



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



**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE
MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA
CARRETERA JULIACA – LAMPA – 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

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

JULIACA – PERÚ

2024



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO
FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE
MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA
CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

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

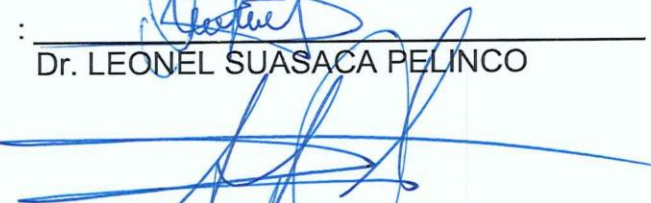
APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE

: 

Dr. LEONEL SUASACA PELINCO

PRIMER MIEMBRO

: 

Mgtr. ARNALDO YANA TORRES

SEGUNDO MIEMBRO

: 

Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

ASESOR DE TESIS

: 

Dr. RONALD MADERA TERAN

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

: **TECNOLOGÍA DE LA CONSTRUCCIÓN - P17**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 126-2024-D-FICP-UANCV**

Juliaca, 22 de abril de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 032-2024-D-EPIC-FICP-UANCV-J** del Director de la Escuela Profesional de **Ingeniero Civil** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y Resolución Decanal N°007-2024 de fecha 05 de marzo de 2024 sobre la aprobación del Informe Final del trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023**; y el trámite solicitado por el Bachiller en **Ingeniero Civil** y;

CONSIDERANDO:

Que, el Bachiller: **DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE**; ha solicitado fecha y hora para efectuar la sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023**, para rendir el examen de sustentación del trabajo de Investigación (tesis) y optar el Título Profesional de **Ingeniería Civil**, y;

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

| | | |
|----------------------|---|--|
| * Presidente | : | Dr. LEONEL SUASACA PELINCO |
| * 1er Miembro | : | Mgtr. ARNALDO YANA TORRES |
| * 2do Miembro | : | Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES |
| * Asesor | : | Dr. RONALD MADERA TERAN |

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: **DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE**; rendirá el Examen de Sustentación del Informe Final del Trabajo de Investigación (tesis) titulado **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023**, para optar el Título Profesional de **Ingeniería Civil** de acuerdo al siguiente detalle:

| | | |
|----------------|---|-------------------------------|
| * FECHA | : | miércoles 24 de abril de 2024 |
| * HORA | : | 09:00 |
| * LUGAR | : | Aula 306 - 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 **Ingeniero Civil**, quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCAY
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531C.c. Arch. 2024
Interesado
Escuela Profesional



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 007-2024-D-FICP-UANCV

Juliaca, 05 de marzo de 2024

VISTOS:

El **INFORME N° 002-2024-D-UI-FICP.UANCV**, del Director Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Ingeniería Civil, **INFORME N° 177-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del Presidente del Sub Comité de Evaluación de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, **RESOLUCIÓN DECANAL N° 1135-2023-D-FICP-UANCV** que aprueba el Proyecto de Investigación el **18 de octubre de 2023** y el acta de revisión y calificación del Trabajo de Investigación (tesis) de fecha **26 de diciembre de 2023** para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE**, ha presentado su Trabajo de Investigación (tesis) Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

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. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, el Sub Comité de evaluación ha aprobado en su integridad el Trabajo de Investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

Que, la Oficina de Investigación ha aprobado con el Dictamen N° 484-2023, la originalidad del trabajo de investigación (tesis) titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

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: **DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

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 **Dr. RONALD MADERA TERAN**.

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,



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

[Signature]
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

[Signature]
Dr. EFRAIN PAILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc.
archivo 2024
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1135-2023-D-FICP-UANCV

Juliaca, 18 de octubre 2023

VISTOS:

El, **INFORME N° 665-2023-D-UI-FICP.UANCV** del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, **INFORME DE OPINIÓN TÉCNICA N° 200-2023-UI-CI-EPIC-FICP-UANCV** del responsable del Comité de Investigación, la **opinión técnica N° 113-2023-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 **10 de octubre de 2023**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, con el tema titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bachiller: **DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE**, ha presentado su Proyecto de Investigación Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023**, 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. LEONEL SUASACA PELINCO**
- * **1er Miembro** : **Mgtr. ARNALDO YANA TORRES**
- * **2do Miembro** : **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

Que, la sub comisión de evaluación ha concluido aprobar sin observación el Proyecto de Investigación titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023**, 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: **DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Civil**, con el Tema Titulado: **ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023.**

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, **Dr. RONALD MADERA TERAN.**

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. MLTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

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



Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
SECRETARIO ACADÉMICO
CIP. 95531

cc.
archivo 2023
interesado (a)



ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA – LAMPA – 2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

23%

INDICE DE SIMILITUD

21%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

11%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

| | | |
|----------|---|---------------|
| 1 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante | 6% |
| 2 | hdl.handle.net Fuente de Internet | 5% |
| 3 | repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 4 | repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet | 2% |
| 5 | pirhua.udep.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 6 | repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet | 1% |
| 7 | repositorio.upt.edu.pe Fuente de Internet | <1% |
| 8 | repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet | <1% |




Metadatos Complementarios - UANCV



| Título de la tesis | |
|--|---|
| ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023 | |
| Datos de autor | |
| Nombres y apellidos | Daniel Gustavo Caceres Quispe |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 76840064 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0009-0006-4782-5925 |
| Datos de asesor | |
| Nombres y apellidos | Ronald Madera Teran |
| Tipo de documento de identidad | DNI |
| Número de documento de identidad | 02429150 |
| URL de ORCID | https://orcid.org/0000-0002-7818-4511 |
| Datos del jurado | |
| Presidente del jurado | |
| Nombres y apellidos | Leonel Suasaca Pelinco |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 40865558 |
| Miembro del jurado 1 | |
| Nombres y apellidos | Arnaldo Yana Torres |
| Tipo de documento | DNI |
| Número de documento de identidad | 41414676 |
| Miembro del jurado 2 | |
| Nombres y apellidos | Franz Joseph Barahona Perales |
| Tipo de documento | DNI |



| | |
|--|--|
| Número de documento de identidad | 02442876 |
| Datos de investigación | |
| Línea de investigación | Tecnología de la construcción - P17 |
| Grupo de investigación | No aplica. |
| Agencia de financiamiento | Sin financiamiento |
| Ubicación geográfica de la investigación | <p>País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Calle: Av. Ferrocarril con Av. Aviación Latitud: 15°29'07.2"S Longitud: 70°09'12.0"O</p> <p>URL Maps: https://maps.app.goo.gl/Lz5oGXpAcszXnDBz6</p>  |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación | Septiembre 2023 - Diciembre 2023 |
| URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería | <p>Ingeniería civil https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.01</p> <p>Ingeniería de la construcción https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.01.03</p> |

UNIVERSIDAD NESTOR CERDESUSOQUEZ
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

DIRECTOR

Dr. Efraín Parilla Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE, identificado con DNI Nro. 76840064 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA CIVIL

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

"ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023"

Asesorado por: Dr. RONALD MADERA TERAN

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 02 de SEPTIEMBRE del 2024

ASESOR: Dr. Ronald Madera Teran

DNI: 02429150

FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A Dios, ante todo, por la bendición de tener a mi familia estando en mi día a día, por gozar de buena salud, por guiar mis pasos, por brindarme esa fortaleza y las ganas de salir adelante.

A mis padres, Delfin Caceres y Brenda Quispe, a quienes les debo mucho en mi vida, estaré agradecido por la dedicación y apoyo que impusieron en mi para ser un hombre de bien.

A mis hermanos, Kayler y Liam, dejarles una huella e inculcarlos a ser mejores que yo.

A mi novia, por darme el apoyo e incentivación a aspirar mejores objetivos y no conformarse cuando los haya alcanzado.



AGRADECIMIENTO

En las siguientes líneas queremos agradecer a todas las personas que formaron parte de la realización de la presente investigación.

En primer lugar, agradecer a mi asesor dr. Ing. Ronald madera teran, por su constante orientación, guía y enseñanzas dejadas durante la realización de esta investigación.

Agradecer también al ing. Midward benavente quispe por brindar su vasta línea de conocimientos durante la realización de la presente investigación.

Agradecer a la universidad andina néstor CÁCERES VELÁSQUEZ alma mater donde egrese y donde me inculcaron valores, moral y conocimientos para emplearlos en nuestra realidad en que vivimos



ÍNDICE GENERAL

| | Pág. |
|-------------------------|------|
| DEDICATORIA..... | i |
| AGRADECIMIENTO..... | ii |
| ÍNDICE GENERAL | iii |
| ÍNDICE DE TABLAS | vi |
| ÍNDICE DE FIGURAS | viii |
| RESUMEN..... | x |
| ABSTRACT..... | xi |
| INTRODUCCIÓN..... | xii |

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

| | | |
|-------|---|----|
| 1.1 | Análisis de la situación problemática | 15 |
| 1.2 | Planteamiento del problema..... | 16 |
| 1.2.1 | Problema general..... | 18 |
| 1.2.2 | Problemas específicos | 18 |
| 1.3 | Objetivos de la investigación..... | 19 |
| 1.3.1 | Objetivo general | 19 |
| 1.3.2 | Objetivos específicos | 19 |
| 1.4 | Justificación de la investigación | 20 |
| 1.4.1 | Justificación técnica | 20 |
| 1.4.2 | Justificación practica | 20 |
| 1.4.3 | Justificación metodológica | 20 |
| 1.4.4 | Justificación social..... | 21 |
| 1.5 | Hipótesis de la investigación | 21 |
| 1.5.1 | Hipótesis general..... | 21 |



| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 1.5.2 | Hipótesis específicas | 21 |
| 1.6 | Variables e indicadores | 22 |
| 1.6.1 | Variable de interés | 22 |
| 1.6.2 | Variable de caracterización..... | 22 |
| 1.7 | Operacionalización de variables | 23 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | | |
|-------|---|----|
| 2.1 | Antecedentes de la investigación..... | 25 |
| 2.1.1 | Antecedentes internacionales..... | 25 |
| 2.1.2 | Antecedentes nacionales..... | 27 |
| 2.1.3 | Antecedentes regionales..... | 29 |
| 2.2 | Marco teórico | 31 |
| 2.2.1 | Condicion del pavimento..... | 31 |
| 2.2.2 | Nivel de serviciabilidad del pavimento flexible | 33 |
| 2.2.3 | Rugosímetro de Merlin..... | 34 |
| 2.2.4 | Viga de Benkelman | 35 |
| 2.3 | Marco conceptual | 37 |

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

| | | |
|-------|--|----|
| 3.1 | Diseño de la investigación..... | 41 |
| 3.2 | Método de la investigación..... | 41 |
| 3.3 | Tipo de investigación..... | 42 |
| 3.4 | Población y muestra de la investigación..... | 42 |
| 3.4.1 | Población..... | 42 |
| 3.4.2 | Muestra..... | 42 |
| 3.5 | Técnicas e instrumentos..... | 43 |



| | | |
|-------|--|----|
| 3.6 | Validación y confiabilidad del instrumento | 43 |
| 3.6.1 | Validación de los instrumentos | 43 |
| 3.6.2 | Confiabilidad de instrumentos..... | 44 |
| 3.7 | Procedimiento de recolección de datos | 44 |
| 3.7.1 | Desarrollo de la investigación | 44 |
| 3.7.2 | Ensayos en laboratorio | 45 |
| 3.8 | Procesamiento y análisis de datos..... | 76 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|------------------------------|--|------------|
| 4.1 | Presentación y análisis de resultados..... | 77 |
| 4.1.1 | Rugosidad promedio del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000 (nivel de servicialidad)..... | 77 |
| 4.1.2 | Deflexión en el pavimento de la vía Juliaca – Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000 | 83 |
| 4.2 | Discusión de resultados | 103 |
| CONCLUSIONES..... | | 107 |
| RECOMENDACIONES | | 109 |
| REFERENCIAS | | 111 |
| ANEXOS | | 119 |



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables.....23

Tabla 2 Índice de serviciabilidad.....34

Tabla 3 Muestras seleccionadas para el ensayo del Rugosímetro de Merlin47

Tabla 4 Factores de distribución carril66

Tabla 5 Relación del ESAL y el volumen de transito66

Tabla 6 Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y Radio de curvatura68

Tabla 7 Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones.....68

Tabla 8 Distancias para ensayos.....70

Tabla 9 Índice de servicialidad PSI77

Tabla 10 Índice de servicialidad psi, p. 0+000 hasta 0+20078

Tabla 11 Índice de servicialidad psi, p. 0+200 hasta 0+40078

Tabla 12 Índice de serviciabilidad psi, p. 2.000 hasta 2+20079

Tabla 13 Índice de serviciabilidad psi, p. 2+500 hasta 2+70079

Tabla 14 Índice de serviciabilidad psi, p. 2+700 hasta 2+90080

Tabla 15 Índice de serviciabilidad psi, p. 2+900 hasta 3+10080

Tabla 16 Índice de serviciabilidad psi, p. 3+100 hasta 3+30081

Tabla 17 Índice de serviciabilidad psi, p. 3+300 hasta 3+50081

Tabla 18 Índice de serviciabilidad psi, p. 3+500 hasta 3+70082

Tabla 19 Índice de serviciabilidad psi, p. 3+800 hasta 4+00082

Tabla 20 Rugosidad promedio IRI y nivel de serviciabilidad PSI83

Tabla 21 Características de la viga benkelman utilizada en campo83

Tabla 22 Lecturas del carril derecho, p. 0+000 hasta 1+000.....84

Tabla 23 Lecturas del carril izquierda, p. 1+000 hasta 2+00085



| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabla 24 | Lecturas del carril izquierdo, p. 2+000 hasta 2+750..... | 86 |
| Tabla 25 | Lecturas del carril derecho, p. 2+000 hasta 4+000..... | 87 |
| Tabla 26 | Deflexiones de campo obtenidas en el carril derecho, p. 0+000 hasta 1+000 | 88 |
| Tabla 27 | Deflexiones de campo obtenidas en el carril izquierdo, p. 1+000 hasta 2+000..... | 89 |
| Tabla 28 | Deflexiones de campo obtenidas en el carril izquierdo, p. 2+000 hasta 3+000..... | 90 |
| Tabla 29 | Deflexiones de campo obtenidas en el carril derecho, p. 3+000 hasta 4+000 | 91 |
| Tabla 30 | Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril derecho, p. 0+000 hasta 1+000..... | 92 |
| Tabla 31 | Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril izquierdo, p. 1+000 hasta 2+000..... | 93 |
| Tabla 32 | Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril izquierdo, p. 2+000 hasta 3+000..... | 94 |
| Tabla 33 | Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril derecho, p. 3+000 hasta 4+000..... | 95 |
| Tabla 34 | Deflexiones características de cada kilómetro | 96 |
| Tabla 35 | Datos para la determinación del ESALS | 97 |
| Tabla 36 | ESAL de cada vehículo con una proyección de 15 años..... | 97 |
| Tabla 37 | Datos obtenidos de las deflexiones y el estudio de tránsito en todo el tramo..... | 98 |



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Apreciación del deterioró del pavimento flexible a consecuencia del tránsito vehicular y factores climáticos, representado la ruta a criticar y analizar16

Figura 2 Estructura típica del pavimento flexible.....33

Figura 3 Rugosímetro de Merlin35

Figura 4 Esquema y principio de la viga benkelman36

Figura 5 Viga de Benkelman.....37

Figura 6 Diagrama de flujo para el procedimiento de lo ensayos a ejecutar45

Figura 7 Rango “D”48

Figura 8 Determinación de la rugosidad.....48

Figura 9 Rugosímetro de Merlin50

Figura 10 Calibración de equipo para uso en vía Juliaca – Lampa.....52

Figura 11 Lectura de datos en muestra 0253

Figura 12 Formato usado para toma de datos53

Figura 13 Formato de lectura del puntero55

Figura 14 Histograma de frecuencias M-0156

Figura 15 Deformación del pavimento y radio de curvatura64

Figura 16 Punto de ubicación del extremo de la viga Benkelman70

Figura 17 Geometría de colocación de la viga Benkelman71

Figura 18 Procedimiento de medición de deflexión72

Figura 19 Posicionamiento y lectura de diales en la viga Benkelman en primer kilómetro...73

Figura 20 Lectura de diales a medida que avanza el volquete73

Figura 21 Formato para la viga Benkelman.....74

Figura 22 Unidades de muestra74

Figura 23 Interpretación de resultados75



| | |
|--|-----|
| Figura 24 Corrección de datos | 75 |
| Figura 25 Deflectograma de la progresiva 0+000 - 1+000 | 99 |
| Figura 26 Deflexión característica de la progresiva 0+000 - 1+000 | 100 |
| Figura 27 Deflectograma de la progresiva 1+000 - 2+000 | 100 |
| Figura 28 Deflexión característica de la progresiva 1+000 - 2+000 | 101 |
| Figura 29 Deflectograma de la progresiva 2+000 - 3+000 | 101 |
| Figura 30 Deflexión característica de la progresiva 2+000 - 3+000 | 101 |
| Figura 31 Deflectograma de la progresiva 3+000 - 4+000 | 102 |
| Figura 32 Deflexión característica de la progresiva 3+000 - 4+000 | 102 |



RESUMEN

El presente proyecto de investigación tiene como finalidad poder analizar el estado superficial del pavimento flexible de la carretera Juliaca-Lampa en la progresiva 0+000 hasta 4+000, verificando nuestra zona de estudio en el estado que se encuentra actualmente y realidad que se vive, es por ello que emplearemos una metodología de investigación con el método científico, ya que se realizará un análisis de la condición superficial y nivel de serviciabilidad de la vía, por su finalidad será aplicado, debido a que se verificara a través de ensayos no destructivos, con un diseño no experimental, por motivo de que las variables no se modificaran y finalmente un nivel descriptivo, debido a que se evaluara el pavimento flexible de la carretera mencionada, mediante el rugosímetro de Merlin (Rugosidad IRI, nivel de serviciabilidad PSI) y por último la viga de Benkelman (Análisis superficial), Concluyendo que, para el análisis mediante la aplicación del rugosímetro de Merlin se obtuvo que la rugosidad promedio IRI es de 6.66m/km, teniendo un nivel de serviciabilidad de 1.40, clasificándose como MALO, tendiendo a MUY MALO, finalmente corroborando el anterior ensayo mediante la viga de Benkelman, se obtuvo una deflexión característica general 101.425×10^{-2} mm sobrepasando la deflexión admisible de 82×10^{-2} mm, de esto se deduce que el pavimento se encuentra a nivel de suelos en un estado DEFICIENTE, dando como respuesta que la carretera Juliaca – lampa en la progresiva progresiva 0+000 hasta 4+000 a nivel superficial se encuentra un estado MUY MALO y no garantizando un buen confort de la carretera mencionada, planteando a nivel general como alternativa de intervención la reconstrucción del tramo estudiado con mejoras a nivel de suelos para un correcto desempeño de la carretera a futuro de ser el caso se haga la reconstrucción.

Palabras Clave: Pavimento flexible, análisis, IRI, PSI, rugosímetro de Merlin, Deflexión, viga de Benkelman



ABSTRACT

The purpose of this research project is to be able to analyze the surface state of the flexible pavement of the progressive Juliaca-Lampa highway 0+000 to 4+000, verifying our study area in the state it is currently in and the reality that is experienced, that is Therefore, we will use a research methodology with the scientific method, since an analysis of the surface condition and level of serviceability of the road will be carried out, due to its purpose it will be applied, because it will be verified through non-destructive tests, with a non-experimental design, because the variables were not modified and finally a descriptive level, because the flexible pavement of the aforementioned road was evaluated, using the Merlin roughness meter (IRI roughness, PSI serviceability level) and finally the Benkelman beam (Surface analysis), Concluding that, for the analysis through the application of the Merlin roughness meter, it was obtained that the average roughness IRI is 6.66m/km, having a serviceability level of 1.40, classifying as BAD, tending to VERY BAD, finally corroborating the previous test using the Benkelman beam, a general characteristic deflection of $101,425 \times 10^{-2}$ mm was obtained, exceeding the allowable deflection of 82×10^{-2} mm, from this it is deduced that the pavement is at the level of soils in a POOR state, giving as a response that the Juliaca – progressive lamp road 0+000 to 4+000 at surface level is in a VERY BAD condition and does not guarantee good comfort of the mentioned road, posing at a general level as an alternative for intervention the reconstruction of the studied section with improvements at ground level for correct performance of the road in the future if reconstruction is carried out.

Keywords: Flexible pavement, analysis, IRI, PSI, Merlin roughness meter, Deflection, Benkelman beam..



INTRODUCCIÓN

Dado que en la actualidad se está tratando el tema de los firmes flexibles, esta investigación se centra en el análisis que tiene lugar en el ámbito de la construcción de carreteras. Es de suma importancia que los proyectos de construcción de carreteras tengan un diseño de superficie que sea aceptable, ya que esto no sólo garantiza que el transporte sea seguro y eficiente, sino que también proporciona el nivel esencial de confort. Diversas causas, entre ellas el diseño defectuoso, las condiciones climáticas adversas y el aumento del tráfico vehicular, contribuyen al deterioro del asfalto en la ciudad de Juliaca en la actualidad. Esto es resultado del paso del tiempo, así como de otras variables. Por esta razón, es absolutamente necesario llevar a cabo una evaluación de los pavimentos a nivel superficial y determinar el grado en que son utilizables. En vista de ello, es necesario realizar un examen exhaustivo para determinar el estado de la carretera en el tramo concreto que se haya elegido, haciendo especial hincapié en la superficie, con el objetivo último de determinar hasta qué punto la carretera es apta para su uso.

Analizando la situación en la que se vive es necesario realizar un análisis a nivel superficial y la serviciabilidad en nuestra zona a determinar, con ello ver los indicadores que se analizó y su condición en la que se encuentra, dichos análisis que se van ejecutando pueden ser aprovechados para futuros mantenimientos según la condición superficial en la que se encuentre.

El Manual de Carreteras, 2013 es la referencia que tenemos en este momento para el examen de un pavimento, independientemente de si es flexible o rígido; en este caso particular, se trata de un pavimento flexible. Es posible calificar y cuantificar el estado de una carretera con el uso de los indicadores que se proporcionan en este manual, Se utilizan en el proceso de planificación del mantenimiento futuro en función del estado de la superficie de la carretera, teniendo en cuenta numerosos elementos técnicos y económicos que pueden repercutir en la



comodidad, la oportunidad, la seguridad y la economía del usuario. Dicho de otro modo, estos aspectos cambian en función de las circunstancias particulares de cada lugar de la ruta.

