3.17	3.11	3.07
220	2.88	2.83	2.80	2.80	3.24	3.13	3.07	3.03
230	2.93	2.88	2.84	2.83	3.20	3.09	3.03	2.99
240	2.89	2.83	2.80	2.79	3.15	3.05	2.99	2.94
250	2.84	2.78	2.75	2.74	3.13	3.01	2.95	2.91
260	2.80	2.73	2.70	2.69	3.10	2.98	2.91	2.87
270	2.75	2.69	2.66	2.64	3.06	2.94	2.86	2.83
280	2.72	2.65	2.62	2.60	3.03	2.91	2.84	2.80
290	2.69	2.61	2.58	2.56	3.00	2.88	2.81	2.77
300	2.65	2.57	2.54	2.52	2.97	2.85	2.78	2.74
310	2.61	2.54	2.50	2.48	2.94	2.82	2.75	2.71
320	2.58	2.50	2.47	2.46	2.91	2.79	2.72	2.68
330	2.55	2.47	2.43	2.41	2.89	2.77	2.70	2.65
340	2.52	2.44	2.40	2.37	2.86	2.74	2.67	2.62
350	2.49	2.41	2.37	2.34	2.84	2.71	2.65	2.60

Tabla 6.9

Espesor de Losa (mm)	BERMA DE CONCRETO JUNTAS CON PASADORES						NO	
	FACTORES DE EROSION						SI	
	(Eje Simple) K combinado (Mpa/m)			(Eje Tendido) K combinado (Mpa/m)				
20	40	60	80	20	40	60	80	
100	3.27	3.24	3.22	3.21	3.25	3.17	3.14	3.12
110	3.35	3.32	3.30	3.28	3.36	3.07	3.05	3.00
120	3.05	3.03	3.00	2.98	3.08	3.08	3.05	3.00
130	2.95	2.92	2.89	2.88	3.07	2.98	2.95	2.91
140	2.87	2.82	2.80	2.79	2.99	2.97	2.97	2.94
150	2.75	2.74	2.72	2.71	2.88	2.77	2.71	2.67
160	2.71	2.66	2.64	2.62	2.82	2.71	2.65	2.60
170	2.64	2.59	2.57	2.55	2.77	2.66	2.59	2.55
180	2.57	2.52	2.50	2.48	2.72	2.60	2.54	2.49
190	2.51	2.45	2.43	2.41	2.67	2.56	2.49	2.44
200	2.45	2.40	2.37	2.35	2.63	2.51	2.44	2.40
210	2.39	2.34	2.31	2.29	2.58	2.47	2.40	2.35
220	2.34	2.29	2.26	2.24	2.54	2.43	2.36	2.31
230	2.29	2.23	2.21	2.19	2.50	2.39	2.32	2.27
240	2.24	2.18	2.15	2.13	2.46	2.35	2.28	2.23
250	2.19	2.14	2.11	2.09	2.43	2.31	2.24	2.20
260	2.15	2.09	2.06	2.04	2.38	2.27	2.19	2.15
270	2.10	2.05	2.02	2.00	2.34	2.24	2.15	2.13
280	2.06	2.01	1.98	1.96	2.32	2.21	2.14	2.10
290	2.02	1.97	1.93	1.91	2.28	2.18	2.11	2.06
300	1.98	1.93	1.90	1.87	2.24	2.15	2.08	2.03
310	1.93	1.89	1.86	1.84	2.22	2.12	2.05	2.01
320	1.89	1.85	1.82	1.80	2.20	2.09	2.02	1.98
330	1.87	1.82	1.78	1.76	2.17	2.06	2.00	1.95
340	1.84	1.78	1.75	1.73	2.15	2.04	1.97	1.92
350	1.81	1.75	1.72	1.69	2.12	2.01	1.95	1.90