Por otra parte (Balarezo Zapata , 2017) en la realidad que se vive en la actualidad es necesario tener un análisis superficial y determinar la rugosidad que se tiene en los tramos de los pavimentos flexibles para así poder brindar un buen confort en el tránsito vehicular, disminuyendo el tiempo de viaje y con ello llevar un buen beneficio considerable al usuario.

Se utilizarán ensayos para poder conocer todos los valores que se mencionan, tales como la viga Benkelman y el rugosímetro de merlin, a nivel superficial se empleará la viga de Benkelman para poder obtener la deflexión promedio en la carretera, finalmente se empleará el rugosímetro de Merlin para poder conocer así el nivel de serviciabilidad de la carretera. Por todo ello, podremos evaluar el estado del pavimento flexible de la carretera Juliaca-Lampa, que oscilará entre 0+000 y 4+000, ya que se evaluarán en profundidad los componentes más importantes del mismo, Por ello, la información recopilada servirá de referencia para cualquier proyecto futuro que incluya el mantenimiento o la reparación de sus carreteras. Además, puede servir de guía para cualquier organismo que se encargue de llevar a cabo el proyecto, así como para futuras investigaciones en el campo de la construcción de carreteras.

Capítulo I – Planteamiento del estudio: En el primer capítulo trataremos las cuestiones que han surgido de la investigación, abordando tanto el problema general como las cuestiones individuales. Además, se formularán las hipótesis simultáneamente con los objetivos, que incluirán tanto objetivos generales como especializados. También se detallarán los factores e instrumentos que se utilizarán en la investigación.

Capítulo II – Marco Teórico: En la elaboración del Capítulo II se utilizaron investigaciones anteriores, consideradas como antecedentes. Estas investigaciones se llevaron a cabo tanto a escala nacional como internacional, y se basaron asimismo en fundamentos teóricos aplicados al tema de los pavimentos flexibles.



Capítulo III – Metodología: El contenido del Capítulo III ofrecerá una descripción del método de investigación, así como del procedimiento, que es una representación del proceso mediante el cual se llevó a cabo el estudio. Además, se discutirá el alcance del presente proyecto.

Capítulo IV – Resultados y Discusiones: Los datos obtenidos mediante ensayos no destructivos se presentarán en el capítulo IV, junto con una interpretación de dichos resultados. Además, en el informe se incluirán comparaciones e interpretaciones de los resultados.

Conclusiones: Al final del proceso de investigación se entregará un resumen y las conclusiones finales del mismo. Éstas incluirán los criterios para la formulación de la investigación, así como los resultados obtenidos de todo lo que se aplicó. A la luz de esto, se ofrecerán recomendaciones de acuerdo con las conclusiones a las que se haya llegado



CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Análisis de la situación problemática

La realidad que se vive hoy en día, es por un mal diseño o en una mala ejecución en un pavimento flexible con ello sumando el aumento de las precipitaciones pluviales aumenta con mayor frecuencia el deterioro de estas e todos es sabido que la mayoría de las carreteras de la región de Puno están asfaltadas, lo que facilita el desplazamiento diario de una gran variedad de vehículos motorizados de un lugar a otro., podemos corroborar que un pavimento puede ser diseñado para evitar estos deterioros a causa de las precipitaciones pluviales, es por ello que se viene investigando el estado superficial en el que se encuentra mediante ensayos no destructivos, Esta parte de la carretera Juliaca-Lampa, que se extiende desde el kilómetro 0+000 hasta el 4+000 en la ciudad de Juliaca, ha experimentado un deterioro significativo como resultado de diversas circunstancias, Es posible que esto se deba a la influencia de los vehículos de gran tamaño que circulan por la zona, así como a las condiciones ambientales, además de a otros elementos que afectan al estado general de la carretera en la parte investigada.

A consecuencia de lo mencionado podemos distinguir los diferentes tipos de fallas que pueda presentar el pavimento en la parte superficial y con lo obtenido podemos también estimar el comportamiento a nivel de base, sub base y sub rasante.

Figura 1

Apreciación del deterioro del pavimento flexible.



Nota: Se puede visualizar el pavimento dañado a consecuencia del tránsito vehicular y factores climáticos, representado la ruta a criticar y analizar.

1.2 Planteamiento del problema

Consecuente a ello se considera también en el ámbito regional, En la actualidad, las carreteras están siendo utilizadas por el transporte motorizado, se van generando daños, por ello, En caso de que las carreteras no se mantengan adecuadamente, el deterioro del pavimento podría alcanzar niveles considerables, lo que obligaría a reconstruir o rehabilitar el pavimento a intervalos más frecuentes que la vida útil estimada del pavimento. consecuente a ello va afectando la serviciabilidad que tiene el pavimento por ello Es propósito de este proyecto de investigación analizar la calzada por medio de pruebas como la viga Benkelman y el rugosímetro Merlin. El lugar de estudio que se ha elegido para este proyecto de investigación está situado en el tramo de salida a Lampa de la carretera Juliaca-Lampa en la ciudad de Juliaca., para así conocer la serviciabilidad en la que se encuentra el pavimento actualmente y dar así alternativas de solución a la problemática. (Jinchuña Alanoca, 2019).



La problemática detectada es la de no considerar un análisis de la condición superficial del pavimento flexible a través de ensayos no destructivos. Es aquí donde se inicia la realización de esta investigación en la carretera Juliaca – Lampa – 2023, en el tramo seleccionado a analizar, observando actualmente la carretera en la que se va a analizar tiene una mayor problemática causado por diversos factores como medioambientales (precipitaciones pluviales), se tiene un deficiente proceso constructivo. Es por ello que la presente investigación esta abocado a analizar dicho pavimento la cual recabara información requerida para brindarnos los resultados esperados, se espera contribuir con una base de datos para futuros diseños constructivos.

Al respecto (MARTINEZ OSPINO & NOGUERA NUÑEZ, 2020) nos dice que los pavimentos deben garantizar un nivel de confort a las personas que usan las vías Los criterios que se utilizan para calcular una calificación basada en el estado de la carretera se establecen mediante la evaluación que se lleva a cabo con la ayuda del método del índice de servicio. En la actualidad, existen modelos desarrollados para su aplicación universal en el sector de las carreteras. Según Ccama Quispe y Turpo Arapa (2021), el estado superficial de un pavimento flexible se determina mediante una serie de ensayos no destructivos que se realizan en varios tramos de la carretera que se está analizando. Esto contrasta con la afirmación anterior.

Actualmente las metodologías que se emplean para la recuperación del pavimento construido (rehabilitación u mantenimiento de esta), es necesario realizar análisis con ensayos no destructivos que se encuentren a nuestra disposición, consecuente a ellos nuestra zona de estudio, la carretera mencionada a analizar, es demasiado trafico pesado y livianoes necensario tenga un buen diseño y proceso constructivo, no obstante se debe realizar periódicamente se deben analizar el estado en el que se encuentra el pavimento y con ella medir si es necesario rehabilitar o dar un mantenimiento ya que es indispensable tomar estas medidas para evitar el deterioro de dicho pavimento con el paso del tiempo, con el transito que circula, elementos ambientales desfavorables, defectos constructivos,



defectos constructivos y debilidad del periodo de diseño. (Triviño Molina & Moll Martínez, 2022)

Se empleará el método no destructivo, ya que es muy sencillo y factible para el análisis de la condición superficial del pavimento flexible, en caso del ensayo del deflectómetro, tiene procedimiento suministrar una carga a una extensión de rodamiento (centro del eje dual) y con ello medir las deflexiones, por consecuente verificar la degradación que tuvo el pavimento y con ello dar alternativas de solución ya sea para mantenimiento o rehabilita miento de la carretera.

Dada la información presentada anteriormente, el reto de investigación se plantea en la carretera Juliaca-Lampa, específicamente en el segmento que se encuentra entre las progresivas 0+000 y 4+000. En esta fase en particular, el propósito es realizar un examen del estado del pavimento flexible. Con el propósito de adquirir una comprensión integral del estado superficial del pavimento flexible, esta investigación es absolutamente necesaria, Para alcanzar este objetivo, se utilizarán ensayos no destructivos adecuados con el fin de obtener el resultado deseado y recabar más información. Estos datos no sólo servirán de referencia para futuras investigaciones en el campo de la construcción de carreteras, sino que también se utilizarán para la elaboración de planes de mejora de carreteras, no sólo en la zona objeto del estudio, sino también en otros lugares que presenten características comparables.

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la condición superficial en la que se encuentra actualmente el pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa - 2023?

1.2.2 *Problemas específicos*

1. ¿Cuál es el estado que se encuentra el pavimento flexible desde la progresiva 0+000 hasta 4+000 en la carretera Juliaca - Lampa?



2. ¿Cuánto será el nivel de serviciabilidad que presenta el pavimento flexible en la carretera Juliaca - Lampa - 2023?
3. ¿Cómo podemos analizar las deflexiones para determinar el nivel serviciabilidad del pavimento flexible en la carretera Juliaca - Lampa -2023?
4. ¿Qué medidas correctivas se pueden dar ante la condición del pavimento flexible en la carretera Juliaca - Lampa - 2023?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Analizar la condición superficial del pavimento flexible empleando el rugosímetro merlin y la viga benkelman en la carretera Juliaca - Lampa -2023.

1.3.2 *Objetivos específicos*

1. Analizar el estado en que se encuentra el pavimento flexible desde la progresiva 0+000 hasta 4+000 en la carretera Juliaca - Lampa - 2023.
2. Determinar el nivel de serviciabilidad que presenta el pavimento flexible según la rugosidad obtenida mediante el ensayo del Rugosímetro de Merlin en la carretera Juliaca - Lampa – 2023.
3. Determinar las deflexiones del pavimento flexible según el ensayo de la viga de Benkelman en la carretera Juliaca - Lampa - 2023
4. Determinar las medidas correctivas ante el estado del pavimento flexible en la carretera Juliaca - Lampa - 2023



1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación técnica

Esta investigación se lleva a cabo con la intención de hacer una contribución al cuerpo de conocimientos existente sobre la utilización de ensayos no destructivos para analizar y evaluar el estado de un pavimento flexible. El pavimento flexible de la ruta Juliaca-Lampa será sometido a una investigación exhaustiva, comenzando en el km 0+000 y avanzando hasta el km 4+000. Con el fin de obtener un conocimiento más exhaustivo del estado de la vía que se va a evaluar, se utilizarán los ensayos de vigas Benkelman y el rugosímetro Merlin en los tramos que se han indicado anteriormente.

1.4.2 Justificación practica

En la carretera Juliaca-Lampa, el estado superficial del pavimento flexible y el nivel de serviciabilidad del pavimento pueden determinarse con la ayuda de un análisis y establecimiento del estado del pavimento flexible. Aportando soluciones adecuadas, será posible evitar dificultades como un confort vial inadecuado, el desgaste prematuro de los neumáticos de los automóviles, el retraso del tráfico debido al mal estado de la carretera y otros problemas potenciales como los accidentes automovilísticos. Con el propósito de realizar un examen del estado superficial del pavimento flexible en la ciudad de Juliaca, particularmente en el tramo afectado de la carretera Juliaca-Lampa, los conocimientos y metodologías que se utilizaron en esta investigación servirán de base para realizar el análisis.

1.4.3 Justificación metodológica

Se utilizarán pruebas no destructivas, como la viga Benkelman y el rugosímetro Merlin, para cumplir con los objetivos planteados para el estudio. Mediante el uso de estas pruebas se podrá evaluar el estado del pavimento flexible que se encuentra en la ruta Juliaca-Lampa. Como resultado, los resultados del proyecto de investigación se basarán en métodos de investigación que han demostrado ser confiables y fidedignos.



1.4.4 *Justificación social*

Dado que las técnicas que se emplean actualmente se basan en procedimientos anticuados que no están en consonancia con las metodologías contemporáneas disponibles hoy en día, esta investigación es sumamente importante desde el punto de vista social. Los conocimientos y procesos que se utilizaron en esta investigación servirán de base para evaluar el estado del pavimento en la ciudad de Juliaca, particularmente en el tramo de la carretera Juliaca-Lampa que fue impactado. Con el propósito de ayudar a la creación de mejoras óptimas en la carretera Juliaca-Lampa y asegurar una mejor serviciabilidad en el futuro, la información que ha sido suministrada puede servir de base para futuros trabajos de rehabilitación o mantenimiento. Asimismo, esta información puede servir de referencia para las entidades locales a la hora de ejecutar el plan.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 *Hipótesis general*

Analizando la condición superficial del pavimento flexible empleando el rugosímetro Merlin y la viga Benkelman en la carretera Juliaca - Lampa - 2023 se determinará que se encuentra en un mal estado general, según los ensayos aplicados.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

1. Analizando el estado en que se encuentra el pavimento flexible desde la progresiva 0+000 hasta 4+000 en la carretera Juliaca-Lampa se encuentra en pésimas condiciones por lo que se sugiere un pronto mantenimiento en puntos críticos.
2. El nivel de serviciabilidad que presenta el pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa según la rugosidad obtenida mediante el ensayo del rugosímetro de Merlin, será malo con un PSI de 1.6



3. La condición superficial del pavimento flexible de la carretera Juliaca-Lampa según la deflexión obtenida mediante el ensayo de la viga de Benkelman será de 75mm/100
4. Las medidas correctivas ante las fallas del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa será un mantenimiento en puntos críticos de la vía

1.6 Variables e indicadores

1.6.1 *Variable interés*

Análisis del pavimento flexible

INDICADOR

- IRI
- PSI

1.6.2 *Variable caracterización*

Condicion de la carretera Juliaca - Lampa

INDICADOR

- Rango de calificación

Con ello se podrá clasificar el tipo de pavimento ya sea excelente a muy malo y la toma de decisiones ante ello.

- Regularidad de la superficie

Es la irregularidad que puede presentar la superficie en un pavimento flexible a través del ensayo rugosímetro de Merlin según las lecturas recolectadas de esta, en un pavimento flexible presentará estas irregularidades según sea el proceso constructivo que haya tenido o el mantenimiento de esta.

- Conservación

Se refiere al estado en que se encuentra dicho pavimento flexible ya sea que tenga un buen proceso constructivo o el mantenimiento periódico o rutinario adecuado.

- Restauración

Es todos los procesos constructivos que conlleva a la restauración del pavimento flexible para reestablecer su superficie y reparar todos los daños que haya tenido el pavimento flexible y con ello evaluar si de ser necesario la restauración de esta.

1.7 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables

| VARIABLE DE INTERÉS | DEFINICIÓN | DIMENSIÓN | INDICADORES | INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN |
|--|--|-------------------------|--|--------------------------|
| Análisis del pavimento flexible | La capa de asfalto debe proporcionar una superficie de rodadura adecuada, brindando una superficie uniforme. La protección de la base frente a los impactos potencialmente dañinos causados por el tráfico es la principal función de esta estructura. Se puede afirmar que la capa asfáltica posee características físicas de carácter funcional. (Balarezo Zapata , 2017). | Rugosidad del pavimento | IRI PSI | Rugosímetro de merlin |
| | | Deflexión del pavimento | Carga aplicada Periodo de recuperación Temperatura del pavimento | Viga de Benkelman |
| VARIABLE DE CARACTERIZACIÓN | DEFINICIÓN | DIMENSIÓN | INDICADORES | INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN |
| Condición de la carretera Juliaca - Lampa | Con el fin de evaluar y cuantificar el estado de una carretera, se utilizan estos indicadores. Estos indicadores se utilizan para planificar el mantenimiento futuro en función del estado superficial del firme. Pueden variar en función de cuestiones | Condicion superficial | Rango de calificación. | Formatos |
| | | Serviciabilidad | Regularidad de la superficie | |



| | | | |
|--|---------------------------------|---|----------------------------|
| <p>técnicas y económicas, como la comodidad del usuario, la puntualidad, la seguridad y la economía. Estos indicadores se utilizan para planificar el mantenimiento futuro.. (MANUAL DE CARRETERAS, 2013).</p> | <p>Alternativas de solución</p> | <p>Mantenimiento Rehabilitación</p> | <p>Ficha de evaluación</p> |
|--|---------------------------------|---|----------------------------|

Nota: Se puede visualizar la tabla de operacionalización de variables indicando su definición, dimensión, indicadores y instrumentos de medición.



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 *Antecedentes internacionales*

Salazar y Espinel, (2019) en su estudio "Rehabilitación de la estructura del pavimento en la vía que conecta Ansermanuevo con La Virginia, en la Ruta 2302, entre los puntos kilométricos 134+700 y 141+285, localizada entre los departamentos del Valle del Cauca y Risaralda.", Tiene como objetivo "Los datos derivados de pruebas como la deflectometría, el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), la exploración geotécnica y los datos geotécnicos deben ser revisados y gestionados". Como procedimientos para analizar y procesar las pruebas de deflecometria se empleó El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) es una medida que permite estimar la rugosidad del pavimento. Para ello, evalúa el impacto que tiene la uniformidad del perfil longitudinal de la carretera en la calidad de la conducción. Una puntuación mayor del IRI, como los 4,23 m/km que se registraron, indica que el nivel de satisfacción experimentado por el usuario no está al nivel adecuado, consecuentemente se puede corroborar visualmente su condición esta en deterioro al mal uso de sus parámetros funcionales y el espesor granular menor, concluyendo con dicha



evaluación obtenida se llega a proponer una El objetivo de la restauración era proporcionar una nueva superficie de rodadura para subsanar cualquier deficiencia funcional.

Silva, (2019) en su investigación titulada "Análisis de los parámetros de irregularidad longitudinal de los carriles bici mediante equipos merlin en la ciudad de João Pessoa - pb", tiene como objetivo general verificar, analizar y clasificar la calidad del pavimento de algunos carriles comprobando los parámetros de irregularidad longitudinal, teniendo como procedimiento la alineación, calibración, así como la realización de pruebas de la máquina en un tramo preestablecido. Todos estos procedimientos para ejecutar la máquina MERLIN ayudara a medir las irregularidades que tendrá el pavimento, obteniendo como resultado se obtiene las irregularidades en las secciones 1, 2 y 3: 5.71 m/km, 3.18 m/km y 5.69m/km. Concluyendo con dicha evaluación obtenida se llega a un TERRIBLE estado del pavimento de las 3 secciones mencionadas, por ende se propone un pronto rehabilitamiento de esta.

Lara, (2022) en su investigación titulada "Evaluación indirecta de la funcionalidad en las carreteras asfaltadas de segundo orden en el cantón Guaranda.", en su investigación tiene como objetivo determinar la serviciabilidad de las vías de segundo orden aplicando el PSI en la provincia de Bolivar, para ejecutar lo objetado tiene como procedimiento mediante el método IRI del manual Merlin y las ecuaciones para obtener los resultados de la rugosidad en m/km, con ello encontrando la clasificación de la serviciabilidad en que se encuentra, así obteniendo como resultado un IRI de 4.367 m/km para después correlacionar con el PSI dando como respuesta 1.6 y con ello clasificando como malo. Concluyendo con los resultados obtenido se llega a una clasificación malo, ya que las percepciones que tienen los usuarios al transitar por dicha vía son muy elevadas.

Mendoza, (2023) en su investigación titulada "Análisis del comportamiento estructural del pavimento flexible en la vía Tugaduaja–Engunga, ubicada en el cantón y



provincia de Santa Elena, mediante el uso de la viga Benkelman.”, en su investigación el objetivo es adquirir las deflexiones típicas y los radios de curvatura haciendo uso de los datos obtenidos sobre el terreno para evaluar el pavimento flexible, Para lograr estos objetivos, es absolutamente necesario seguir la técnica de marcar las abscisas en el campo desde el principio hasta el final de la sección asfáltica, que comienza en la estación 0+200 y continúa hasta la estación 1+900. Para conocer la deflexión característica y el radio de curvatura, es necesario localizar el borde que se va a examinar a lo largo de este proceso. Establecer la temperatura ambiente del pavimento es esencial para realizar un análisis de su comportamiento. Esto es necesario para alcanzar el resultado deseado, que es que la estructura del pavimento que se ha evaluado alcance una deflexión característica de 311×10^{-2} mm en el carril derecho y de 305×10^{-2} mm allí. En el carril izquierdo de la calzada se mide una desviación característica y un radio de curvatura mínimo de 114,2 metros. Tras calcular el coeficiente de daño a nivel del ligante, se determinó que el número máximo de ESAL que podría soportar el sistema sería de 170.730. De acuerdo con los resultados, la deflexión se encuentra en general dentro de los límites admisibles, lo que indica que la sección evaluada en su conjunto presenta un comportamiento estructural regular. En conclusión, los resultados indican que la sección evaluada.

2.1.2 *Antecedentes nacionales*

Palomino, (2022) en su investigación titulada “Análisis deflectométrico obtenido mediante la viga Benkelman y diseño de pavimentos utilizando el método AASHTO 2008 en la avenida Hartley, ubicada en el distrito de José Luis Bustamante y Rivero, Arequipa.”, La evaluación del estado de la superficie del firme es el objetivo principal de este proyecto. Esta evaluación se llevará a cabo utilizando la medición deflectométrica que se realizó con la viga Benkelman en la avenida Hartley. El propósito de este estudio es investigar los principios, la conceptualización, los parámetros, los resultados y la aplicabilidad de la técnica mecanístico-empírica de la AASHTO 2008 para la evaluación del pavimento flexible actual en nuestro contexto.”, sostiene que incluye tareas relacionadas con la evaluación de



firmes y sigue los procedimientos desarrollados. Para conocer la capacidad estructural de la calzada y su reacción a las presiones provocadas por el tráfico, se han utilizado métodos destructivos y no destructivos. Este trabajo de tesis incluye tareas relacionadas con la evaluación de firmes y sigue los procedimientos desarrollados. Para conocer la capacidad estructural de la calzada y su reacción a las presiones provocadas por el tráfico, se han utilizado métodos destructivos y no destructivo Los hallazgos recogidos demuestran que la deflexión característica es superior a las tolerancias permitidas. Además, la evaluación visual reveló defectos de origen estructural, lo que es indicativo de una infraestructura que no se construyó adecuadamente. Para determinar el estado del pavimento examinado se utilizó el método del índice de servicio del pavimento (PSI), y los resultados mostraron que el pavimento se encontraba en mal estado, lo que indica que requiere un tratamiento corrector, A través de la utilización de la técnica mecanístico-empírica de diseño de pavimentos señalada por la AASHTO en 2008, se ha determinado que el pavimento no cumple con la vida útil que se previó en el diseño que se tiene actualmente. Con base en este resultado, se puede deducir que existen fallas que se originan en la estructura.