Tabla 6.10

Espesor de Losa (mm)	BERMA DE CONCRETO JUNTAS CON PASADORES						NO	
	FACTORES DE EROSION						SI	
	(Eje Simple) K combinado (Mpa/m)			(Eje Tendido) K combinado (Mpa/m)				
20	40	60	80	20	40	60	80	
100	3.49	3.41	3.39	3.38	3.45	3.30	3.25	3.21
110	3.34	3.30	3.28	3.27	3.36	3.27	3.22	3.20
120	3.24	3.20	3.19	3.18	3.26	3.18	3.15	3.11
130	3.15	3.11	3.08	3.07	3.21	3.11	3.09	3.02
140	3.07	3.02	3.00	2.98	3.15	3.04	2.98	2.95
150	2.99	2.94	2.92	2.90	3.09	2.95	2.90	2.85
160	2.91	2.87	2.84	2.83	3.04	2.92	2.86	2.82
170	2.83	2.80	2.77	2.76	2.99	2.87	2.81	2.77
180	2.75	2.73	2.71	2.69	2.94	2.82	2.76	2.71
190	2.73	2.67	2.64	2.63	2.90	2.77	2.71	2.67
200	2.67	2.61	2.58	2.57	2.86	2.73	2.67	2.62
210	2.62	2.56	2.53	2.51	2.82	2.69	2.63	2.58
220	2.57	2.51	2.48	2.46	2.78	2.66	2.59	2.54
230	2.52	2.46	2.43	2.41	2.75	2.62	2.55	2.50
240	2.47	2.41	2.38	2.36	2.72	2.59	2.52	2.47
250	2.42	2.37	2.34	2.32	2.69	2.55	2.48	2.43
260	2.39	2.33	2.30	2.27	2.66	2.52	2.45	2.40
270	2.35	2.29	2.25	2.23	2.63	2.49	2.42	2.37
280	2.31	2.25	2.21	2.19	2.60	2.47	2.39	2.34
290	2.28	2.21	2.17	2.15	2.55	2.42	2.34	2.32
300	2.24	2.17	2.14	2.12	2.51	2.41	2.34	2.29
310	2.21	2.14	2.10	2.08	2.47	2.38	2.31	2.26
320	2.18	2.11	2.07	2.05	2.43	2.34	2.27	2.21
330	2.15	2.07	2.04	2.01	2.40	2.31	2.24	2.19
340	2.12	2.04	2.01	1.98	2.36	2.26	2.21	2.15
350	2.09	2.01	1.97	1.95	2.34	2.23	2.17	2.12



**UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CACERES VELASQUEZ**  
INGENIERIA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERIA CIVIL



**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

**REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGA - FATIGA**

BERMA DE CONCRETO	SI o NO
FRE	0.18

FRE: Factor de Relación de Esfuerzos

Carga de Ep Base (kN)	Factor de Relación de Esfuerzos	Repeticiones Admisibles
70	0.18	Indefinido

0.54	4,000,000
0.56	1,500,000
0.58	804,000
0.60	350,000
0.65	90,000
0.70	23,000
0.75	7,000
0.80	3,000
0.85	800
0.90	170

0.18	Indefinido
0.24	10,000,000
0.25	3,000,000
0.26	1,700,000
0.27	750,000
0.28	450,000
0.29	250,000
0.40	250,000
0.42	90,000
0.44	37,000
0.48	18,000
0.48	5,500
0.50	4,000
0.52	3,000
0.54	850
0.55	400
0.58	190
0.60	100

0.18	Indefinido
0.50	5,000,000
0.51	900,000
0.54	270,000
0.56	150,000
0.58	110,000
0.60	80,000
0.65	19,000
0.70	4,500
0.75	1,000
0.80	290

0.18	Indefinido
0.45	4,000,000
0.48	1,000,000
0.50	600,000
0.52	350,000
0.54	150,000
0.56	80,000
0.58	35,000
0.60	20,000
0.65	4,700
0.70	550
0.75	230

BERMA DE CONCRETO	SI o NO
FRE	0.13

FRE: Factor de Relación de Esfuerzos

Carga de Ep Tandem (kN)	Factor de Relación de Esfuerzos	Repeticiones Admisibles
100	0.13	Indefinido

0.40	4,000,000
0.50	1,000,000
0.52	350,000
0.54	180,000
0.56	110,000
0.58	60,000
0.60	35,000
0.65	9,000
0.70	22,000
0.75	470
0.80	110

0.13	Indefinido
0.42	4,000,000
0.44	1,000,000
0.46	370,000
0.48	180,000
0.50	100,000
0.52	50,000
0.54	27,000
0.56	14,000
0.58	7,500
0.60	4,500
0.65	900
0.70	180

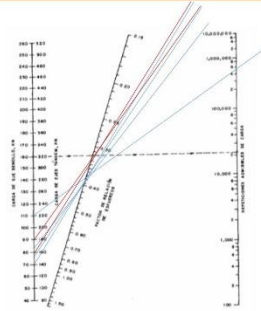


Figura 6.3 - Análisis de carga-Repetición de carga admisible con base en el factor de relación de esfuerzos (con y sin bermas de concreto).



### UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

INGENIERÍA DE CIENCIAS PURAS  
INGENIERÍA CIVIL

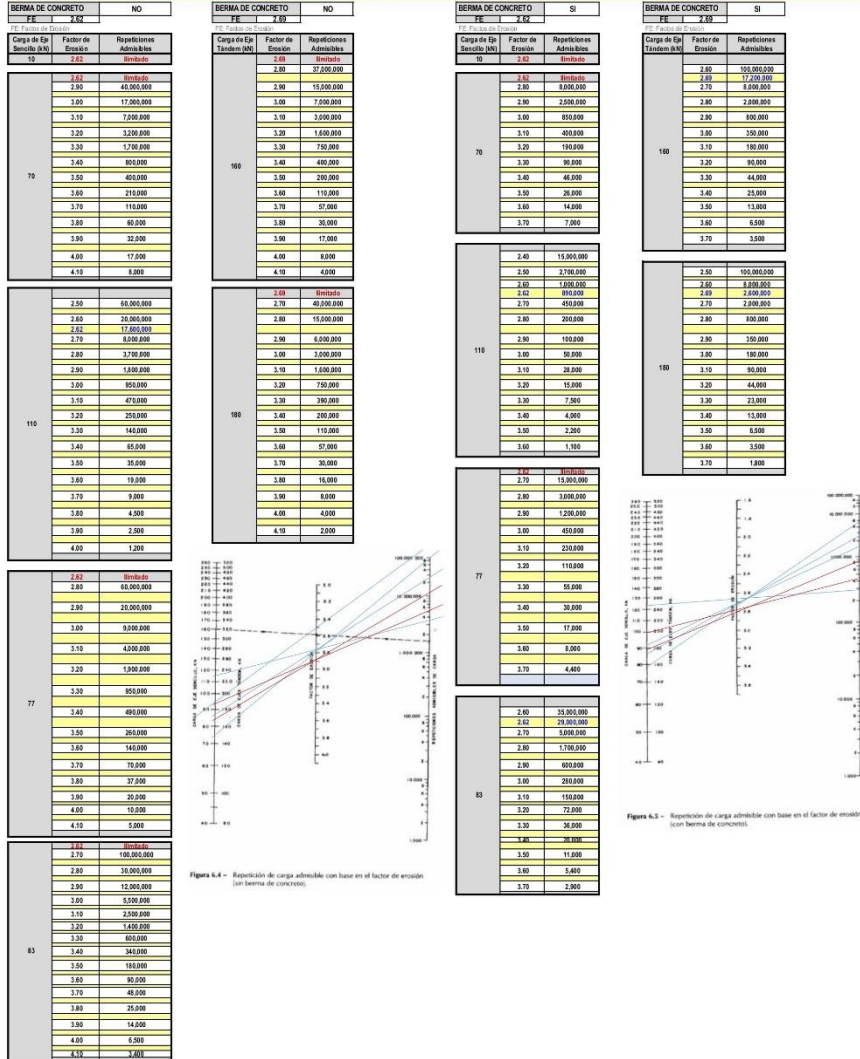


**PROYECTO:** "PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA"

**TRAMO DE VIA:** TRAMO II CONFORMADO POR EL JR. MIGUEL IGLESIAS, JR.7 DE JUNIO.

**ELABORADO:** BACH. LUIS LUPACA MANSILLA

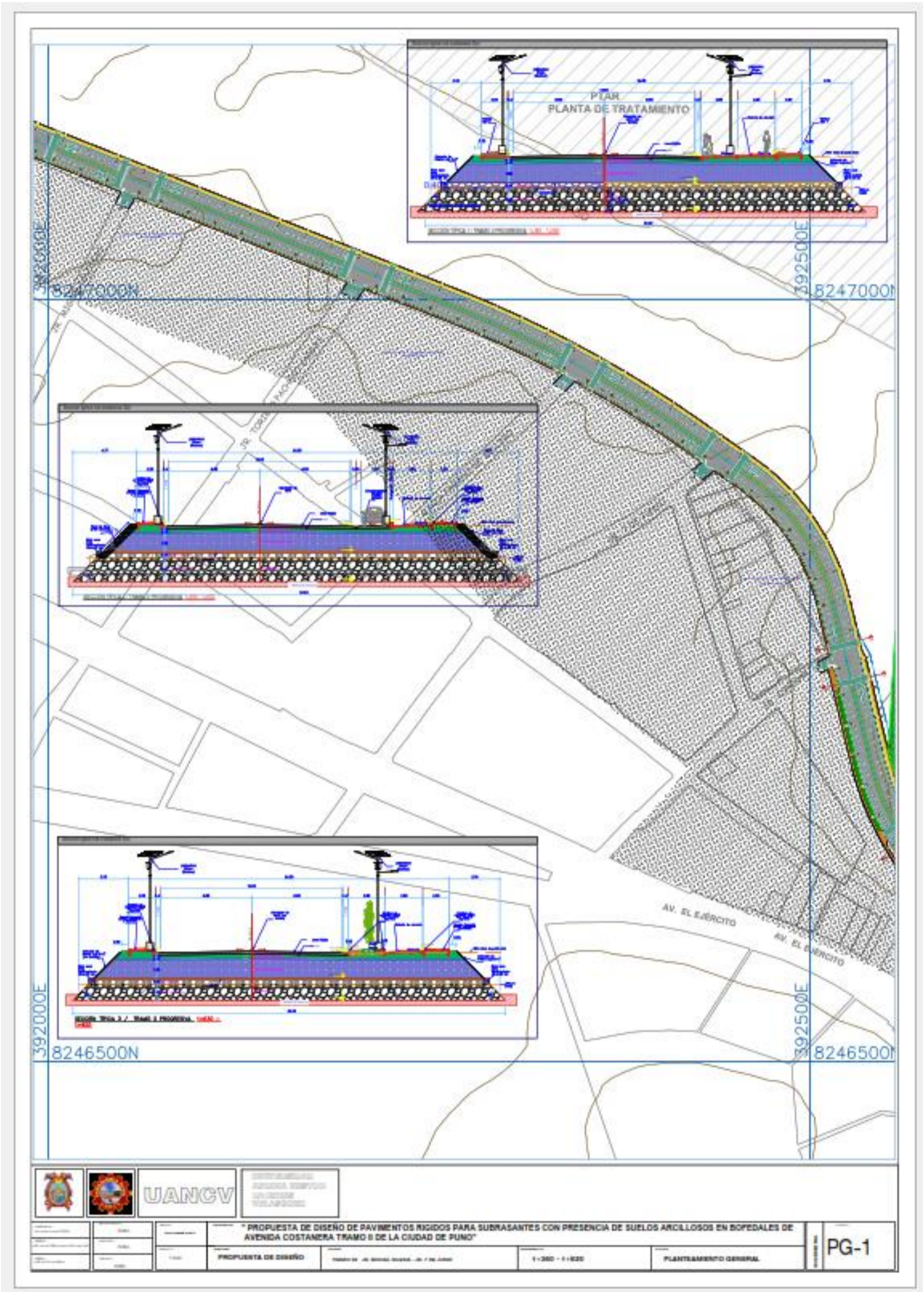
#### REPETICIONES ADMISIBLES DE CARGA - EROSION