Flores y Galindo, (2021) en su investigación titulada "Evaluación funcional del pavimento flexible para optimizar la transitabilidad vehicular, empleando el rugosímetro MERLIN en la avenida Gustavo Pinto, Tacna - 2020.". ¿Sería posible explicar este texto de otra manera, utilizando palabras, verbos, conectores y conjugaciones diferentes, pero transmitiendo el mismo mensaje de forma inteligible y técnica? Por su capacidad para determinar la transitabilidad de la carretera objeto de estudio, calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para ambos carriles y obtener el IRI ponderado, que es un componente esencial en el cálculo del Índice de Conservabilidad del Pavimento (PSI). Utilizando el rugosímetro MERLIN, el objetivo principal de este proyecto, que se está llevando a cabo en la avenida Gustavo Pinto de Tacna - 2020, es realizar un análisis funcional del pavimento flexible para maximizar la transitabilidad de los automóviles. Para garantizar un intervalo coherente entre cada medición, es indispensable efectuar un total



de doscientas mediciones de las desviaciones medias de la cuerda a lo largo de la vía. Esta operación se lleva a cabo de acuerdo con los protocolos establecidos. ¿Sería posible explicar este texto de otra manera, utilizando palabras, verbos, conectores y conjugaciones diferentes, pero transmitiendo el mismo mensaje de forma inteligible y técnica, Una vez realizado el cálculo del valor ponderado del Índice Internacional de Rugosidad (IRI), se ha determinado que el estado del pavimento flexible se clasifica como DEFICIENTE? Este pavimento tiene un valor de IRI de 5,05 metros por kilómetro, según los datos. Se concluye que se obtiene un Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de 5,05 metros por kilómetro para ambos carriles de la Avenida Gustavo Pinto cuando se evalúan los resultados ponderados de los carriles derecho e izquierdo de la calzada, Los resultados de nuestro examen indican que el estado general del pavimento flexible en toda la avenida se clasifica como en estado DEFICIENTE. Con la ayuda de esta figura final, podemos definir esta categoría para el estado del pavimento.

2.1.3 *Antecedentes regionales*

Lerma, (2021) en su investigación titulada "Evaluación del índice de serviciabilidad de los pavimentos rígidos de reciente construcción en la ciudad de Juliaca, con un análisis de los factores más influyentes en el año 2018.", Además de determinar los elementos que tienen mayor incidencia en su determinación durante el año 2018, el objetivo primordial de este estudio es conocer el Índice de Servicio Presente (ISP) de los pavimentos rígidos que se han construido en la ciudad de Juliaca en los últimos tiempos. De acuerdo con los protocolos establecidos, se llevará a cabo mediante un análisis fundamentado con la intención de adquirir conocimientos preparatorios sobre el objetivo de estudio de la investigación que se va a realizar. Entre los métodos de muestreo que no implican probabilidad, se selecciona la técnica de muestreo según normas. Los criterios que haya establecido el investigador determinarán el método de muestreo que se seleccione. Con el fin de obtener los datos necesarios para llegar a una conclusión fundamentada sobre mi



investigación, haré uso de mi experiencia en este campo de investigación para decidir el tamaño de la muestra y la selección del método de muestreo. Obteniendo los resultados del índice de serviciabilidad presente en los tramos evaluados, tales como 1.6 para el primer tramo, 2.4 para el segundo tramo y 1.8 para el tercer tramo, teniendo como promedio un PSI de 1.9, el cual se encuentra en rango de serviciabilidad de MALO. Concluyendo que en los años que lleva de servicio el pavimento 2018-2020 se obtuvo un PSI promedio de 1.9 el cual indica una serviciabilidad MALA, dicho valor se encuentra muy por debajo según lo estipulado en ASSHTO 1993, el cual detalla que la serviciabilidad inicial de un pavimento rígido es de 4.5 cuando entra en servicio.

Mamani y Torres, (2021) en su investigación titulada "Evaluación del pavimento flexible para plantear el mejoramiento de la serviciabilidad utilizando parámetros de rugosidad – deflectometría, carretera Puno - Mañazo 2021", Durante el año 2021, se realizó una evaluación del pavimento flexible con el objetivo de recomendar mejoras en la serviciabilidad utilizando criterios de rugosidad y deflectometría. Esta evaluación se realizó en la carretera que une Puno y Mañazo" Esto indica que es necesario realizar una evaluación del estado del firme, ya que es necesario calcular el índice de estado del firme (PCI) para evaluar el estado del firme, El Índice Internacional de Rugosidad (IRI) y las deflexiones se midieron en las zonas más críticas de la carretera, especialmente en el tramo que se extiende desde el kilómetro 36+500 hasta el kilómetro 38+500. Se eligió este segmento porque se considera el más crítico. Desde el punto de vista metodológico, este segmento concreto de la carretera que une Puno y Mañazo se consideró la población de estudio, y fue el lugar donde se realizaron con éxito las pruebas correspondientes: La viga Benkelman se utilizó para medir la deflexión, mientras que el rugosímetro Merlin se utilizó para calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). La carretera entre Puno y Mañazo fue sometida a ensayos no destructivos utilizando el rugosímetro Merlin y la viga Benkelman. El objetivo de estos ensayos fue analizar la rugosidad y las deflexiones de la carretera. Estos ensayos se realizaron de acuerdo a los protocolos establecidos



correspondientes, Con el fin de establecer una base de referencia, se utilizan los resultados de las características de rugosidad y deflexión obtenidos en los ensayos de laboratorio. De manera similar, se utilizan herramientas de rugosidad y deflectometría para realizar una investigación del pavimento flexible en la ciudad de Puno. Los estudios realizados han demostrado ser una excelente opción para mejorar las investigaciones viales. Obteniendo los resultados de rugosidad (IRI) y deflectometría en la vía Puno - En la región de Mañazo se ha elaborado una recopilación de actividades con la intención de garantizar el mayor nivel posible de capacidad de servicio. Se han elegido cinco actividades para el mantenimiento rutinario, seis actividades para el mantenimiento periódico y tres actividades para el mantenimiento preventivo. Tras una cuidadosa consideración, se ha determinado que el mantenimiento rutinario es el más adecuado para la ruta, Por lo tanto, en comparación con otras tareas de mantenimiento, estas medidas de mantenimiento no suponen una inversión financiera significativa. Por consiguiente, a la luz de los resultados obtenidos en relación con la rugosidad y las deformaciones, se recomienda llevar a cabo una reparación y/o reconstrucción parcial para mejorar la capacidad de servicio Los datos obtenidos en este estudio se utilizarán en el tramo clave de la carretera, con el único objetivo de mejorar la fluidez del tráfico de vehículos en la carretera que une Puno y Mañazo.

2.2 Marco teórico

2.2.1 Condicion del pavimento

Es escasa la información en el análisis de las patologías u deterioros del pavimento flexible a través del rugosímetro de Merlin y la viga Benkelman con ello el índice de condicion en la que se pueda encontrar el pavimento, es por ello que se viene presentando los diferentes antecedentes que puedan corroborar la tesis que se viene realizando, complementando manuales en los ensayos mencionados que definen el número y distribución de las unidades de muestreo. El estado de la superficie es una descripción del estado del pavimento flexible. Esta condición se evalúa mediante una variedad de pruebas

no destructivas que miden la deflexión global en varias porciones de la carretera. (Ccamá y Turpo, 2021).

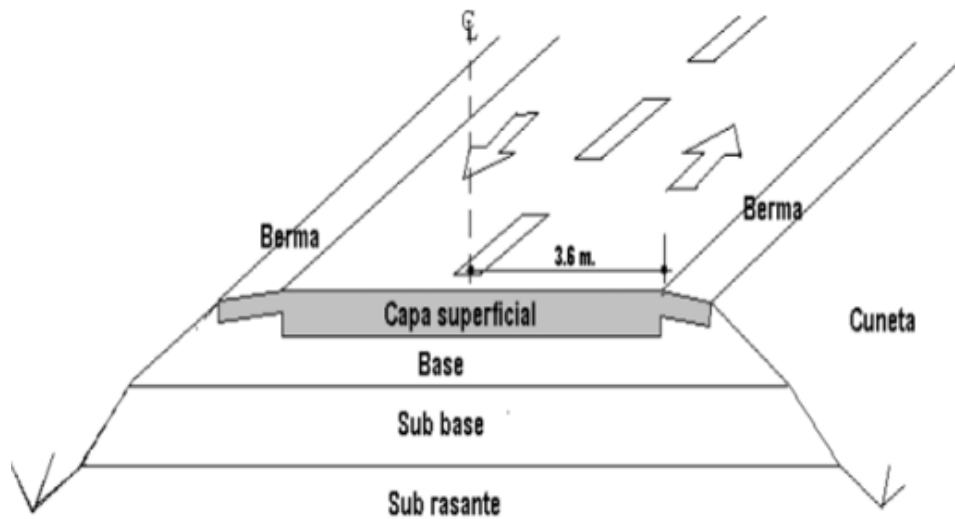
Los pavimentos, en virtud de su índice de servicio, contribuyen al confort que ofrecen a los usuarios. Se han propuesto determinados criterios para evaluar y otorgar una calificación en función del estado de su estructura. En lo que respecta a las autopistas, hoy en día existen modelos destinados a un uso intensivo. (Martínez y Noguera, 2020)

- **Pavimentos flexibles**

Los pavimentos flexibles son aquellos en los que toda la estructura se dobla en reacción a las cargas que actúan sobre ella. Por lo general, el despliegue de pavimentos flexibles se centra en lugares que experimentan un volumen significativo de tráfico, como calzadas, paseos o aparcamientos. Las estratificaciones típicas de un pavimento flexible incluyen la superficie o capa superior, que está en contacto con el tráfico rodado y suele estar formada por muchas capas de asfalto. Esta capa es la más visible del pavimento versátil. La capa de base está situada justo debajo de la capa superficial. Suele estar formada por áridos y puede ser estabilizada o no estabilizada, según las condiciones del terreno. La capa de apilamiento que está situada físicamente justo debajo de la capa base se conoce como capa subbase. La eliminación de esta capa subbase es una posibilidad que se tiene en cuenta en varias situaciones. (Rattia, 2014)

Partes de una sección típica de pavimento flexible

- ◆ carpeta de rodadura
- ◆ base
- ◆ sub-base
- ◆ sub-rasante

Figura 2*Estructura típica del pavimento flexible*

Nota: Se observa los componentes los elementos que contiene un pavimento flexible, tomado de diseño de pavimentos. (Supo Pacori, Diseño de Pavimentos, 2020)

2.2.2 Nivel de serviciabilidad del pavimento flexible

Con el fin de proporcionar a los usuarios un nivel de confort a través de su índice de serviciabilidad, los pavimentos establecen criterios para evaluar y asignar una calificación en función del estado de la superficie. Esto se hace para proteger la comodidad de los usuarios. Con el fin de asignar un valor a cada firme y determinar el nivel preciso de serviciabilidad que posee cada uno de ellos, es vital tener en cuenta una técnica que realice un análisis objetivo del comportamiento del firme. La finalidad del desarrollo de modelos de capacidad de servicio es lograr el objetivo de obtener una valoración del estado de las carreteras a partir de los vehículos que las utilizan, Además, se utilizan otros métodos de análisis sobre el terreno, tomando como referencia los distintos tipos de deterioro y el sufrimiento que conllevan.

2.2.3 Rugosímetro de Merlin

Es una herramienta diseñada en particular para calcular la rugosidad en un pavimento (irregularidades en el pavimento).

La herramienta es básicamente "La construcción es metálica y mide 1,8 metros de longitud. Está diseñada con una rueda en la parte delantera, un pie de apoyo fijo en la parte trasera y un soporte oscilante en el centro. La construcción es metálica y mide 1,8 metros de longitud. Está diseñada con una rueda en la parte delantera, un pie de apoyo fijo en la parte trasera y un soporte oscilante en el centro." (Merma Pacho & Urupi Crispin, 2018).

❖ Índice de serviciabilidad (PSI)

Es la condición mínima, para brindar una forma de conducir segura y confortable, en una determinada zona, el PSI va en una escala de 1 a 5, tabulada en la siguiente tabla.

Tabla 2

Índice de serviciabilidad

| Índice de Serviciabilidad (PSI) | Calificación |
|---------------------------------|--------------|
| 5 – 4 | Muy Buena |
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Nota: (AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993, 1993)

❖ Índice internacional de rugosidad (IRI)

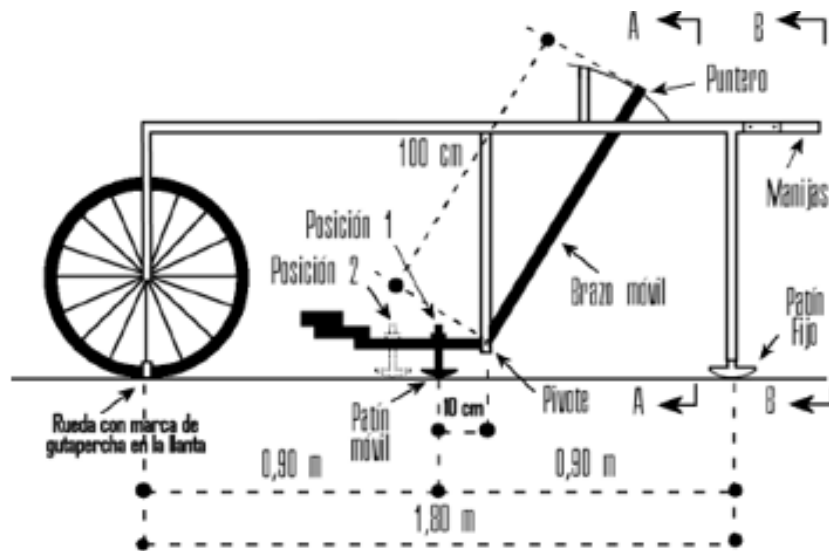
Una de las características más importantes al momento de conducir es el confort y la seguridad que obtiene el conductor al momento de conducir, esto mediante la regularidad y la uniformidad superficial en la vía por que se maneja. Esta principalmente depende del

perfil longitudinal, como también de la velocidad y características mecánicas de los vehículos que circulan. (Sanchez S. & Hernan, 1989).

El IRI se puede definir como la relación entre el movimiento relativo acumulado por la suspensión del vehículo típico, esto se divide por la distancia que se ha recorrido hasta ese momento por el vehículo en mención. (Sanchez S. & Hernan, 1989)

Figura 3

Rugosímetro de Merlin



Nota: La Scientific Electronic Library Online

2.2.4 Viga de Benkelman

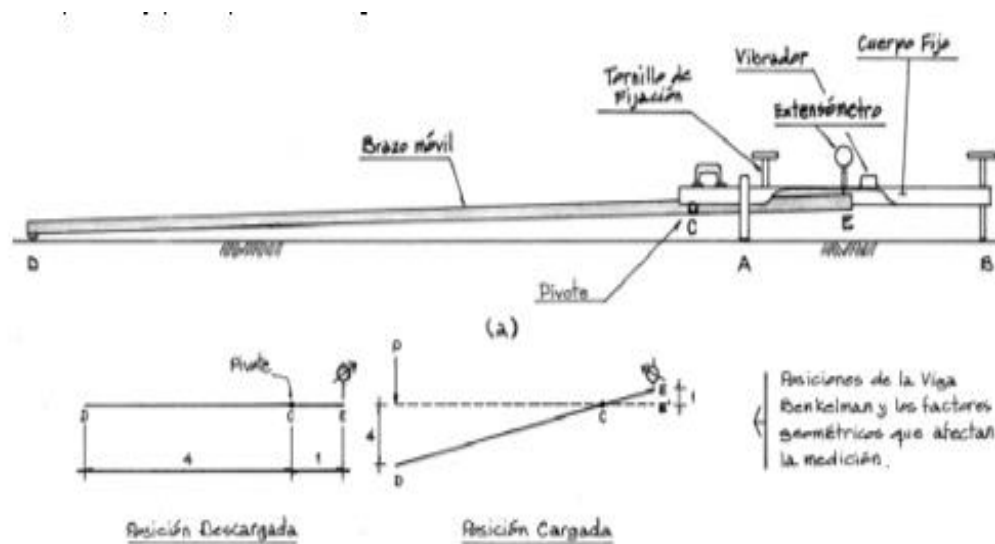
Utilizando deflectómetros, como la conocida "viga de Benkelman", es posible calcular las deformaciones que se producen en la superficie de un pavimento flexible como consecuencia de las cargas procedentes de los vehículos". Desarrollado en 1953 como parte del programa de pruebas en carretera ASSHO, recibió su nombre en honor del ingeniero A.C. Benkelman, responsable de su creación.

La actividad realizada es un ejemplo del "principio de medición" que se aplica con la viga Benkelman. Sólo es necesario realizar cálculos a partir de los datos recogidos en las etapas siguientes. Por consiguiente, es posible determinar la deflexión del pavimento

utilizando las dos lecturas recogidas De acuerdo con el proceso enunciado, en el lugar del punto "D" subyacente de la viga En lugar de medir la deformación que se produce mientras se aplica la carga, es importante tener en cuenta que lo que realmente se mide es la recuperación del punto "D" después de retirar la carga (también conocido como rebote elástico). Es necesario tener en cuenta la geometría de la viga para calcular la desviación. La razón es que los valores que produce el micrómetro (EE') no están necesariamente en una escala real, sino que dependen de la relación de los brazos que ya se ha determinado, como se muestra en la figura

Figura 4

Esquema y principio de la viga benkelman



Nota: Se puede visualizar el equipo de la viga Benkelman con sus partes y operacionalidad. Tomado de [file:///C:/Users/win/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeflectometricaEnPavimentosFlexiblesMedi-8637931%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/win/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeflectometricaEnPavimentosFlexiblesMedi-8637931%20(1).pdf)

De acuerdo con la guía de diseño de la AASHTO en T256-01, Sección 6 (Dispositivos), se ha especificado en 18.000 libras (80 kN), y distribuye 9.000 libras a cada uno de los neumáticos dobles que se encuentran en el eje trasero de un vehículo Tipo C2, La presión en los neumáticos oscila entre 0,48 y 0,55 MPa, lo que equivale a entre 70 y 80 psi. Es de suma importancia asegurarse de que se cumplen estas condiciones antes de realizar las

pruebas. Esto puede lograrse mediante la utilización de básculas fijas o móviles, para garantizar que la presión de los neumáticos se ajusta a los requisitos especificados. Una vez identificado el lugar de la prueba (en la mayoría de los casos, los puntos de medición se sitúan en el lado exterior de un carril), el neumático especificado se coloca en el punto de forma que quede casi alineado con el eje vertical del centro de gravedad del conjunto. (Meza Palomino , 2017).

Figura 5

Viga de Benkelman



Nota: Se observa la viga Benkelman, tomada de una especificación técnica <https://www.mequim.com.pe/producto/mq000365-h-3220a-viga-benkelman>.

2.3 Marco conceptual

❖ Ensayos no destructivos

La medición de las deflexiones superficiales se lleva a cabo mediante el uso de ensayos no destructivos, que es una técnica que demuestra un alto grado de accesibilidad durante la ejecución de tales ensayos. Al emplear el propio pavimento como espécimen de ensayo, este método cumple el objetivo de proporcionar una representación realista del comportamiento del sistema pavimento-subrasante. Las mediciones de la deflexión son

capaces de proporcionar información sustancial sobre las características estructurales tanto del firme como de la subrasante. Estas mediciones pueden realizarse en cualquier momento sin necesidad de trabajos de preparación, sin necesidad de dañar el firme, de forma eficaz y rentable, y sin necesidad de dañar el firme. (Balarezo-Zapata, 2017)

❖ IRI

En el contexto de los pavimentos, es un parámetro que se utiliza para medir la uniformidad y el confort de la superficie al conducir. Una huella es una representación matemática del IRI, que proporciona un resumen del perfil longitudinal de la superficie de la carretera, El valor de referencia de la pendiente media rectificadas es lo que define el índice independiente de vibración (IRI), que es una representación de las vibraciones que provoca la rugosidad de la calzada en un turismo convencional. (Badilla Vargas, 2009).

❖ Pavimentos:

Es una carpeta constituida ya sea por asfalto o concreto que se proporciona Cuando se trata de la superficie de la carretera, la capa que recibe directamente la fuerza del tráfico se conoce como ligante. En lo que respecta a la estructura, el ligante se encarga de absorber las fuerzas horizontales, así como una parte de las fuerzas verticales, en ella la carga del vehículo son distribuidos a estas por medio de la fricción y cohesión, Incluso cuando las capas inferiores sufren ligeras deformaciones, la capa de asfalto es capaz de ajustarse a estos cambios sin romper su estructura. (MIRANDA REBOLLEDO, 2010).