- PLANIMETRIAGENERAL

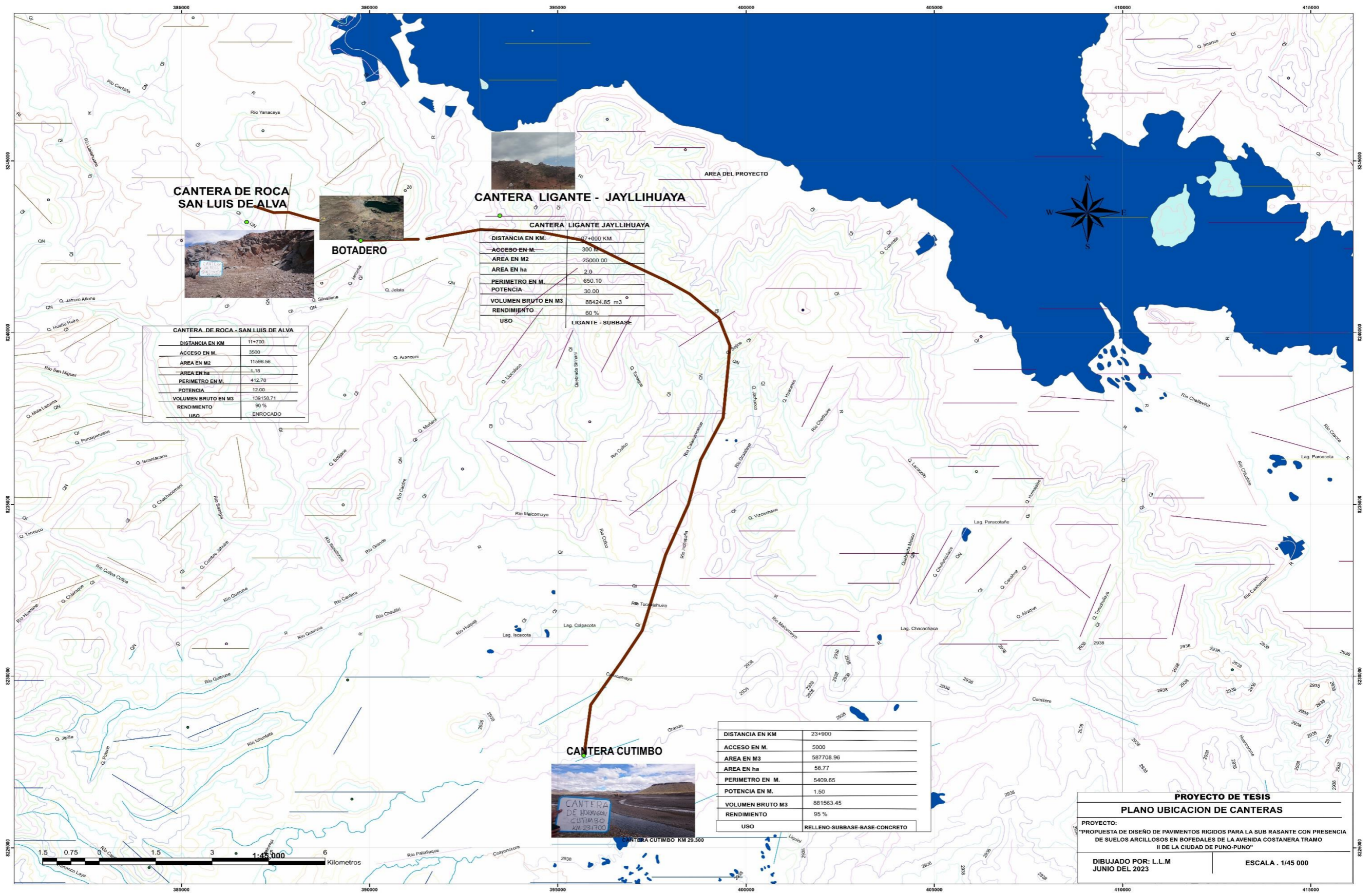


**UANCV**  
 INSTITUCIÓN  
 EDUCATIVA SUPERIOR  
 UNIÓN  
 PERUANA

"PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RIGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOPEDALES DE AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO"				PG-1
PROPUESTA DE DISEÑO	TITULO DE LA TESIS	1-380 - 1-920	PLANTAMIENTO GENERAL	



### UBICACIÓN DE CANTERAS



**ANEXO 4. GLOSARIO DE FÓRMULAS**

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_0 + 7.35 * \log_{10}(D + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} * (\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5})}{1 + \frac{1.624 * 10^6}{(D + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * p_t) * \log_{10}(\frac{S'_c * C_d * (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * (D^{0.75} - \frac{18.42}{(\frac{E_c}{K})^{0.25}})})$$

Dónde:

$W_{18}$  = El número proyectado de ejes equivalentes a 18 kip a lo largo del periodo de diseño.