❖ PSI

Su objetivo es ofrecer una medida del nivel de comodidad y seguridad que conlleva la circulación habitual y rutinaria de automóviles por un pavimento determinado. La evaluación del índice de estado del firme (ICE) se realiza utilizando una escala que va de 0 a 5. Un número 0 indica que el firme está en muy mal estado, mientras que un valor 5 indica que el firme está en condiciones ideales. Cuando el valor del pavimento es cero,

indica que el pavimento se encuentra en un estado muy degradado, sin embargo, cuando el valor es cinco, muestra que el pavimento se encuentra en condiciones óptimas. Libra-fuerza por pulgada cuadrada (psi) es la unidad de medida que se utiliza en el Sistema Imperial, a menudo conocido como el estándar anglosajón. También es la unidad de presión... (De La Cruz Vega, Coaquira Cueva, & Ibañez Ccoapaza, 2022)

❖ **Rugosímetro de merlin**

Variante del perfilómetro estático, este instrumento se ha desarrollado específicamente para medir la rugosidad del pavimento. Es un artilugio que se ha personalizado para este fin. Además de ser plegable, tiene un acabado de pintura electrostática de color amarillo y negro. Debido a que el MERLIN se diseñó como una variante de un perfilómetro estático, el método de medición que emplea es extremadamente preciso. Este equipo se construyó como una modificación de un perfilómetro estático y, debido a la excelente precisión de sus datos, es muy fácil de utilizar. Esto se debe al método de medición que utiliza el MERLIN, es un método que entra dentro de la rúbrica Clase 1. Un examen de la correlación entre los resultados producidos mediante el uso de la escala MERLIN y la escala IRI.. (FLORES JARA & PILCO GALINDO, 2021)

❖ **Serviciabilidad**

El hecho de que la evaluación de la calidad de un firme dependa de la perspectiva desde la que se realice supone un reto conceptual. Desde este punto de vista se puede hacer referencia tanto al estado estructural como al funcional de la superficie del firme. A pesar de que esta cuestión se ha resuelto, Es posible que la comparación de los resultados con las mediciones realizadas en el pasado no sea posible si no existen medidas o procedimientos de evaluación definidos. El Índice de Capacidad de Servicio Actual (ISP) es una estadística que se utiliza para evaluar la capacidad del firme para desempeñar las funciones previstas. Utilizando este índice, se puede determinar si el pavimento está o no



en condiciones de uso o si es o no utilizable. En el año 1957, el equipo técnico del departamento de Ensayos en Carretera de la Sociedad Americana de Ingenieros de Carreteras (AASHO) lo desarrolló inicialmente. Las mediciones de PSI se interpretan utilizando una escala que va de 0 a 5, en la que el valor más alto indica que el estado es óptimo. (MARTINEZ OSPINO & NOGUERA NUÑEZ, 2020).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño de la investigación

El diseño no será experimental porque los datos serán adquiridos de la ruta en cuestión, que es la carretera Juliaca-Lampa, sin que se realicen cambios en las variables. Utilizando las pruebas que se describieron anteriormente, como la viga Benkelman y el rugosímetro Merlin, el objetivo de esta investigación es evaluar el nivel de servicio y la calidad superficial de la carretera investigada.

La investigación tendrá un enfoque científico realizando un análisis del estado del pavimento flexible instalado en la carretera Juliaca-Lampa así como el grado de servicio que actualmente recibe. Para determinar si la teoría es correcta o no, esta investigación se realizará con la ayuda de la viga Benkelman y el rugosímetro Merlin.

3.2 Método de la investigación

Sera el método científico con un enfoque cuantitativo, ya que se realizará una metodología que tiene como objetivo el análisis de la condición superficial y nivel de serviciabilidad del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa, aplicando el rugosímetro de Merlin y la viga de Benkelman para así poder dar como resultado la condición en la que se encuentra actualmente la carretera mencionada.



3.3 Tipo de investigación

El estudio será descriptivo porque se concentrará en evaluar en detalle características como la calidad superficial y el nivel de servicio del pavimento flexible de la carretera Juliaca-Lampa. Para ello se utilizará la viga Benkelman y el rugosímetro Merlin.

Desde el punto de vista del usuario, se prevé que el pavimento, en su calidad de superficie, ofrezca el máximo nivel posible de comodidad y seguridad al caminar sobre él, proporcionando así un nivel excepcional de rendimiento del servicio." Al realizar una investigación con un nivel representativo según estos criterios, es posible determinar que el mantenimiento suficiente de las condiciones de las carreteras, que asegura una mayor adherencia de los vehículos en la carretera, es un factor determinante que repercute en la seguridad y el bienestar de los conductores. (Officials, 1993)

3.4 Población y muestra de la investigación

3.4.1 Población

La población del presente vendrá a ser el pavimento de la carretera Juliaca - Lampa.

3.4.2 Muestra

Un segmento de la calzada Juliaca-Lampa, que va desde la progresiva 0+000 hasta la 4+000, servirá de muestra para el estudio que se realizará. Esta parte se inicia en la intersección de la Av. Ferrocarril y Jr. Aviación y continúa hasta llegar al I.E.P. 70585 Sr. de Huanca, que se encuentra dentro del Centro Comercial Centro Jaran hasta su conclusión.



3.5 Técnicas e instrumentos

Para el presente estudio se emplearán el rugosímetro de Merlin y la viga de Benkelman, para poder establecer la condición superficial y el nivel de serviciabilidad de la carretera Juliaca-Lampa.

Para la recopilación de los datos:

- Fichas de ensayos en campo para la medición de la rugosidad con el rugosímetro de merlin.
- Fichas de ensayos en campo para la medición de la deflexión a través de la viga benkelman.
- Formato de aforo vehicular.
- Verificación de la calibración de cada equipo antes de usar en campo.

Recopilación y procesamiento de datos

- Datos recopilados en campo para el procesamiento en el laboratorio de suelos, concreto y asfalto de la UANCV.
- Verificación de los resultados que se obtuvieron en el laboratorio, para corroborar con los objetivos propuestos.

3.6 Validación y confiabilidad del instrumento

3.6.1 Validación de los instrumentos

La validación de instrumentos de investigación es un proceso fundamental que implica la evaluación sistemática y rigurosa de la confiabilidad y validez de los instrumentos utilizados para recolectar datos en un estudio. Este proceso garantiza que los instrumentos sean adecuados y que produzcan mediciones precisas y válidas de las variables de interés.

La validación del instrumento en esta investigación fue realizada por el encargado de laboratorio.



3.6.2 *Confiabilidad de instrumentos*

La confiabilidad de los instrumentos de investigación se refiere a la consistencia y estabilidad de las mediciones realizadas con dicho instrumento. En otras palabras, un instrumento es confiable si produce resultados consistentes y reproducibles cuando se aplica en condiciones similares y a la misma población. La confiabilidad es un aspecto crucial en la investigación, ya que garantiza que las mediciones obtenidas sean precisas y libres de error aleatorio. Si un instrumento es confiable, se puede confiar en que las diferencias observadas en los resultados son realmente atribuibles a las diferencias en las variables que se están midiendo, y no a la variabilidad inherente al instrumento.

La confiabilidad de los instrumentos fue realizada mediante la estabilidad temporal en donde se cometieron a repetición de los ensayos.

3.7 Procedimiento de recolección de datos

3.7.1 *Desarrollo de la investigación*

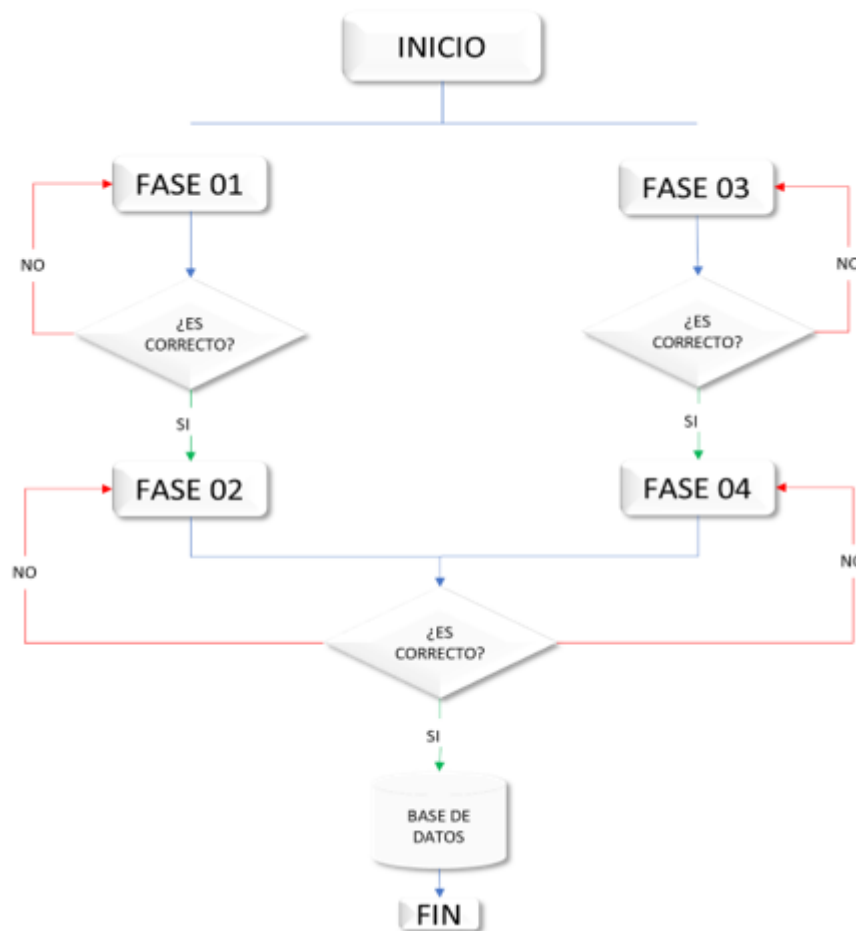
Se emplearán los equipos de rugosímetro de Merlin y la viga de Benkelman.

Para la realización del presente proyecto de investigación se tuvo las siguientes fases

- FASE 01: Selección de la muestra para el ensayo del rugosímetro de Merlin.
Se tomará cada 2 metros en un rango de 200 metros
- FASE 02: Realización del ensayo del rugosímetro de Merlin.
Se empleará el equipo de rugosímetro de Merllin.
- FASE 03: Selección de muestra para el ensayo de la viga de Benkelman
Se tomará muestras cada 50 metros de acuerdo a los ensayos.
- FASE 04: Realización del ensayo de la viga de Benkelman
Se empleará el equipo de la viga Benkelman con un volquete para la lectura de las deflexiones que presenta el pavimento flexible.

Figura 6

Diagrama de flujo para el procedimiento de lo ensayos a ejecutar



Nota: Se puede visualizar el diagrama de flujo para la secuencia de las fases del procedimiento a seguir en cada ensayo a emplear.

3.7.2 Ensayos en laboratorio

A. Rugosímetro de Merlin.

Para la ejecución de dicho ensayo es necesario reconocer el equipo a manipular, el estado en que se encuentra y verificar la calibración, dicho procedimiento requiere la manipulación de 2 personas como mínimo para tener un buen trabajo óptimo, en el cual uno tendrá el rol de la manipulación del equipo del rugosímetro de merlin, mientras que el otro tendrá el rol de recopilar los datos obtenidos en campo, La persona con el rol de manipulación del equipo velara por la calibración del equipo antes del inicio de la ejecución, deberá dar lectura de las elevaciones y depresiones



que se registrara en el equipo, para posteriormente informar los resultados a la persona encargada de registrar los resultados en sus fichas preparadas de campo. Para la determinación de la rugosidad del pavimento a analizar se deberá realizar 200 observaciones en todo el tramo a estudiar (todas las irregularidades que presenta el pavimento flexible), cada una de estas será detectada por el equipo que son indicadas por la posición que adoptará el puntero en la escala graduada del tablero, de ello surgiendo las lecturas requeridas para el registro, cada observación deberá en intervalos regulares por lo general a cada 2 metros de distancia con referencia a la rueda de merlin. (Hernández Cáceres, 2018)

Comenzando en 0+000 y progresando hasta 4+000, el procedimiento se llevó a cabo en un segmento de la carretera Juliaca-Lampa que incluía pavimento flexible. Comenzando en la intersección de la Av. Ferrocarril y Jr. Aviación, se realizó la investigación hasta llegar al P.E.I. 70585 Sr. de Huanca, el cual se encuentra ubicado en el C.C. Centro Jaran.

Fase 01. Selección de la muestra para el ensayo de rugosímetro de Merlin

De los 4 kilómetros que representa el total de la vía en estudio, vía Juliaca-Lampa, como muestra se está considerando un total de 2 kilómetros del total, por tema de que algunas zonas, se encuentran con un deterioro bastante considerable, por lo que se hizo la selección de las muestras de la siguiente manera. Cada muestra se consideró cada 200 metros de longitud. Variando entre carriles.

A continuación, se empleará el equipo de rugosímetro de Merlin para la lectura a cada dos metros en un rango de 200 metros de longitud, antes de iniciar la ejecución del ensayo ya mencionado se debe de calibrar dicho equipo ya mencionado con la pastilla rugosa para calibrar las elevaciones y depresiones del equipo y tomar las primeras 20 muestras y comprobar en laboratorio si es necesario dar una segunda

calibración al equipo y tener mayor confiabilidad al momento de recolectar datos in situ en nuestra zona de muestreo.

Tabla 3*Muestras seleccionadas para el ensayo del Rugosímetro de Merlin*

| M 01 | | M 02 | | M 03 | |
|----------------|----------------|----------------|-------------|-------------|----------------|
| INICIO | FIN | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| KM 0+000.00 | KM 0+200.00 | KM 0+200.00 | KM 0+400.00 | KM 2+000.00 | KM 2+200.00 |
| M 04 | | M 05 | | M 06 | |
| INICIO | FIN | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| KM 2+500.00 | KM 2+700.00 | KM 2+700.00 | KM 2+900.00 | KM 2+900.00 | KM 3+100.00 |
| M 07 | | M 08 | | M 09 | |
| INICIO | FIN | INICIO | FIN | INICIO | FIN |
| KM 3+100.00 | KM 3+300.00 | KM 3+300.00 | KM 3+500.00 | KM 3+500.00 | KM 3+700.00 |
| M 10 | | | | | |
| INICIO | FIN | | | | |
| KM 3+800.00 | KM 4+000.00 | | | | |

Nota: Se puede visualizar la tabla de la toma de muestras en cada kilómetro.

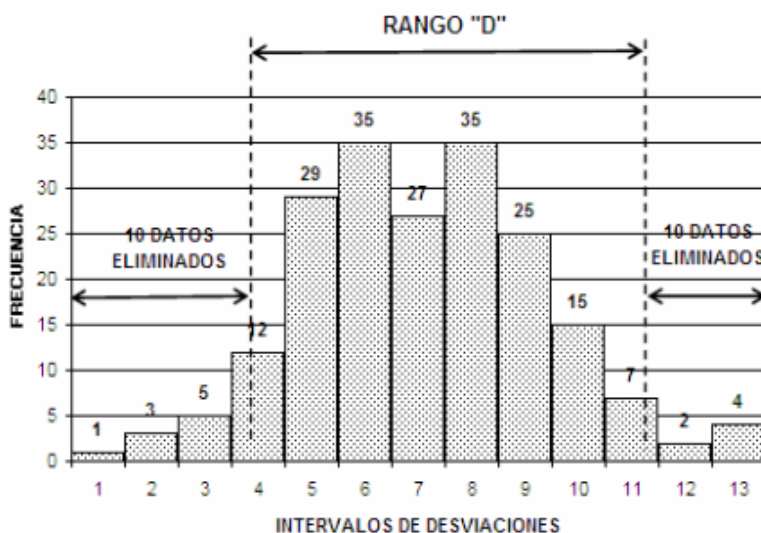
Para obtener el histograma de la distribución de frecuencias, se requieren mediciones continuas en un total de 200 puntos. Este histograma permite evaluar la dispersión de las desviaciones observadas, En la siguiente ilustración se representa el parámetro estadístico "d". Este parámetro representa el nivel de rugosidad del pavimento en la escala Merlin. El rango máximo de "d" debe traducirse a unidades IRI mediante ecuaciones de correlación después de haber

realizado una depuración del 5%, lo que implica eliminar 10 puntos de datos de cada lado del histograma..

Para nuestro caso en total se realizó un total de 10 muestras en total cada 200m, evaluándose un total de 2km del tramo total. Las muestras se evaluaron de manera intercalada, variando entre carriles, para tener una mejor lectura general de la vida Juliaca – Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000.

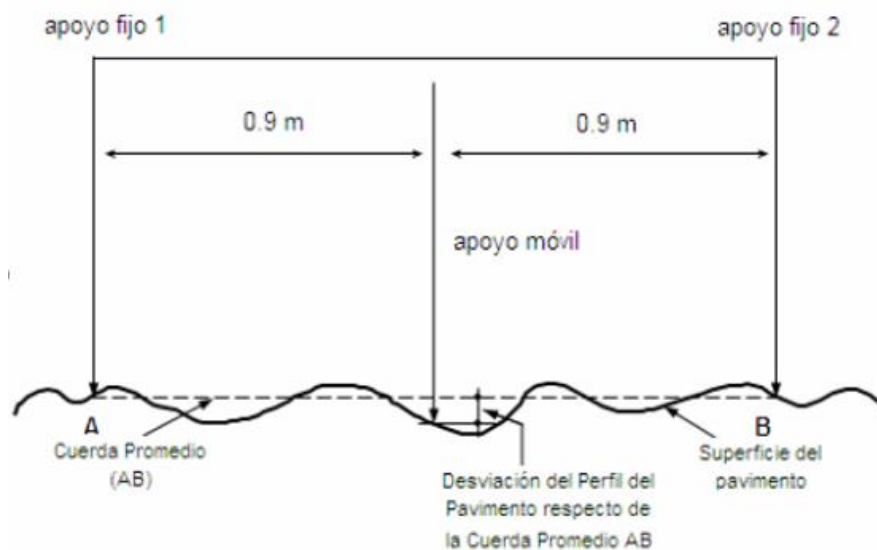
Figura 7

Rango "D"



Según del Águila Rodríguez (1999), es fundamental realizar un análisis de la distribución de las desviaciones superficiales con respecto a una cuerda media para determinar el grado de rugosidad que posee un pavimento.

Como se ha dicho, se utiliza una escala arbitraria de cincuenta unidades para obtener los doscientos datos necesarios para calcular un valor de rugosidad. Cuando el perfil del terreno coincide con la línea media o cuerda, la división 25 de esta escala refleja la posición central del puntero en el tablero. Esto ocurre cuando el perfil del terreno está situado en el centro del tablero. Esto sugiere que el pavimento tiene un perfil muy cercano a una línea recta, lo que indica que el pavimento tiene una baja rugosidad. Las posiciones que se alinean con la división 25 o valores cercanos (baja dispersión) son significativas.

Figura 8*Determinación de la rugosidad*

El componente horizontal llega hasta la parte trasera, y tiene dos asas que permiten levantar y mover el equipo de una forma comparable a la de una carretilla. En el centro del componente horizontal puede encontrarse una prolongación de una barra vertical. En el extremo inferior de la barra hay un brazo pivotante que permite el movimiento. En el extremo inferior del brazo puede encontrarse un patín ajustable sujeto por pernos, Mientras que en el extremo superior concluye con un indicador, la relación de brazo entre el pivote y los segmentos extremos se conserva en toda la configuración. (Hirpahuanca, 2016).

Procedimiento de medición

Al principio, es necesario reconocer y marcar la parte que se va a revisar. Hay un proceso continuo que se lleva a cabo a un ritmo medio de dos kilómetros por hora mientras se utiliza el rugosímetro para medir la superficie. A continuación, se recorre el perfil especificado anteriormente, Durante el proceso de registro de datos en cada vuelta de la rueda, se realiza una observación que corresponde a la posición del puntero en cada vuelta. Este proceso se repite hasta realizar un total de 200

observaciones. Hay tres puntos permanentes e invariables que deben ser apoyados por el equipo durante cada observación. Estos puntos son la rueda, el punto de apoyo fijo en la parte trasera y el estabilizador para la prueba. El equipo debe descansar sobre la superficie de la carretera antes de cada observación.

Para la realización de la evaluación con el rugosímetro Merlin, se recomienda que la evaluación se lleve a cabo en horas de baja demanda de tráfico, teniendo en cuenta también las medidas de seguridad adecuadas. Se requiere la participación de dos personas, que asumirán las responsabilidades de operador y ayudante respectivamente; El contable se encarga de anotar con precisión los datos recibidos por el rugosímetro en la hoja milimetrada, mientras que el operario tiene la obligación de manejar el equipo y obtener las lecturas que le corresponden.

Para calcular la rugosidad con el MERLIN, son necesarias doscientas mediciones. Estas observaciones se realizan a intervalos regulares de dos metros, lo que es aproximadamente comparable a una vuelta completa de la rueda del rugosímetro MERLIN.

La recomendación es representar la escala en una hoja milimetrada. El formato de campo, que se puede descargar en SIGA, consiste en una cuadrícula de 20 filas y 10 columnas que se llena de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha.

Figura 9

Rugosímetro de Merlin



Nota: Se puede visualizar la imagen del equipo de rugosímetro de Merlin en el laboratorio de Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto

En el gabinete se realiza el procesamiento de los datos una vez registradas las lecturas de todos los ejes de los carriles. De acuerdo con los protocolos de la metodología del rugosímetro MERLIN, este procesado se realiza en la investigación mediante una hoja de cálculo que se ha desarrollado de acuerdo con dichos procesos (Huaccha Montenegro, 2019)

Una escala visual que consta de cincuenta divisiones, cada una de las cuales tiene un grosor de cinco milímetros, se conecta al borde del tablero por el que pasa el puntero para registrar las oscilaciones que experimentará el puntero. Al trazar esta escala, se recomienda hacerlo sobre una hoja milimetrada. Es necesario introducir los datos en un formulario de campo, que es una cuadrícula formada por 20 filas y 10 columnas. Los datos deben introducirse en orden descendente, empezando por arriba y bajando hasta abajo, y procediendo de izquierda a derecha.

Fase 02. Realización del ensayo del rugosímetro de Merlin

Se tomó como punto de partida la intersección entre la Av Ferrocarril y la Av Aviación, siendo esta intersección el punto de inicio de la Vía Juliaca -Lampa, tomando como la muestra 200 lecturas por kilómetro en los puntos estratégicos

definidos por los participantes, se optó por tomar ambos carriles, intercalando los mismos.

Se tomó como punto de partida la intersección entre la Av Ferrocarril y la Av Aviación, siendo esta intersección el punto de inicio de la Vía Juliaca -Lampa, tomando como la muestra 200 lecturas por kilómetro en los puntos estratégicos definidos por los participantes, se optó por tomar ambos carriles, intercalando los mismos.

Figura 10

Calibración de equipo para uso en vía Juliaca – Lampa



Nota: Se puede visualizar la imagen de la calibración del rugosímetro de Merlín.

Se procedió a dar lectura con el rugosímetro de Merlín de forma continua, en el carril derecho, se notó presencia de fallas durante el recorrido, lo cual ocasionara variaciones en nuestras lecturas de nuestro ensayo con el paso de dar lectura se puede apreciar que acción puede tomarse en cada tramo, ya se mantenimiento, rehabilitación o construcción.

Al seguir continuando con el ensayo respectivo, se ve claramente en el kilómetro 02 que existe mucha presencia de fallas, tanto en ambos carriles derecho como izquierdo.

Figura 11

Lectura de datos en muestra 02



Nota: Se puede visualizar la imagen del inicio de la recolección de datos en campo con el equipo de rugosímetro de Merlin.