$Z_R$  = Desviación estándar normal.

$S_0$  = Error estándar combinado, que considera tanto la predicción del tránsito como las variaciones en el comportamiento esperado del pavimento

$D$  = Espesor del pavimento de concreto, expresado en pulgadas

$\Delta PSI$  = Diferencia entre los índices de serviciabilidad inicial y final.

$S'_c$  = módulo de rotura para concreto de cemento Portland en psi.

$J$  = coeficiente de transmisión de carga en las juntas

$C_d$  = coeficiente de drenaje

$E_c$  = módulo de elasticidad del concreto, expresado Mpa

$K$  = módulo de reacción de la subrasante, dado en (Pci)

**El  $W_{18}$  se puede obtener del ADT de acuerdo a la siguiente ecuación**

$$W_{18} = ESAL_{D,0} * G * D * L * 365 * Y$$

Dónde:

$$ESAL_{D,0} = ADT_0 * T * T_f$$

$T$ : porcentaje de camiones en el ADT

$T_f$ : factor camión o número de ESAL por camión

$ADT_0$ : Tráfico diario promedio al inicio del periodo de diseño

$ESAL_{D,0}$ : Número promedio de ejes equivalentes por día al inicio del periodo de diseño

$G$ : Tasa de crecimiento

$L$ : factor de líneas de tráfico

$D$ : factor de distribución direccional, en donde se considera el valor de 1 para un solo sentido y de 0.5 para 2.

$Y$ : periodo de diseño en años

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

$IP$ : Índice de plasticidad

$LL$ : Límite líquido

$LP$ : Límite plástico



$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Donde:

$\rho_m$ : densidad húmeda de la muestra compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

$M_t$ : muestra húmeda en molde (kg)

$M_{md}$ : muestra en molde de compactación (kg)

V: volumen del molde (m<sup>3</sup>)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{W}{100}}$$

Donde:

$\rho_d$ : densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)

W: contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en } \frac{\text{ldf}}{\text{pie}^3}$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en kN/m}^3$$

Donde:

$\gamma_d$ : peso unitario seco del espécimen compactado

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

Donde:

$W_{sat}$ : contenido de agua para una saturación completa (%)

$\gamma_w$ : peso unitario del agua 9.807 Kn/m<sup>3</sup>

$G_s$ : gravedad específica del suelo

### VALOR FINAL DE SERVICIABILIDAD RECOMENDADO

El módulo de rotura del concreto (S<sub>c</sub>), calculado como S<sub>c</sub> = 8 a 10 √f<sub>c</sub>, se relaciona con la resistencia a compresión utilizada en el diseño. El coeficiente de transferencia de carga (J), que evalúa la transmisión de esfuerzos entre losas, depende de los pasadores: J=3.2 con barras y J=4.2 sin ellas. Además, el coeficiente de drenaje (Cd) se ajusta según la precipitación local, asegurando la funcionalidad y durabilidad del pavimento proyectado.

ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 31/12/24

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LUIS LUPACA MANSILLA

Dirección: Jr. Amancaes Mz. V lt 8 Alto Puno - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 73311277

Teléfono: 950018293 email: luislupacamansilla99@gmail.com

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

Dirección: \_\_\_\_\_

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

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

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO CIVIL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: PROPUESTA DE DISEÑO DE PAVIMENTOS RÍGIDOS PARA SUBRASANTES CON PRESENCIA DE SUELOS ARCILLOSOS EN BOFEDALES DE LA AVENIDA COSTANERA TRAMO II DE LA CIUDAD DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Diseño de pavimentos, subrasante, bofedales, AASHTO 93 y PCA

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

1, 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  Título  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

## 3. Licencias:

### a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

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

### b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo

### Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN – P17

Firma de Autor



huella digital

Juliaca 21 de Diciembre del 2024

Fecha