Para registrar los datos relativos a la medición de la rugosidad de la superficie del firme, se utiliza un formulario de campo específico al término del ensayo. Esto demuestra claramente que se ha completado toda la información

Se recomienda que la tripulación realice paradas a intervalos regulares para efectuar observaciones, a menudo con una separación de dos metros. Para ello se utiliza y cubre casi la misma distancia que la distancia en cuestión. Una vez que la rueda ha dado una vuelta, se considera que se ha efectuado cada medición.

Figura 12

Formato usado para toma de datos

**ENSAYOS PARA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN
(HOJA DE CAMPO)**

PROYECTO : _____ OPERADOR : _____
SECTOR : _____ SUPERVISOR : _____
TRAMO : _____ FECHA : _____
CARRIL : _____

ENSAYO N° KM * HORA :

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|--|
| 1 | | | | | | | | | | | TIPO DE PAVIMENTO : |
| 2 | | | | | | | | | | | AFIRMADO <input type="checkbox"/> |
| 3 | | | | | | | | | | | BASE GRANULAR <input type="checkbox"/> |
| 4 | | | | | | | | | | | BASE IMPRESMADA <input type="checkbox"/> |
| 5 | | | | | | | | | | | TRAT. SICAPA <input type="checkbox"/> |
| 6 | | | | | | | | | | | CARPETA EN FRIO <input type="checkbox"/> |
| 7 | | | | | | | | | | | CARP. EN CALIENTE <input type="checkbox"/> |
| 8 | | | | | | | | | | | RECAPO ASFALTICO <input type="checkbox"/> |
| 9 | | | | | | | | | | | SELLO <input type="checkbox"/> |
| 10 | | | | | | | | | | | OTROS <input type="checkbox"/> |
| 11 | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | |

OBSERVACIONES : _____

Nota: Se puede visualizar el formato de recolección de datos obtenidos en campo del ensayo de rugosímetro de Merlin.

Seleccionamos un trozo del carril sometido a prueba de unos 400 metros de longitud para cada uno de los valores del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) considerados. Para realizar las mediciones se seguirá la huella del tráfico exterior en ese trozo. Al tomar cada lectura, los aparatos se colocan a intervalos constantes de dos metros de distancia entre sí. A efectos de este procedimiento, se utiliza como referencia la circunferencia de la rueda que forma parte del aparato Merlin. De este modo se garantiza que cada ensayo se realice dando una vuelta completa a la rueda.

Para registrar los 200 lugares que ha adoptado la aguja del brazo móvil, se realizará a una escala de cincuenta unidades, que se colocará en el tablero del rugosímetro. Para que la dispersión sea baja, es importante que numerosas posiciones coincidan con la división 25 o estén muy cerca de ella. Para ello es necesario registrar varias posiciones. En caso de que el puntero se desplace repetidamente a posiciones

dispersas de la división 25, la situación se denomina dispersión excesiva.. Para determinar si el pavimento presenta o no un perfil con varias inflexiones, lo que es indicativo de una rugosidad importante, se llevará a cabo esta técnica. Para registrar la posición del puntero en una escala que va de 1 a 50 se utiliza un formato de campo con una disposición que consta de 20 columnas y 10 filas. El orden de introducción de los datos en la casilla (1,1) es de izquierda a derecha y de arriba abajo.

Figura 13

Formato de lectura del puntero

| RUGOSIMETRO MERLIN | |
|---------------------------|----|
| 1 DIVISION = 5 mm | |
| DEPRESIONES | 50 |
| | 49 |
| | 48 |
| | 47 |
| | 46 |
| | 45 |
| | 44 |
| | 43 |
| | 42 |
| | 41 |
| ELEVACIONES | 40 |
| | 39 |
| | 38 |
| | 37 |
| | 36 |
| | 35 |
| | 34 |
| | 33 |
| | 32 |
| | 31 |
| | 30 |
| | 29 |
| | 28 |
| | 27 |
| | 26 |
| | 25 |
| | 24 |
| | 23 |
| | 22 |
| | 21 |
| 20 | |
| 19 | |
| 18 | |
| 17 | |
| 16 | |
| 15 | |
| 14 | |
| 13 | |
| 12 | |
| 11 | |
| 10 | |
| 9 | |
| 8 | |
| 7 | |
| 6 | |
| 5 | |
| 4 | |
| 3 | |
| 2 | |
| 1 | |

Nota: Se puede visualizar la grafica de elevaciones y depresiones en el equipo del rugosímetro de Merlin

A continuación, se presenta la primera prueba M-01, asociada a la carretera de salida de Lampa. Los datos que corresponden a esta prueba se presentan de la siguiente manera.

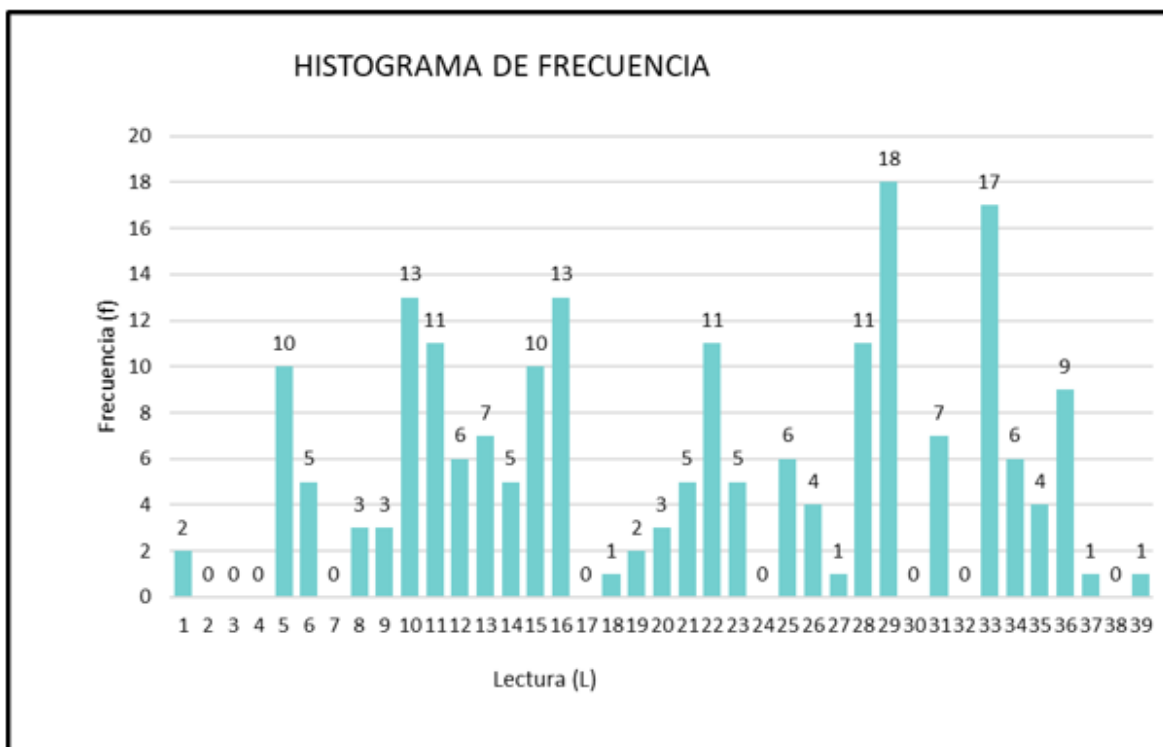
- Registro de mediciones durante el ensayo
- Recuento de desviaciones (v) por intervalo.
- Construcción de un histograma de frecuencias para 200 desviaciones consecutivas

Tal como se aprecia en la figura 59, se tiene el llenado de las lecturas de campo, para la muestra 01 (M-01), este procedimiento se realizó para las 10 muestras.

Como se aprecia en la figura 60, se tiene el histograma de frecuencias obtenido en base a los datos de campo obtenidos.

Figura 14

Histograma de frecuencias M-01



Nota: Se puede visualizar la gráfica de las lecturas del rugosímetro de Merlin.



Mediante el proceso de cálculo de la distribución de frecuencias de las lecturas registradas por el puntero, se estudia la variabilidad de los datos recogidos por el rugosímetro Merlin. El siguiente paso consiste en determinar el rango de los valores que se han recogido en intervalos de frecuencia. Este rango, que servirá como nuestro rango (D), se utilizará para excluir el 10% de los datos que corresponden a posiciones de puntero que no son representativas.

Gráfico de barras que ofrece una representación visual de la distribución de frecuencias y representa la frecuencia de aparición de los datos en forma de barras. Una vez eliminados los datos, comienza el cálculo de la anchura del histograma en unidades de escala. Este cálculo tiene en cuenta las fracciones que se hayan podido producir como consecuencia de la eliminación de datos anteriores.

A partir de este punto se realizan los cálculos para obtener el IRI y el índice de serviciabilidad PSI.

❖ **Corrección por pastilla:**

$$F. C = \frac{ESP. PASTILLA \times 10}{(Lect Inicial - Lect final) \times 5}$$

$$F. C = \frac{6.5 \times 10}{(35 - 25) \times 5}$$

$$F. C = 1.30$$

A. Cálculo del Rango "D"

Para reunir los 200 datos necesarios para determinar el valor de rugosidad, se utiliza una escala arbitraria de cincuenta unidades, como ya se ha mencionado, se considera que la posición del puntero en el cuadro de mandos está en posición central cuando coincide con la división N.25. Esto ocurre cuando el contorno del terreno coincide con la línea media o cuerda. La baja rugosidad se indica mediante



posiciones que coinciden o están próximas a la división 25 (baja dispersión). Esto indica que el pavimento tiene un perfil equivalente o similar a una línea recta, lo que indica que el pavimento tiene este perfil. Por el contrario, las manchas alejadas de la división N°25, que se caracteriza por una dispersión significativa, son indicativas de que el pavimento presenta un perfil caracterizado por una variedad de inflexiones, lo que se traduce en un alto nivel de rugosidad.

Mediante el proceso de cálculo de la distribución de frecuencias de las lecturas o ubicaciones asumidas por el puntero, que luego se representa gráficamente a través de un histograma, se investiga la variabilidad de los datos que fueron adquiridos por MERLIN.

A continuación, se especifica el rango de los valores que se agrupan en intervalos de frecuencia (D). Esto se hace tras eliminar el diez por ciento de los datos, que pueden corresponder a posiciones de puntero incoherentes o no indicativas del conjunto. El dos por ciento (10 datos) del extremo superior del histograma y el cinco por ciento (10 datos) del extremo inferior del histograma no se incluyen en la aplicación práctica.

En el caso de que se hayan eliminado los datos, la «anchura del histograma» se calcula de acuerdo con las unidades de escala, teniendo en cuenta las fracciones resultantes de la eliminación de los datos.

Para convertir el rango D determinado en milímetros, multiplique el número total de unidades por el valor milimétrico de cada unidad, que es 5 mm. Esto le dará el valor milimétrico de ambas unidades.

- ❖ Cálculo de "D"
 - Cola izquierda: 0.80
 - Cola derecha: 0.89
 - Centro: 25
 - D: $D = CI + CD + C$

$$D = 0.80 + 0.89 + 25$$

$$D = 26.69$$

$$D = 26.69 * 5$$

$$D = 133.45 \text{ mm}$$

❖ **Cálculo de "D" corregido**

$$D_{\text{corregido}} = D \times FC$$

$$D_{\text{corregido}} = 133.45 \times 1.30$$

$$D_{\text{corregido}} = 173.49 \text{ mm}$$

a. Correlación del Rango "D" con IRI

Las siguientes frases se utilizan para establecer la correlación entre la rugosidad que se consigue con el Merlin y el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), que es el parámetro que se utiliza para estandarizar los resultados de la amplia gama de equipos accesibles en la actualidad.

Como resultado del Ensayo Internacional de Rugosidad que se llevó a cabo en Brasil en 1982, el TRRL desarrolló inicialmente la fórmula representada por la Ecuación a. Se utiliza con el propósito de evaluar pavimentos que están actualmente en uso, independientemente de si el pavimento tiene una superficie de rodadura granular, asfáltica o de tierra, siempre que el pavimento esté en condiciones satisfactorias sus rugosidades encuentren comprendida en el intervalo indicado.

❖ **Cálculo del IRI (INDICE DE RUGOSIDAD)**

$$IRI = 0.593 + 0.0471 \times D \quad \text{Cuando } D > 50 \text{ mm}$$

$$IRI = 0.0485 \times D \quad \text{Cuando } D < 50 \text{ mm}$$

Entonces:

$$IRI = 0.593 + 0.0471x173.49$$

$$IRI = 8.76m/km$$

❖ **Cálculo del PSI (Índice de serviciabilidad)**

El procedimiento de cálculo del IRI y PSI, se realizó para cada muestra, repitiendo el proceso de cálculo para cada muestra seleccionada.

Para calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI), primero hay que estimar la relación entre la acumulación del movimiento vertical del eje y la relación entre la masa suspendida y la masa no suspendida. A continuación, se utiliza esta relación para determinar la puntuación. La medida definitiva de la regularidad del pavimento es el valor que se obtiene, que se expresa en m/km (metros acumulados por kilómetro recorrido).

Existe una diferencia significativa entre la respuesta de transición y la respuesta inducida por el perfil, y es esencial tener en cuenta el cálculo de los valores iniciales. Cuando la simulación del cuarto de carro se realiza a mayor distancia del perfil aerodinámico, la influencia de esta inicialización resulta menos significativa. Por lo tanto, el método de inicialización que ofrece el mayor nivel de precisión es capturar el perfil como mínimo veinte metros antes del lugar donde comienza la sección (Moyano Raygada, 2020).

En el proceso de medición de la irregularidad superficial se utiliza la Norma INVE-790-13 para la determinación del Índice Internacional de Rugosidad (IRI)

En esta norma se describe un método para determinar la rugosidad de un segmento de pavimento utilizando el Índice Internacional de Rugosidad (IRI). Como base para el cálculo del IRI se utiliza una medición del perfil longitudinal de las huellas exteriores e interiores producidas por la actividad automovilística sobre el

pavimento, Con el fin de contribuir a la creación de estimaciones coherentes del Índice Internacional de Rugosidad (IRI) para las iniciativas de mantenimiento de firmes a nivel de red, se está utilizando un perfilómetro.

El tipo de carretera y la longitud de la carretera que debe examinarse son dos factores que pueden influir en gran medida en la selección del equipo de campo. La topografía, la varilla de medición y el Merlin son ejemplos de dispositivos con menor capacidad de rendimiento que pueden utilizarse para evaluar el IRI en carreteras de menor importancia, Es factible utilizar dispositivos de alto rendimiento, como el perfilómetro inercial, en carreteras de mayor tamaño y extensión. Esto contrasta con la situación de las carreteras más pequeñas, en las que se pueden utilizar equipos menos sofisticados, como la topografía, la varilla de medición o el Merlin, durante el proceso de conducción.

Es de suma importancia conocer el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de cada segmento de carretera. Esto se debe al hecho de que los pavimentos con un IRI relativamente bajo presentan multitud de ventajas, entre ellas la reducción de los gastos asociados al mantenimiento (Hernández Cáceres, 2018).

B. Viga Benkelman

Para el procedimiento del ensayo de la viga benkelman, es necesario una previa verificación del estado del equipo para la ejecución, es un instrumento que nos permite calcular la deflexión de la superficie del pavimento que se va a analizar a través del deflectómetro, funciona bajo la acción de una carga normalizada, transmitida por medio de las ruedas en este caso en el medio del eje simple de un volquete, con ello obtener la deflexión que tendrá el pavimento (Triviño Molina & Moll Martínez, 2022).

Para la ejecución es necesario contar como mínimo 2 personas como mínimo y 1 operador del volquete, el primero llevara el rol de lecturar las deflexiones del deflectómetro cuando el volquete este en movimiento, el segundo estará a cargo de

anotar en la hoja de campo anotando las deflexiones, indicar al operador la distancia que va a recorrer para lecturar el deflectómetro.

El siguiente procedimiento se realizó en la carretera de pavimento flexible intercalando los carriles a cada 500 metros, Por la parte de la calzada Juliaca-Lampa que se extiende desde la intersección de la Av. Ferrocarril y Jr. Aviación hasta el I.E.P. 70585 Sr de Huanca en el Centro Jaran Centre, iniciando en la progresiva 0+000 y continuando por la 4+000

Fase 03. Selección de muestra para el ensayo de la viga de Benkelman

Determinación de las deflexiones

Es posible interpretar la información obtenida sobre el terreno con la viga Benkelman como la capacidad del firme para volver a su estado inicial. Es importante realizar una conversión particular para determinar las deflexiones.

$$D_0 = (L_0 - Lf) * K * C$$

Inmediatamente después de haber obtenido las lecturas mediante la utilización de la viga Benkelman, es necesario multiplicarlas por el índice del dial. Es esencial tener en cuenta que la temperatura puede influir en las deflexiones que se producen en los pavimentos que tienen una capa de asfalto de más de 5 centímetros, En condiciones de temperatura elevada, su valor aumenta; por lo tanto, es esencial hacer modificaciones en las deflexiones para normalizarlas a una temperatura estándar de 20 grados centígrados. Para ello debe utilizarse la siguiente ecuación, basada en datos de campo.

$$D_c = \frac{\text{Deflexiones de campo}}{\left[1 * \frac{10^{-3}}{cm^{\circ}C} * e * x (T - 20^{\circ}C) \right] + 1}$$



Antes de comenzar el ensayo de deflectometría, se mide la temperatura en cada punto introduciendo un termómetro en el pavimento a una profundidad aproximada de 4 centímetros. Esto se hace antes de comenzar la evaluación (Balarezo Zapata, 2017).

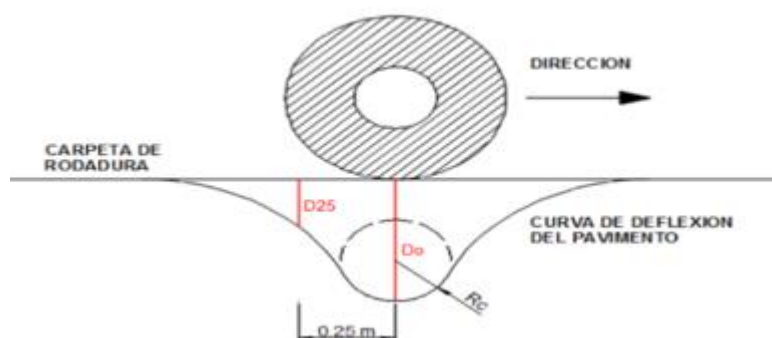
Determinación del radio de curvatura

El grado de deformación lineal que sufren las capas elásticas al flexionarse bajo la acción de las cargas del vehículo viene determinado por la curvatura de la línea de deformación elástica, que es un componente especialmente importante porque dicta el grado de deformación lineal.

¿Sería posible explicar este texto de otra manera, utilizando palabras, verbos, conectores y conjugaciones diferentes, pero transmitiendo el mismo mensaje de forma inteligible y técnica?.

En la región de curvatura máxima, el parámetro de la parábola coincide con el radio del arco oscular en ese punto, que está directamente bajo el centro del eje de la rueda cargada. Esta es la característica que define la curvatura de la parábola. De acuerdo con el enfoque metodológico francés, la expresión del radio de curvatura se formula como se indica a continuación.

$$R_c = \frac{10 * 25^2}{2 * (D_0 - D_{25})}$$

Figura 15*Deformación del pavimento y radio de curvatura*

Nota: Se observa la deformación del pavimento, Reyes Lizcano, 2003

Deflexión característica

Un indicador estadístico que se utiliza para proporcionar una descripción significativa de las condiciones del firme es la deflexión característica. Para calcular la flecha característica es necesario disponer de un conjunto de datos de las flechas máximas recuperables (D_0) de la sección que se está evaluando. Además, es importante establecer los parámetros estadísticos que se correlacionan con estos datos para calcular la deformación característica.

La distribución de frecuencias de las deformaciones observadas en una sección de firme presenta una distribución de frecuencias comparable a una distribución normal, según las investigaciones realizadas sobre las deformaciones recuperables.

Como resultado, la desviación media (D), la desviación típica (σ) y el coeficiente de variación (CV) se han calculado utilizando las siguientes fórmulas, donde n representa el número de mediciones. Para ello se han tomado las desviaciones individuales y se ha supuesto que siguen una distribución gaussiana.

Deflexión promedio

$$\bar{D} = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n}$$

Desviación estándar

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (D_i - \bar{D})^2}{(n-1)}}, \text{ para } n > 30$$

Coeficiente de variación

$$CV = \frac{\sigma}{\bar{D}} * 100$$

Existe un mayor grado de variabilidad en estos casos debido al hecho de que la desviación estándar aumenta con el incremento de las deflexiones, y las deflexiones más grandes se asocian típicamente con pavimentos que son generalmente más débiles, Cuando la deflexión de diseño se utiliza en cualquier método para el cálculo de la armadura, es necesario basarse tanto en la deflexión media como en los cálculos de dispersión.

En el campo del diseño, se utiliza la flexión típica, que es un valor que caracteriza con mayor precisión una determinada sección. De acuerdo con la norma que se suele utilizar en el análisis estadístico, se denomina deflexión característica.

Deflexión característica

$$D_c = \bar{D} + t * \sigma$$

Aforo de vehículos

La recogida de información relativa al número de vehículos se realizó manualmente durante los días laborables, comenzando el lunes y continuando hasta el domingo.

Tabla 4*Factores de distribución carril*

| N° carriles en 1 dirección | %ESAL en el carril de diseño |
|----------------------------|------------------------------|
| 1 | 100 |
| 2 | 80 - 100 |
| 3 | 60 - 80 |
| 4 | 50 - 75 |

Nota. Se observa la clasificación de carril según al Esals , obtenida de AASHTO, 1993

Determinación de los ejes equivalentes

ESAL, que significa carga equivalente por eje, es otro nombre para los ejes equivalentes. Los ejes equivalentes se utilizan para describir el número de repeticiones de una carga por eje equivalente de 80 kN durante un tiempo predeterminado. A efectos del cálculo del tráfico, se utiliza esta carga equivalente, Es posible tener en cuenta los valores ESAL en relación con la cantidad de tráfico que circula por la carretera. Esto se debe a que los coches son diversos, y cada uno tiene una influencia diferente en función de las cargas que transporta. Sin embargo, en general se está de acuerdo en que realizar un aforo del vehículo es la opción más fiable.

Tabla 5*Relación del ESAL y el volumen de transito*

| | |
|---------------------|-------------------------|
| Volumen de transito | N° de ejes equivalentes |
| Transito alto | ESAL $\geq 10^7$ |
| Transito medio | 10^8 ESAL $< 10^7$ |
| Transito bajo | ESAL $< 10^6$ |

Nota. Se puede visualizar la tabla AASHTO 93

Para calcular la desviación típica se sigue el proceso siguiente: Una vez obtenidas las deflexiones corregidas, el siguiente paso es calcular la media aritmética de estas deflexiones, que también se denomina deflexión media.

$$D_{prom} = \sum_{i=1}^n D_i / n$$



Se tiene:

D_{prom} : Es la deflexión promedio

D_i : Es la deflexión máxima registrada en todos los puntos de ensayo

n : Es la cantidad de medidas realizadas 57

Luego se determina la desviación estándar según.

$$\sigma = \sqrt{\sum (D_i - D_{prom})^2 / (n - 1)}$$

Es importante señalar que esta correlación aplica únicamente a registros iguales o inferiores a 30.

$n \leq 30$; es decir para muestras menores a 30

Determinación de la deflexión admisible

En el contexto de las circunstancias de carga de tráfico de diseño, la deflexión admisible se define como la cantidad máxima de deflexión que el pavimento es capaz de soportar antes de alcanzar el umbral de fatiga.

Para calcular la deflexión admisible, se emplea la siguiente relación.

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N_{18}}\right)^{\frac{1}{4}}$$

Se tiene que:

D_{adm} : Es la deflexión admisible en un periodo de tiempo definido.

N_{18} : Numero repeticiones de ejes equivalentes a 8.2 ton

Cuando la deflexión admisible es mayor que la deflexión característica, podemos decir que el firme se encuentra en estado funcional. Por otro lado, cuando la deflexión característica es mayor que la deflexión admisible, podemos decir que el firme no se encuentra en estado funcional, Se infiere que el pavimento ha entrado

en estado de fatiga, lo que indica que ha alcanzado o superado su periodo de diseño y está recibiendo cargas superiores a las previstas en su diseño inicial.

ANÁLISIS:

Con los parámetros calculados se procede al siguiente análisis:

Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y Radio de curvatura

Tabla 6

Características del pavimento de acuerdo al tipo de deflexión y Radio de curvatura

| TIPO DE DEFLEXIÓN | COMPORTAMIENTO DE LA SUBRASANTE | COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO |
|-------------------|---------------------------------|------------------------------|
| TIPO I | BUENO $DC < DA$ | BUENO $RC > 100$ |
| TIPO II | MALO $DC > DA$ | BUENO $RC < 100$ |
| TIPO III | BUENO $DC < DA$ | MALO $RC < 100$ |
| TIPO IV | MALO $DC > DA$ | MALO $RC < 100$ |

Nota: Se puede visualizar la tabla de clasificación del comportamiento de pavimento según la deflexión.

Tabla 7

Características del pavimento de acuerdo al cuenco de deflexiones

| TIPO | CURVA MEDIDA | PAVIMENTO EVALUADO |
|------|-----------------------------|---------------------------------|
| I | CURVA EXTENSA POCO PROFUNDA | BUEN PAVIMENTO BUENA SUBRASANTE |
| II | CURVA EXTENSA PROFUNDA | BUEN PAVIMENTO MALA SUBRASANTE |
| III | CURVA CORTA POCO PROFUNDA | MAL PAVIMENTO BUENA SUBRASANTE |
| IV | CURVA CORTA PROFUNDA | MALA PAVIMENTO MALA SUBRASANTE |

Nota: Se puede visualizar la tabla de clasificación de caracterización del pavimento según al cuenco de las deflexiones.



Fase 04. Realización del ensayo de la viga de Benkelman

Procedimiento para medir las deflexiones usando la viga benkelman

Para llevar a cabo el tratamiento se utilizará la viga Benkelman, que es un dispositivo que funciona según el principio de una palanca. Un extremo de este dispositivo se coloca de manera que descansa sobre el pavimento que se ha doblado como resultado del peso que se ha aplicado, mientras que el otro extremo está muy cerca de un extensómetro de alta precisión que tiene un dial calibrado en fracciones de milímetro.

Mientras que la relación de brazos del aparato y la capacidad del dial para proporcionar mediciones precisas son los factores que determinan automáticamente si las lecturas requieren o no algún ajuste.

El único eje trasero de un vehículo equipado con dos neumáticos es el responsable de proporcionar el peso que se empleó en las pruebas, que ascendió a un total de 18.000 libras (8.200 kg). Es de suma importancia garantizar que la presión de inflado de los neumáticos se mantenga en 5,6 kg/cm² (80 libras por centímetro cuadrado). De hecho, se reconoce que la carga que se utilizó en las pruebas puede estar sujeta a cambios que caen dentro del rango de más o menos 1.%.

Para comenzar la prueba con la viga Benkelman, es necesario localizar cuidadosamente una línea que vaya en dirección opuesta a la carretera. El punto de la prueba se coloca sobre esta línea indicada a una distancia que se ha determinado previamente del borde. Para obtener resultados óptimos, se recomienda recoger datos a intervalos de cincuenta o cien metros, alternando entre cada carril. Estos lugares deben estar situados a una distancia determinada dentro del carril desde el borde de la berma del pavimento, de acuerdo con las distancias que se recomiendan en el cuadro 8 (MTC, 2016).

Tabla 8

Distancias para ensayos

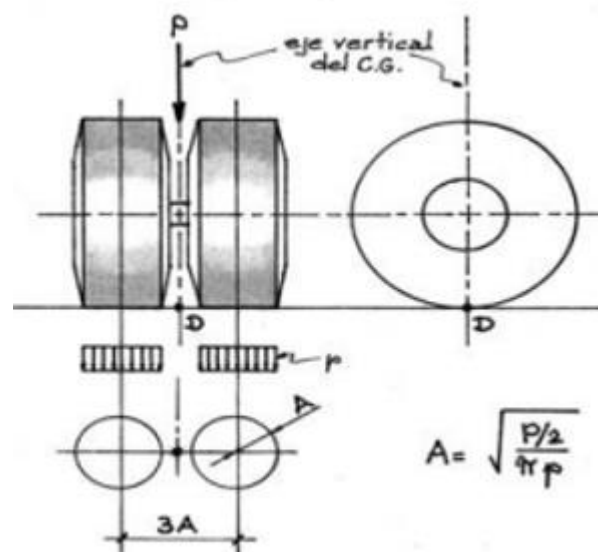
| Ancho del carril | Distancia del punto de ensayo desde el borde del pavimento |
|------------------|--|
| 2.70 m | 0.45 m |
| 3.00 m | 0.60 m |
| 3.30 m | 0.75 m |
| 3.60 m o más | 0.90 m |

Nota. Obtenida del manual de Carreteras: Ensayo de Materiales. (MTC, 2016).

Una vez determinados los puntos de medición, la rueda gemela del camión debe colocarse en el punto que se le haya asignado. El extremo de la viga Benkelman se coloca de forma que quede por debajo del eje vertical del centro de gravedad de las ruedas gemelas, y hay una tolerancia de alcance de tres pulgadas alrededor del punto.

Figura 16

Punto de ubicación del extremo de la viga Benkelman

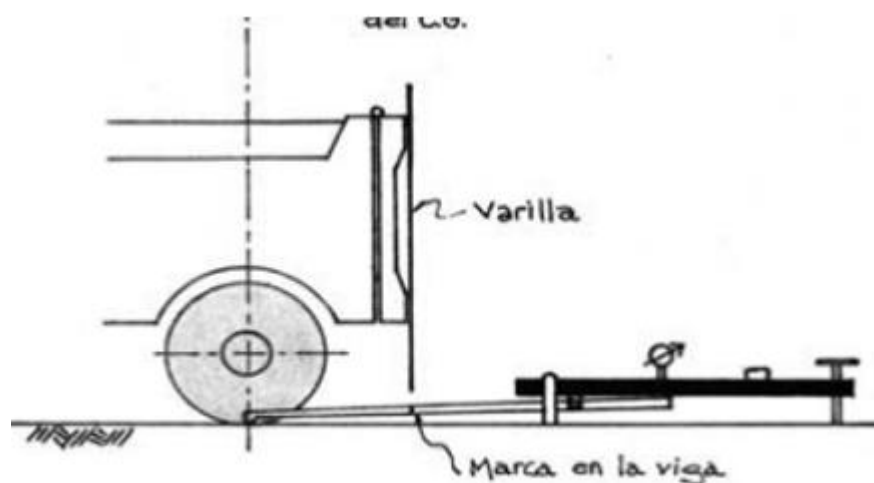


Dada la complejidad visual y operativa asociada con la alineación precisa del extremo de la viga Benkelman con el eje de gravedad, se llevará a cabo la siguiente

tarea: Fijando una varilla de madera a la parte trasera del camión, el extremo de la viga Benkelman se coloca sobre el eje de gravedad, que se sitúa fuera de los neumáticos. Esto permite utilizar la plomada para marcar la posición de la viga. Basta con alinear la plomada con la marca situada en la parte trasera del camión en cada uno de los puntos de medición posteriores. La viga Benkelman debe alinearse horizontalmente con la dirección en la que se mueve el camión volquete. Se trata de una parte absolutamente necesaria del proceso.

Figura 17

Geometría de colocación de la viga Benkelman



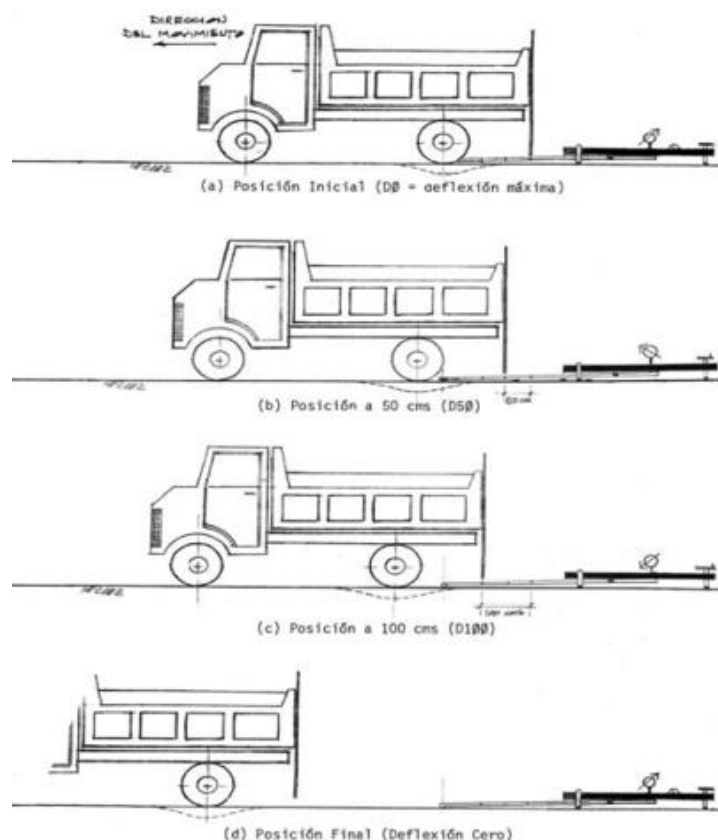
Nota. Estudios de Evaluación Estructural de Pavimentos Basados en la Interpretación de Curvas de Deflexiones. (Hoffman y Del Águila, 1985).

Las desviaciones adicionales son las distancias adicionales que se medirán en un punto. Estas distancias adicionales incluirán cada 25, 30, 40 o 50 centímetros. Las mediciones se realizarán en un punto a varias distancias. La medición inicial se realiza a una distancia de 0 centímetros, y corresponde a la deflexión máxima. Es la desviación que se mide en el punto que coincide con el eje de gravedad de los neumáticos dobles.

Cuando se utiliza este método de análisis, es necesario obtener al menos tres mediciones; se pueden obtener lecturas adicionales con el fin de verificar los resultados o si se solicita un gráfico que muestre el tipo de curva de deflexión que se formó. Según estipula la normativa, la marca "adicional" inicial debe colocarse a una distancia que garantice que su desviación es la mitad de la desviación máxima o se encuentra dentro de un intervalo del 35 al 65% de la desviación máxima. Se exige que la segunda marca adicional se registre a una distancia que sea el doble de la distancia que se registró para la primera marca adicional.

Figura 18

Procedimiento de medición de deflexión



Nota: Se puede visualizar la imagen de la ejecución en la toma de deflexiones de la viga Benkelman.

Tras el ajuste de las marcas adicionales, el dial del extensómetro se pone a cero para completar el proceso de inicialización. Como la varilla, que se monta en la

parte trasera del camión, coincide con las distancias de la primera y la segunda marca adicionales, las mediciones se registran mientras el camión circula a muy baja velocidad (se recomienda mantener la velocidad a un kilómetro por hora), A una distancia aproximada de 5 a 6 metros, se recogen lecturas hasta que el camión se ha alejado lo suficiente del lugar de ensayo y el reloj comparador se ha estabilizado. Esto ocurre cuando el camión se ha desplazado una distancia suficiente.

Se necesitarán tres operarios para completar con éxito este trabajo de campo. Es necesario que uno de ellos sea un operario cualificado que se encargue de realizar las medidas y suministrar las lecturas adecuadas, Será necesario contar con tres personas para llevar a cabo esta tarea concreta. Un operario cualificado realizará las mediciones y otra persona se encargará de registrarlas. Las mediciones serán realizadas por el operario cualificado. Además, un ayudante se coordinará con el conductor del camión y avisará al operario cualificado cuando la barra que está sujeta al camión se encuentre con las marcas que hay en la viga Benkelman.

Figura 19

Posicionamiento y lectura de diales en la viga Benkelman en primer kilometro



Nota: Se puede visualizar en la imagen las lecturas del dial del equipo.

Figura 20

Lectura de diales a medida que avanza el volquete



Nota: Se puede visualizar de la imagen la lectura de las deformaciones mediante el dial en el equipo de la viga Benkelman mientras el volquete esta en marcha.

Formatos de inspección

Figura 21

Formato para la viga Benkelman

| PROGRESIVA KM | LECTURA DE VIGA EN DIALES | | | | HORA |
|---------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|------|
| | Lectura Inicial | L (25 cm) | L (75 cm) | Lf (Dmáx) | |
| | Lo (0 cm) | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Nota: Se puede visualizar la imagen del formato a considerar para la recolección de datos obtenidos en campo en la ejecución del ensayo de la viga Benkelman.

Figura 22

Unidades de muestra

| PROGRESIVA KM | LECTURA DE VIGA EN DIALES | | | | TEMP. AMBIENTE °C | TEMP. PAVIMENTO °C | HORA |
|------------------|---------------------------|-----------|-----------|----------|-------------------------|--------------------------|------|
| | Lectura Inicial | L (25 cm) | L (75 cm) | L (0 cm) | | | |
| | Lo (0 cm) | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Nota: Se puede visualizar la imagen de las consideraciones de las lecturas de los diales en unidades de muestreo.

Figura 23

Interpretación de resultados

| PROGRESIVA KM | DEFLEXION DIALES | | DEFLEXION mm x 10 ⁻² | |
|------------------|------------------|-------|---------------------------------|-------|
| | 0 cm. | 25 cm | 0 cm. | 25 cm |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Nota: Se puede visualizar la gráfica para la interpretación de los resultados obtenidos en campo en cada kilometraje.

Figura 24

Corrección de datos

| PROGRESIVA KM | CORRECCION TEMP. | DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 ⁻² | | | | |
|------------------|---------------------|---|----------------|-------------------|----------------|-----------------|
| | | Do | DMP | DSTD | D _c | D ₂₅ |
| | "K" | 0 cm. | D _p | D _{std.} | | 25 cm. |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Nota: Se puede visualizar en la siguiente imagen la consideraciones a tomar para la corrección de datos obtenidos en campo.



3.8 Procesamiento y análisis de datos

Debido a que es la fase en la que los datos brutos se transforman en información relevante y valiosa, la fase de tratamiento de datos es una parte esencial de cualquier evaluación o investigación. Un análisis exhaustivo de los datos, que garantice su exactitud y calidad, es el primer paso de este procedimiento. A continuación, los datos se organizan y analizan con la ayuda de diversas herramientas, como hojas de cálculo, que ayudan a identificar patrones y tendencias significativos. A continuación, se realiza un análisis exhaustivo para extraer la información pertinente y se sintetizan los resultados para tomar decisiones basadas en datos fiables. Por último, los resultados se presentan de forma inequívoca y fácil de comprender. Esto puede implicar la utilización de tablas o presentaciones que ayuden a la interpretación y aplicación práctica de los resultados.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Presentación y análisis de resultados

En este capítulo, se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado en el laboratorio sobre ladrillos artesanales, incluyendo aquellos en los que se incorporaron cenizas de queñoa y cenizas de tallo de quinua en el distrito de Pomata.

4.1.1 *Rugosidad promedio del pavimento flexible de la vía Juliaca – Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000 (nivel de servicialidad)*

Según el ensayo del Rugosímetro de Merlin aplicado en la vía Juliaca-Lampa se tienen los siguientes resultados para cada muestra tomada cada 200 m.

Se puede apreciar la tabla 12 en donde clasificaremos según el resultado calculado con los datos obtenidos en campo a través del rugosímetro de Merlin para poder clasificar que tipo de pavimento se presenta según el rango del PSI calculado a través de la multiplicación de una constante según el manual de Merliner

Tabla 9

Índice de servicialidad PSI

| Índice de Serviciabilidad (PSI) | Calificación |
|---------------------------------|--------------|
| 5 – 4 | Muy Buena |

| | |
|-------|----------|
| 4 – 3 | Buena |
| 3 – 2 | Regular |
| 2 – 1 | Mala |
| 1 – 0 | Muy mala |

Nota: Se puede visualizar la tabla de clasificación del pavimento según el PSI obtenido.

Para la primera muestra se consideró desde la progresiva 0+000 hasta 0+200.

Tomándose el carril izquierdo.

Tabla 10

Índice de servicialidad psi, p. 0+000 hasta 0+200

Nota: Se puede

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del índice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| : carretera salida a lampa | | | | | |
| Carril derecho | 5.25 | 1.93 | 2.00 | 1.79 | 1.91 |

visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 16 se tiene un PSI total de 0.7 para el tramo 0+000 hasta 0+200, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MUY MALA, por lo cual el tramo evaluado no cumple con las características de confort para el tránsito de vehículos

Para la segunda muestra se consideró desde la progresiva 0+200 hasta 0+400.

Tomándose el carril derecho

Tabla 11

Índice de servicialidad psi, p. 0+200 hasta 0+400

| Servicialidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del índice de servicialidad presente | | | | | |
| Vía | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| Salida puno (av. Manuel nuñez butron) | | | | | |
| Carril izquierdo | 8,76 | 1,02 | 0,88 | 0,19 | 0,7 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 17 se tiene un PSI total de 1.91 para el tramo 0+200 hasta 0+400, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MALA.

Para la tercera muestra se consideró desde la progresiva 2+000 hasta 2+200. Tomándose el carril derecho

Tabla 12

Índice de serviciabilidad psi, p. 2.000 hasta 2+200

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| Salida puno (av. Manuel nuñez butron) | | | | | |
| Carril derecho | 5.77 | 1.75 | 1.81 | 1.56 | 1.71 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 18 se tiene un PSI total de 1.71 para el tramo 2+000 hasta 2+200, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MALA.

Para la cuarta muestra se consideró desde la progresiva 2+500 hasta 2+700. Tomándose el carril izquierdo

Tabla 13

Índice de serviciabilidad psi, p. 2+500 hasta 2+700

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| carretera salida a lampa | | | | | |
| Carril izquierdo | 5.31 | 1.90 | 1.98 | 1.77 | 1.88 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 19 se tiene un PSI total de 1.88 para el tramo 2+500 hasta 2+700, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MALA.

Para la quinta muestra se consideró desde la progresiva 2+700 hasta 2+900. Tomándose el carril izquierdo

Tabla 14

Índice de serviciabilidad psi, p. 2+700 hasta 2+900

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| : carretera salida a lampa | | | | | |
| Carril izquierdo | 5.72 | 1.77 | 1.83 | 1.58 | 1.73 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 20 se tiene un PSI total de 1.73 para el tramo 2+700 hasta 2+900, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como mala.

Para la sexta muestra se consideró desde la progresiva 2+900 hasta 3+100. Tomándose el carril derecho.

Tabla 15

Índice de serviciabilidad psi, p. 2+900 hasta 3+100

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| : carretera salida a lampa | | | | | |
| Carril derecho | 6.80 | 1.45 | 1.47 | 1.09 | 1.34 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 21 se tiene un PSI total de 1.34 para el tramo 2+900 hasta 3+100, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MALA.

Para la séptima muestra se consideró desde la progresiva 3+100 hasta 3+300. Tomándose el carril izquierdo

Tabla 16

Índice de serviciabilidad psi, p. 3+100 hasta 3+300

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| Salida puno (av. Manuel nuñez butron) | | | | | |
| Carril izquierdo | 8.12 | 1.14 | 1.06 | 0.49 | 0.90 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 22 se tiene un PSI total de 0.90 para el tramo 3+100 hasta 3+300, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MUY MALA. No cumpliendo con las características de confort para un tránsito adecuado

Para la octava muestra se consideró desde la progresiva 3+300 hasta 3+500. Tomándose el carril izquierdo

Tabla 17

Índice de serviciabilidad psi, p. 3+300 hasta 3+500

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| Salida puno (av. Manuel nuñez butron) | | | | | |
| Carril izquierdo | 8,29 | 1,11 | 1,01 | 0,41 | 0,84 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 23 se tiene un PSI total de 0.84 para el tramo 3+300 hasta 3+500, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MUY MALA, por lo cual el tramo evaluado no cumple con las características de confort para el tránsito de vehículos.

Para la novena muestra se consideró desde la progresiva 3+500 hasta 3+700. Tomándose el carril derecho.

Tabla 18

Índice de serviciabilidad psi, p. 3+500 hasta 3+700

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| : Carretera salida a lampa | | | | | |
| Carril derecho | 6.11 | 1.65 | 1.70 | 1.4 | 1.58 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 24 se tiene un PSI total de 1.58 para el tramo 3+500 hasta 3+700, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MALA.

Para la décima muestra se consideró desde la progresiva 3+800 hasta 4+000. Tomándose el carril derecho.

Tabla 19

Índice de serviciabilidad psi, p. 3+800 hasta 4+000

| Serviciabilidad de los pavimentos evaluados | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| Calculo del indice de serviciabilidad presente | | | | | |
| Via | Iri | Psi(1) | Psi(2) | Psi(3) | Psi total |
| Salida puno (av. Manuel nuñez butron) | | | | | |
| Carril izquierdo | 6,51 | 1,53 | 1,56 | 1,22 | 1,44 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: Según la tabla 25 se tiene un PSI total de 1.44 para el tramo 3+800 hasta 4+000, para lo cual según la tabla de índice de serviciabilidad se clasifica como MALA

Resumen de resultados de IRI y PSI

Tabla 20

Rugosidad promedio IRI y nivel de serviciabilidad PSI

| INICIO | FINAL | IRI | PSI |
|----------------|----------|----------|------|
| P.0+000 | P. 0+200 | 8.76 | 0.7 |
| P.0+200 | P. 0+400 | 5.25 | 1.91 |
| P.2+000 | P. 2+200 | 5.77 | 1.71 |
| P.2+500 | P. 2+700 | 5.31 | 1.88 |
| P.2+700 | P. 2+900 | 5.72 | 1.73 |
| P.2+900 | P. 3+100 | 6.8 | 1.34 |
| P.3+100 | P. 3+300 | 8.12 | 0.9 |
| P.3+300 | P. 3+500 | 8,29 | 0,84 |
| P.3+500 | P. 3+700 | 6.11 | 1.58 |
| P.3+800 | P. 4+000 | 6.51 | 1.44 |
| PROMEDIO TOTAL | | 6.66m/km | 1.4 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del resumen del índice de serviciabilidad según el PSI obtenido.

Interpretación: En la tabla 26 se puede observar la rugosidad promedio del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000, siendo este de 6.66 m/km, así como también el nivel de serviciabilidad, teniéndose un valor promedio de 1.40 según la tabla 25 clasificándose como MALA, lo cual nos indica una baja serviciabilidad, tendiendo a MUY MALA.

4.1.2 Deflexión en el pavimento de la vía Juliaca – Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000

Características de la viga Benkelman del laboratorio de Mecánica de suelos, concreto y asfalto.

Tabla 21

Características de la viga benkelman utilizada en campo

| características | valor |
|-----------------|-------|
|-----------------|-------|

| | |
|--------------------|----------|
| relación de brazo | 4:10 |
| dial de precisión | 0.010 mm |
| factor estabilidad | 1.000 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las características del equipo.

Según el ensayo de la viga Benkelman a intervalos de cincuenta metros, los puntos que se seleccionaron están situados de manera que alternan entre los carriles derecho e izquierdo. En total se sondearon dieciséis puntos, cada uno de los cuales estaba situado a una distancia de noventa centímetros del borde de la berma en la dirección del eje del carril., tomando una muestra de 750 metros del primer tramo del kilómetro 0+000 al 1+000, se obtuvo lo siguiente:

Según el ensayo de deflectometría con el ensayo de la viga Benkelman evaluada a cada 50 metros.

Deflexiones del carril izquierdo y derecho

Tabla 22

Lecturas del carril derecho, p. 0+000 hasta 1+000

| Progresiva km | Lectura de viga en diales | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Lectura inicial Lo (0 cm) | L (25 cm) | L (75 cm) | Lf (dmáx) |
| 00+000 | 0,00 | 16 | 20 | 27 |
| 00+050 | 0,00 | 16 | 21 | 29 |
| 00+100 | 0,00 | 17 | 18 | 28 |
| 00+150 | 0,00 | 17 | 22 | 29 |
| 00+200 | 0,00 | 16 | 19 | 27 |
| 00+250 | 0,00 | 15 | 17 | 29 |
| 00+300 | 0,00 | 18 | 23 | 28 |
| 00+350 | 0,00 | 16 | 16 | 27 |
| 00+400 | 0,00 | 15 | 19 | 29 |
| 00+450 | 0,00 | 17 | 26 | 30 |
| 00+500 | 0,00 | 13 | 21 | 25 |
| 00+550 | 0,00 | 14 | 14 | 26 |



| | | | | |
|--------|------|----|----|----|
| 00+600 | 0,00 | 16 | 25 | 28 |
| 00+650 | 0,00 | 17 | 22 | 28 |
| 00+700 | 0,00 | 16 | 19 | 28 |
| 00+750 | 0,00 | 15 | 18 | 30 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas predominantes en el tramo que van siendo recopiladas en campo y evaluadas en puntos de 50 metros desde el kilómetro 0+000 hasta el 0+0750.

Tabla 23

Lecturas del carril izquierda, p. 1+000 hasta 2+000

| PROGRESIVA KM | LECTURA DE VIGA EN DIALES | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Lectura Inicial Lo (0 cm) | L (25 cm) | L (75 cm) | Lf (Dmáx) |
| 1+250 | 0,00 | 19 | 21 | 34 |
| 1+300 | 0,00 | 18 | 18 | 32 |
| 1+350 | 0,00 | 18 | 22 | 33 |
| 1+400 | 0,00 | 19 | 20 | 33 |
| 1+450 | 0,00 | 16 | 25 | 31 |
| 1+500 | 0,00 | 17 | 26 | 32 |
| 1+550 | 0,00 | 19 | 25 | 33 |
| 1+600 | 0,00 | 18 | 24 | 35 |
| 1+650 | 0,00 | 19 | 22 | 31 |
| 1+700 | 0,00 | 20 | 23 | 34 |
| 1+750 | 0,00 | 19 | 23 | 32 |
| 1+800 | 0,00 | 17 | 24 | 34 |
| 1+850 | 0,00 | 18 | 26 | 35 |



| | | | | |
|-------|------|----|----|----|
| 1+900 | 0,00 | 19 | 24 | 33 |
| 1+950 | 0,00 | 19 | 26 | 31 |
| 2+000 | 0,00 | 17 | 24 | 32 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas predominantes en el tramo que van siendo recopiladas en campo y evaluadas en puntos de 50 metros desde el kilómetro 1+250 hasta el 2+000

Tabla 24

Lecturas del carril izquierdo, p. 2+000 hasta 2+750

| Progresiva km | Lectura de viga en diales | | | |
|---------------|---------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Lectura inicial | L (25 cm) | L (75 cm) | Lf (dmáx) |
| | Lo (0 cm) | | | |
| 2+000 | 0,00 | 19 | 28 | 29 |
| 2+050 | 0,00 | 18 | 31 | 30 |
| 2+100 | 0,00 | 17 | 31 | 29 |
| 2+150 | 0,00 | 17 | 29 | 28 |
| 2+200 | 0,00 | 18 | 27 | 28 |
| 2+250 | 0,00 | 19 | 31 | 26 |
| 2+300 | 0,00 | 18 | 30 | 27 |
| 2+350 | 0,00 | 18 | 29 | 25 |
| 2+400 | 0,00 | 19 | 27 | 30 |
| 2+450 | 0,00 | 17 | 30 | 29 |
| 2+500 | 0,00 | 17 | 25 | 27 |
| 2+550 | 0,00 | 18 | 29 | 28 |



| | | | | |
|-------|------|----|----|----|
| 2+600 | 0,00 | 19 | 39 | 30 |
| 2+650 | 0,00 | 18 | 25 | 28 |
| 2+700 | 0,00 | 17 | 31 | 25 |
| 2+750 | 0,00 | 17 | 25 | 26 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas predominantes en el tramo que van siendo recopiladas en campo y evaluadas en puntos de 50 metros desde el kilómetro 2+000 hasta el 2+750

Tabla 25

Lecturas del carril derecho, p. 2+000 hasta 4+000

| Progresiva km | Lectura de viga en diales | | | |
|---------------|------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | Lectura inicial Lo (0 cm) | L (25 cm) | L (75 cm) | Lf (dmáx) |
| 3+000 | 0,00 | 19 | 12 | 30 |
| 3+050 | 0,00 | 18 | 0 | 29 |
| 3+100 | 0,00 | 19 | 0 | 28 |
| 3+150 | 0,00 | 17 | 0 | 27 |
| 3+200 | 0,00 | 19 | 0 | 29 |
| 3+250 | 0,00 | 18 | 0 | 28 |
| 3+300 | 0,00 | 18 | 0 | 28 |
| 3+350 | 0,00 | 19 | 0 | 27 |
| 3+400 | 0,00 | 18 | 24 | 30 |
| 3+450 | 0,00 | 17 | 29 | 27 |
| 3+500 | 0,00 | 19 | 26 | 28 |



| | | | | |
|-------|------|----|----|----|
| 3+550 | 0,00 | 17 | 28 | 27 |
| 3+600 | 0,00 | 18 | 29 | 28 |
| 3+650 | 0,00 | 19 | 26 | 28 |
| 3+700 | 0,00 | 19 | 30 | 29 |
| 3+750 | 0,00 | 17 | 26 | 27 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas predominantes en el tramo que van siendo recopiladas en campo y evaluadas en puntos de 50 metros desde el kilómetro 3+000 hasta el 3+750.

Tabla 26

Deflexiones de campo obtenidas en el carril derecho, p. 0+000 hasta 1+000

| Progresiva KM | TEMP. PAVIMENTO ° C | DEFLEXION DIALES | DEFLEXION -2 | mm x 10 | CORRECCION TEMP. "K" | |
|------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|---------|----------------------------|------|
| 0+000 | 28,0 | 27,00 | 11 | 92,61 | 42,24 | 0,94 |
| 0+050 | 28,0 | 29,00 | 13 | 99,47 | 49,92 | 0,94 |
| 0+100 | 28,0 | 28,00 | 11 | 96,04 | 42,24 | 0,94 |
| 0+150 | 28,0 | 29,00 | 12 | 99,47 | 46,08 | 0,94 |
| 0+200 | 28,0 | 27,00 | 11 | 92,61 | 42,24 | 0,94 |
| 0+250 | 28,0 | 29,00 | 14 | 99,47 | 53,76 | 0,94 |
| 0+300 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 0+350 | 28,0 | 27,00 | 11 | 92,61 | 42,24 | 0,94 |
| 0+400 | 28,0 | 29,00 | 14 | 99,47 | 53,76 | 0,94 |
| 0+450 | 28,0 | 30,00 | 13 | 102,90 | 49,92 | 0,94 |
| 0+500 | 28,0 | 25,00 | 12 | 85,75 | 46,08 | 0,94 |
| 0+550 | 28,0 | 26,00 | 12 | 89,18 | 46,08 | 0,94 |
| 0+600 | 28,0 | 28,00 | 12 | 96,04 | 46,08 | 0,94 |
| 0+650 | 28,0 | 28,00 | 11 | 96,04 | 42,24 | 0,94 |
| 0+700 | 28,0 | 28,00 | 12 | 96,04 | 46,08 | 0,94 |
| 0+750 | 28,0 | 30,00 | 15 | 102,90 | 57,60 | 0,94 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 0+000 a 0+750, La tabla proporciona información relativa a la temperatura del pavimento, las deflexiones que se midieron in situ en milímetros y el número que corresponde a cada lugar

examinado. Debido a que las variaciones en las deflexiones se hacen visibles cuando el espesor de la capa asfáltica supera los 5 centímetros, esta información es relevante para ajustar las deflexiones en función de la temperatura. Esto se hace con el fin de normalizar las deflexiones a una temperatura estándar. 28°C

Tabla 27

Deflexiones de campo obtenidas en el carril izquierdo, p. 1+000 hasta 2+000

| Progresiva KM | Temp. Pavimento ° C | Hora | Deflexion diales | | Deflexion mm x 10 ⁻² | | Correccion temp. "K" |
|------------------|-------------------------------|-------|------------------|-------|------------------------------------|-------|-----------------------------|
| | | | 0 cm. | 25 cm | 0 cm. | 25 cm | |
| 1+250 | 28,0 | 8:30 | 34,00 | 15 | 116,62 | 57,60 | 0,94 |
| 1+300 | 28,0 | 9:05 | 32,00 | 14 | 109,76 | 53,76 | 0,94 |
| 1+350 | 28,0 | 9:35 | 33,00 | 15 | 113,19 | 57,60 | 0,94 |
| 1+400 | 28,0 | 10:10 | 33,00 | 14 | 113,19 | 53,76 | 0,94 |
| 1+450 | 28,0 | 10:40 | 31,00 | 15 | 106,33 | 57,60 | 0,94 |
| 1+500 | 28,0 | 11:25 | 32,00 | 15 | 109,76 | 57,60 | 0,94 |
| 1+550 | 28,0 | 12:10 | 33,00 | 14 | 113,19 | 53,76 | 0,94 |
| 1+600 | 28,0 | 13:00 | 35,00 | 17 | 120,05 | 65,28 | 0,94 |
| 1+650 | 28,0 | 13:35 | 31,00 | 12 | 106,33 | 46,08 | 0,94 |
| 1+700 | 28,0 | 14:15 | 34,00 | 14 | 116,62 | 53,76 | 0,94 |
| 1+750 | 28,0 | 14:52 | 32,00 | 13 | 109,76 | 49,92 | 0,94 |
| 1+800 | 28,0 | 15:25 | 34,00 | 17 | 116,62 | 65,28 | 0,94 |
| 1+850 | 28,0 | 15:57 | 35,00 | 17 | 120,05 | 65,28 | 0,94 |
| 1+900 | 28,0 | 16:25 | 33,00 | 14 | 113,19 | 53,76 | 0,94 |
| 1+950 | 28,0 | 16:58 | 31,00 | 12 | 106,33 | 46,08 | 0,94 |
| 2+000 | 28,0 | 17:21 | 32,00 | 15 | 109,76 | 57,60 | 0,94 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 1+250 a 2+000, La tabla proporciona información relativa a la temperatura del pavimento, las deflexiones que se midieron in situ en milímetros y el número que corresponde a cada lugar



examinado. Debido a que las variaciones en las deflexiones se hacen visibles cuando el espesor de la capa asfáltica supera los 5 centímetros, esta información es relevante para ajustar las deflexiones en función de la temperatura. Esto se hace con el fin de normalizar las deflexiones a una temperatura estándar 28°C

Tabla 28

Deflexiones de campo obtenidas en el carril izquierdo, p. 2+000 hasta 3+000

| Progresiva KM | TEMP. PAVIMENTO ° C | DEFLEXION DIALES | | DEFLEXION x 10 ⁻² | mm | CORRECCION TEMP. "K" |
|------------------|---------------------------|---------------------|----|---------------------------------|-------|----------------------------|
| 2+000 | 28,0 | 29,00 | 10 | 99,47 | 38,40 | 0,94 |
| 2+050 | 28,0 | 30,00 | 12 | 102,90 | 46,08 | 0,94 |
| 2+100 | 28,0 | 29,00 | 12 | 99,47 | 46,08 | 0,94 |
| 2+150 | 28,0 | 28,00 | 11 | 96,04 | 42,24 | 0,94 |
| 2+200 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 2+250 | 28,0 | 26,00 | 7 | 89,18 | 26,88 | 0,94 |
| 2+300 | 28,0 | 27,00 | 9 | 92,61 | 34,56 | 0,94 |
| 2+350 | 28,0 | 25,00 | 7 | 85,75 | 26,88 | 0,94 |
| 2+400 | 28,0 | 30,00 | 11 | 102,90 | 42,24 | 0,94 |
| 2+450 | 28,0 | 29,00 | 12 | 99,47 | 46,08 | 0,94 |
| 2+500 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 |
| 2+550 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 2+600 | 28,0 | 30,00 | 11 | 102,90 | 42,24 | 0,94 |
| 2+650 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 2+700 | 28,0 | 25,00 | 8 | 85,75 | 30,72 | 0,94 |
| 2+750 | 28,0 | 26,00 | 9 | 89,18 | 34,56 | 0,94 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 2+000 a 2+750, La tabla proporciona información relativa a la temperatura del pavimento, las



deflexiones que se midieron in situ en milímetros y el número que corresponde a cada lugar examinado. Debido a que las variaciones en las deflexiones se hacen visibles cuando el espesor de la capa asfáltica supera los 5 centímetros, esta información es relevante para ajustar las deflexiones en función de la temperatura. Esto se hace con el fin de normalizar las deflexiones a una temperatura estándar 28°C.

Tabla 29

Deflexiones de campo obtenidas en el carril derecho, p. 3+000 hasta 4+000

| Progresiva KM | TEMP. PAVIMENTO ° C | DEFLEXION DIALES | | DEFLEXION mm x 10 ⁻² | | CORRECCION TEMP. "K" |
|------------------|---------------------------|---------------------|----------|------------------------------------|-------|----------------------------|
| | | 0 cm | 25 cm | 0 cm | 25 cm | |
| 3+000 | 28,0 | 30,00 | 11 | 102,90 | 42,24 | 0,94 |
| 3+050 | 28,0 | 29,00 | 11 | 99,47 | 42,24 | 0,94 |
| 3+100 | 28,0 | 28,00 | 9 | 96,04 | 34,56 | 0,94 |
| 3+150 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 |
| 3+200 | 28,0 | 29,00 | 10 | 99,47 | 38,40 | 0,94 |
| 3+250 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 3+300 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 3+350 | 28,0 | 27,00 | 8 | 92,61 | 30,72 | 0,94 |
| 3+400 | 28,0 | 30,00 | 12 | 102,90 | 46,08 | 0,94 |
| 3+450 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 |
| 3+500 | 28,0 | 28,00 | 9 | 96,04 | 34,56 | 0,94 |
| 3+550 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 |
| 3+600 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 |
| 3+650 | 28,0 | 28,00 | 9 | 96,04 | 34,56 | 0,94 |
| 3+700 | 28,0 | 29,00 | 10 | 99,47 | 38,40 | 0,94 |
| 3+750 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones obtenidas.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 3+000 a 3+750, La tabla proporciona información relativa a la temperatura del pavimento, las deflexiones que se midieron in situ en milímetros y el número que corresponde a cada lugar

examinado. Debido a que las variaciones en las deflexiones se hacen visibles cuando el espesor de la capa asfáltica supera los 5 centímetros, esta información es relevante para ajustar las deflexiones en función de la temperatura. Esto se hace con el fin de normalizar las deflexiones a una temperatura estándar 28°C

A continuación, se muestra las deflexiones corregidas con una deflexión característica que tiene cada muestra y a la vez con su radio de curvatura.

Tabla 30

Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril derecho, p. 0+000 hasta 1+000

| Progresiva KM | DEFLEXION CORREGIDA M,M. x 10 ⁻² | | | | | RADIO DE CURVATURA RC (m) |
|---------------|---|----------------|--------|----------------|-----------------|---------------------------|
| | Do | DMP | DSTD | D _c | D ₂₅ | |
| | 0 cm. | D _p | D std. | | 25 cm. | |
| 0+000 | 87,37 | | | | 39,85 | 65,76 |
| 0+050 | 93,84 | | | | 47,09 | 66,85 |
| 0+100 | 90,60 | | | | 39,85 | 61,57 |
| 0+150 | 93,84 | 91,41 | 3,10 | 96,51 | 43,47 | 62,04 |
| 0+200 | 87,37 | | | | 39,85 | 65,76 |
| 0+250 | 93,84 | | | | 50,72 | 72,47 |
| 0+300 | 90,60 | | | | 36,23 | 57,47 |
| 0+350 | 87,37 | 89,79 | 3,10 | 94,89 | 39,85 | 65,76 |
| 0+400 | 93,84 | | | | 50,72 | 72,47 |
| 0+450 | 97,08 | | | | 47,09 | 62,52 |
| 0+500 | 80,90 | | | | 43,47 | 83,50 |
| 0+550 | 84,13 | 88,99 | 7,70 | 101,66 | 43,47 | 76,86 |
| 0+600 | 90,60 | | | | 43,47 | 66,30 |
| 0+650 | 90,60 | | | | 39,85 | 61,57 |
| 0+700 | 90,60 | | | | 43,47 | 66,30 |



| | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 0+750 | 97,08 | 92,22 | 3,24 | 97,54 | 54,34 | 73,12 |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones corregidas y característica.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 0+000 a 0+750, En la tabla se muestran el número asignado a cada punto evaluado y su correspondiente deflexión registrada en el lugar de la medición. (promedio, estándar y característica) registrada en campo en milímetros y el radio de curvatura expresada en metros.

Tabla 31

Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril izquierdo, p. 1+000 hasta 2+000

| Progresiva KM | DEFLEXION CORREGIDA M,M. x 10 ⁻² | | | | | RADIO DE CURVATURA RC (m) |
|---------------|---|----------------|--------|----------------|-----------------|---------------------------|
| | Do | DMP | DSTD | D _c | D ₂₅ | |
| | 0 cm. | D _p | D std. | | 25 cm. | |
| 1+250 | 110,02 | | | | 54,34 | 56,13 |
| 1+300 | 103,55 | | | | 50,72 | 59,15 |
| 1+350 | 106,78 | | | | 54,34 | 59,59 |
| 1+400 | 106,78 | 106,78 | 2,64 | 111,13 | 50,72 | 55,74 |
| 1+450 | 100,31 | | | | 54,34 | 67,98 |
| 1+500 | 103,55 | | | | 54,34 | 63,51 |
| 1+550 | 106,78 | | | | 50,72 | 55,74 |
| 1+600 | 113,25 | 105,97 | 5,53 | 115,06 | 61,58 | 60,48 |
| 1+650 | 100,31 | | | | 43,47 | 54,98 |
| 1+700 | 110,02 | | | | 50,72 | 52,70 |
| 1+750 | 103,55 | | | | 47,09 | 55,36 |
| 1+800 | 110,02 | 105,97 | 4,85 | 113,96 | 61,58 | 64,52 |
| 1+850 | 113,25 | | | | 61,58 | 60,48 |
| 1+900 | 106,78 | | | | 50,72 | 55,74 |



| | | | | | | |
|-------|--------|--------|------|--------|-------|-------|
| 1+950 | 100,31 | | | | 43,47 | 54,98 |
| 2+000 | 103,55 | 105,97 | 5,53 | 115,06 | 54,34 | 63,51 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones corregidas y característica.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 1+250 a 2+000, En la tabla se muestran el número asignado a cada punto evaluado y su correspondiente deflexión registrada en el lugar de la medición. (promedio, estándar y característica) registrada en campo en milímetros y el radio de curvatura expresada en metros

Tabla 32

Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril izquierdo, p. 2+000 hasta 3+000

| Progresiva KM | DEFLEXION CORREGIDA M,M. x 10 ⁻² | | | | | RADIO DE CURVATURA RC (m) |
|---------------|---|----------------|--------|----------------|-----------------|---------------------------|
| | Do | DMP | DSTD | D _c | D ₂₅ | |
| | 0 cm. | D _p | D std. | | 25 cm. | |
| 2+000 | 93,84 | | | | 36,23 | 54,24 |
| 2+050 | 97,08 | | | | 43,47 | 58,30 |
| 2+100 | 93,84 | | | | 43,47 | 62,04 |
| 2+150 | 90,60 | 93,84 | 2,64 | 98,19 | 39,85 | 61,57 |
| 2+200 | 90,60 | | | | 36,23 | 57,47 |
| 2+250 | 84,13 | | | | 25,36 | 53,17 |
| 2+300 | 87,37 | | | | 32,60 | 57,06 |
| 2+350 | 80,90 | 85,75 | 4,18 | 92,62 | 25,36 | 56,27 |
| 2+400 | 97,08 | | | | 39,85 | 54,61 |
| 2+450 | 93,84 | | | | 43,47 | 62,04 |
| 2+500 | 87,37 | | | | 36,23 | 61,10 |
| 2+550 | 90,60 | 92,22 | 4,18 | 99,09 | 36,23 | 57,47 |



| | | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| 2+600 | 97,08 | | | | 39,85 | 54,61 |
| 2+650 | 90,60 | | | | 36,23 | 57,47 |
| 2+700 | 80,90 | | | | 28,98 | 60,19 |
| 2+750 | 84,13 | 88,18 | 7,18 | 99,98 | 32,60 | 60,65 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones corregidas y característica.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 2+000 a 2+750, En la tabla se muestran el número asignado a cada punto evaluado y su correspondiente deflexión registrada en el lugar de la medición. (promedio, estándar y característica) registrada en campo en milímetros y el radio de curvatura expresada en metros

Tabla 33

Deflexiones corregidas y deflexión característica en el carril derecho, p. 3+000 hasta 4+000

| Progresiva KM | DEFLEXION CORREGIDA M,M. x 10 ⁻² | | | | |
|---------------|---|----------------|--------|----------------|-----------------|
| | Do | DMP | DSTD | D _c | D ₂₅ |
| | 0 cm. | D _p | D std. | | 25 cm. |
| 3+000 | 97,08 | | | | 39,85 |
| 3+050 | 93,84 | | | | 39,85 |
| 3+100 | 90,60 | | | | 32,60 |
| 3+150 | 87,37 | 92,22 | 4,18 | 99,09 | 36,23 |
| 3+200 | 93,84 | | | | 36,23 |
| 3+250 | 90,60 | | | | 36,23 |
| 3+300 | 90,60 | | | | 36,23 |
| 3+350 | 87,37 | 90,60 | 2,64 | 94,95 | 28,98 |
| 3+400 | 97,08 | | | | 43,47 |
| 3+450 | 87,37 | | | | 36,23 |
| 3+500 | 90,60 | | | | 32,60 |
| 3+550 | 87,37 | 90,60 | 4,58 | 98,13 | 36,23 |

| | | | | | |
|-------|-------|-------|------|-------|-------|
| 3+600 | 90,60 | | | | 36,23 |
| 3+650 | 90,60 | | | | 32,60 |
| 3+700 | 93,84 | | | | 36,23 |
| 3+750 | 87,37 | 90,60 | 2,64 | 94,95 | 36,23 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexiones corregidas y característica.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar 16 lecturas desde el kilómetro 3+000 a 3+750, En la tabla se muestran el número asignado a cada punto evaluado y su correspondiente deflexión registrada en el lugar de la medición. (promedio, estándar y característica) registrada en campo en milímetros y la magnitud del radio de curvatura se expresa en unidades métricas, específicamente en metros.

Se presenta a continuación, las deflexiones características de cada kilómetro para obtener la deflexión característica general de todo el tramo.

Tabla 34

Deflexiones características de cada kilometro

| Progresiva KM | Deflexión característica | Deflexión admisible x 10 ⁻² mm |
|-----------------|--------------------------|--|
| 0+000 a 1+000 | 97,65 | 82 |
| 1+000 a 2+000 | 113,80 | 82 |
| 2+000 a 3+000 | 97,47 | 82 |
| 3+000 a 4+000 | 96,78 | 82 |
| Deflex. General | 101,425 | |

Nota: Se puede visualizar la tabla del resumen las deflexiones en cada kilometro.

Interpretación: Según la tabla se puede apreciar las deflexiones características de cada uno de las muestras en cada kilómetro, ya que de ahí se puede extraer la deflexión característica de todo el tramo de estudio que vendría a ser 101.43 x 10⁻² mm que va superando a la deflexión admisible y con ello dando a conocer que es muy malo.

Deflexión Característica

A efectos del cálculo del ESAL, era necesario llevar un registro diario del número de coches durante toda una semana, que comprendía lunes, martes, miércoles, jueves, viernes, sábado y domingo, entre las siete de la mañana y las siete de la tarde. Para determinar el ESAL, se tuvieron en cuenta los datos indispensables.

Tabla 35

Datos para la determinación del ESALS

| DATOS | VALOR |
|---------------------------------|---------|
| TASA DE CRECIMIENTO POBLACIONAL | 2,00% |
| TASA DE CRECIMIENTO ECONÓMICO | 2,00% |
| PERIODO DE DISEÑO | 15 AÑOS |
| FACTOR DE DIRECCIÓN (FD) | 0,50 |
| FACTOR DE CARRIL (FC) | 0,80 |

Nota: Se puede visualizar la tabla de los datos a tomar en cuenta para el cálculo del ESALS.

Interpretación: Para calcular el ESAL, se tomó en consideración una tasa de crecimiento demográfico y económico del 2,0% en un periodo de 15 años. Esta tasa de crecimiento fue diseñada para adecuarse a los distintos tipos de vehículos que circulan por la carretera Juliaca - Lampa. Con estos datos se calculó el valor de la ESAL. Adicionalmente, se calcularon los factores direccional y de carril partiendo del supuesto de que la vía era bidireccional y tenía dos carriles. El factor direccional se calculó en 0,5 y el factor de carril en 0,80.

Tabla 36

ESAL de cada vehículo con una proyección de 15 años

| Descripción | Simbolo | Fcee | Esal's |
|------------------------|---------|--------|---------|
| Auto, camioneta, micro | | 0.0006 | 9481 |
| Bus de 2 ejes | B2 | 3.5983 | 262985 |
| Bus de 3 ejes-1 | B3-1 | - | - |
| Camión de 2 ejes | C2 | 3.5983 | 4244162 |
| Camión de 3 ejes | C3 | 2.5405 | 1601900 |



| | | | |
|---|------|-------------|----------|
| Camión de 4 ejes | C4 | 1.8565 | 13772 |
| Tracto de 2 ejes con semiremolque de 2 ejes | T2s2 | 5.5862 | 125248 |
| Tracto de 2 ejes con semiremolque de 3 ejes | T2s3 | 5.3915 | 80587 |
| Tracto de 3 ejes con semiremolque de 1 eje | T3s1 | 5.5862 | 41751 |
| Tracto de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes | T3s3 | 3.6915 | 27590 |
| | | | 6.41e+06 |
| | | Esaldiseño= | 2.56e+06 |

Nota: Se puede visualizar la tabla del ESAL calculado en cada vehiculo.

El ESAL total es la suma de los ESAL obtenidos por cada vehículo en particular

$$ESAL = \sum ESAL$$

cada vehiculo Tenemos que el ESAL total es de;

$$ESAL = 2.56 \times 10^6$$

Determinamos nuestra deflexión admisible

$$D_a = \left(\frac{1.15}{N18}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_a = \left(\frac{1.15}{2.56}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$D_a = 0.819 \text{ mm}$$

Donde se obtuvieron los siguientes resultados

Tabla 37

Datos obtenidos de las deflexiones y el estudio de tránsito en todo el tramo

| TOTAL DEL TRAMO DE ESTUDIO | |
|----------------------------|---------------------------|
| Deflexión Promedio | 94.198x10 ² mm |

| | |
|--------------------------|-----------------------------|
| Desviación estándar | 4,243 |
| Deflexión característica | $101,425 \times 10^{-2}$ mm |
| Ejes equivalentes | $2,56 \times 10^6$ |
| Confiability | 90% |
| Deflexión admisible | 82×10^{-2} mm |

Nota: Se puede visualizar la tabla de las deflexión total y el estudios de tránsito.

Interpretación: Con respecto a un período de quince años, se ha observado que la deflexión característica es significativamente superior a la desviación admisible. En consecuencia, esto demuestra que el firme ha superado las cargas de diseño admisibles en todo el tramo. Los valores computados son un reflejo de que el pavimento continuará deteriorándose con el paso del tiempo si no existe un plan de intervención.

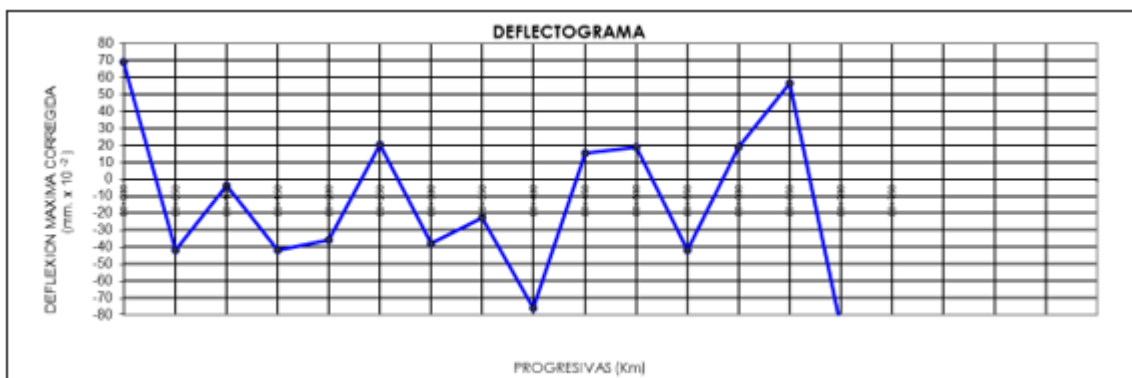
Así mismo obtendremos la deflectograma y la deflexión característica

DEFLECTOGRAMA Y DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA KM 0+000 – 1+000

Interpretación: Para calcular el ESAL se ha tenido en cuenta una tasa de crecimiento demográfico y económico del 2,0%. Además, se tuvo en cuenta un horizonte temporal de 15 años. Este cálculo fue aplicable a los distintos tipos de vehículos que circulan por la ruta Juliaca - Lampa. En base a estos datos se estimó el ESAL. Para el cálculo de los factores direccionales y de carril se asumió una calzada bidireccional con dos carriles. Los valores finales de estos factores fueron 0,5 para el factor direccional y 0,80 para el factor de carril

Figura 25

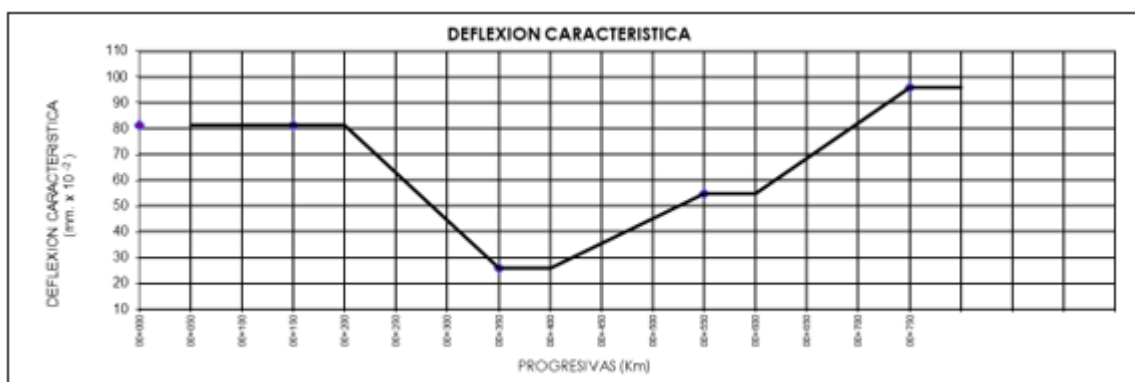
Deflectograma de la progresiva 0+000 - 1+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica obtenida en la deflectometría.

Figura 26

Deflexión característica de la progresiva 0+000 - 1+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica de deflexión característica.

DEFLECTOGRAMA Y DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA KM 1+000 – 2+000

Figura 27

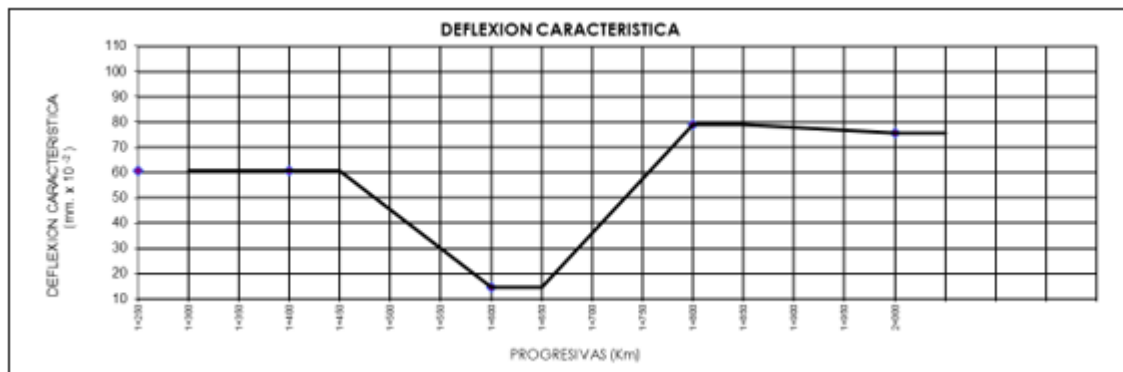
Deflectograma de la progresiva 1+000 - 2+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica obtenida en la deflectometría.

Figura 28

Deflexión característica de la progresiva 1+000 - 2+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica de deflexión característica.

DEFLECTOGRAMA Y DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA KM 2+000 – 3+000

Figura 29

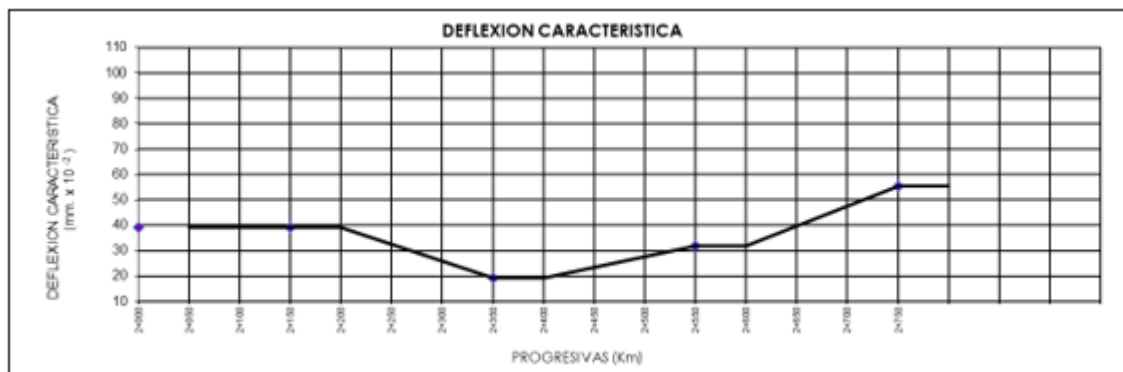
Deflectograma de la progresiva 2+000 - 3+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica obtenida en la deflectometría.

Figura 30

Deflexión característica de la progresiva 2+000 - 3+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica de deflexión característica.

DEFLECTOGRAMA Y DEFLEXIÓN CARACTERÍSTICA KM 3+000 – 4+000

Figura 31

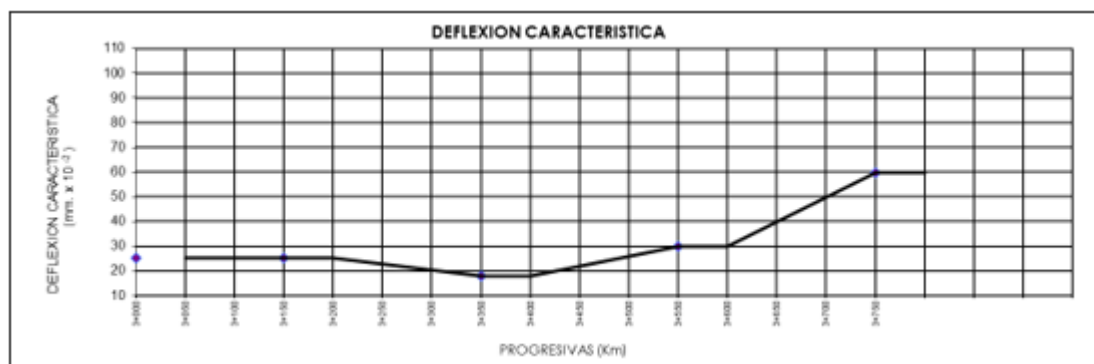
Deflectograma de la progresiva 3+000 - 4+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica obtenida en la deflectometría.

Figura 32

Deflexión característica de la progresiva 3+000 - 4+000



Nota: Se puede visualizar la imagen de la gráfica de deflexión característica.

Dando como una mala sub rasante en el periodo de vida útil que tuvo, recomendando reconstruir la vía.

Alternativas de solución, según la metodología y ensayos aplicados.

Según los ensayos aplicados, Se ha determinado que la construcción de un nuevo pavimento es la solución más adecuada para el pavimento flexible en la ruta Juliaca-Lampa, concretamente en la porción que se extiende desde la progresiva 0+000 hasta la 4+000. Los resultados que se obtuvieron mediante la utilización de la prueba del Rugosímetro Merlin sirvieron de base para esta decisión que se tomó, el cual tiene una serviciabilidad promedio MALA, tendiendo a MUY MALA, lo cual contrasta los resultados anteriores, así mismo con la ejecución del ensayo de la viga de Benkelman, se pudo

conocer la deflexión del pavimento flexible, el cual sobrepasa el límite establecido. Por lo tanto, se sugiere como solución la construcción de un nuevo pavimento previsto específicamente para la zona, teniendo en cuenta el tipo de tráfico que la atraviesa y asegurándose de que satisface los requisitos y condiciones de la sección..

4.2 Discusión de resultados

- **Rugosidad promedio del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000. (Nivel de serviciabilidad).**

Según los resultados obtenidos mediante la aplicación del ensayo del rugosímetro de Merlin, en total se tuvieron 10 muestras, dadas cada 200 metros, intercalando entre carriles para tener un mejor espectro de la vía en estudio, calculándose así el Índice de Rugosidad Internacional (IRI) y Nivel de Serviabilidad (PSI), siendo estos respectivamente 6.66 m/km y 1.40, lo cual clasifica el Nivel de serviciabilidad PSI como MALA, aproximándose a MUY MALA por lo cual podemos decir que el tramo estudiado no cumple los niveles de confort para el conductor. La evaluación que se realizó en la progresiva 0+000 hasta 4+000 de la vía Juliaca-Lampa la misma es una vía considerablemente transitada a diario por vehículos de diferente envergadura, es de importancia conocer estos valores y más aún por ser un tramo extenso. Como limitantes para la realización del ensayo del rugosímetro de Merlin se tuvo el ya mencionado factor climático, por otra parte, el alto tránsito de la zona, hizo más trabajosa la toma de datos, a pesar de tener todas las medidas de señalización y medidas de seguridad.

En la investigación realizada por (Lerma Catacora, 2021) Obtuvo un nivel de serviciabilidad PSI promedio de 1.9, clasificando a su tramo evaluado como MALO, dicho resultado se asemeja a nuestro PSI promedio de 1.40 en la vía Juliaca-Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000, dicha semejanza puede darse ya que los pavimentos presentan un nivel de serviciabilidad semejante, mas no se encuentra en la misma situación de manera general.

Según (MARTINEZ OSPINO & NOGUERA NUÑEZ , 2020) Los pavimentos deben garantizar Se ha sugerido que se establezcan criterios que permitan otorgar una calificación a la comodidad que experimentan los usuarios. Esta calificación se basaría en el índice de utilidad y tendría en cuenta el estado estructural de la carretera, en base a lo mencionado nuestro Nivel de serviciabilidad es de 1.40 y se tiene un IRI de 6.66 m/km, por lo cual el pavimento no cumple con el nivel de confort mínimo para el usuario de la vía

Para nuestra hipótesis planteada, podemos decir que la hipótesis se contrasta de manera parcial ya que nuestro valor de PSI 1.40, se acerca al 1.6 planteado en la hipótesis, siendo el nivel de serviciabilidad MALO

- **Deflexión en el pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000. (condición superficial).**

A medida que se avanzó la prueba de la viga Benkelman, desde la progresiva 0+000 hasta la progresiva 4+000 para evaluar el pavimento de la vía Juliaca-Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000, ya que nos facilita calcular la evaluación estructural por la deflexión del pavimento. El pavimento de la salida a Lampa (zona de estudio) se encuentra sobre una superficie mala, esto a base a la deflexión característica general obtenida mediante la ejecución del ensayo de la viga Benkelman, siendo de 101.425×10^{-2} mm comparado con la deflexión admisible calculada que fue de 82×10^{-2} mm, haciendo esta comparación se puede ver que la deflexión característica sobrepasa por mucho a la deflexión admisible, haciendo notar que el pavimento se encuentra en un estado deficiente a nivel estructural, asimismo a nivel de subrasante, cabe indicar que aun estando en funcionamiento para el transporte vehicular, necesita una reconstrucción y rehabilitación en dicho tramos evaluados, la razón por la que su subrasante está en malas condiciones se debe a que en parte de la estructura granular fue deteriorado con el pase del tiempo por factores climáticos u mal diseño de la misma por tener un diseño estructural básico. La evaluación estructural usando la viga Benkelman no dejó conocer el estado del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000 además de sacar

conclusiones para planificar su mantenimiento o renovación. Con el propósito de establecer el estado estructural del pavimento, este examen se realiza en un trozo particular del pavimento flexible que se ubica en la ruta que conduce en sentido salida a Lampa.

En (Triviño Molina & Moll Martínez , 2022), en su artículo científico Evaluación deflectométrica en pavimentos flexibles mediante la viga benkelman para las condiciones de Manabí, nos da a conocer sobre la ejecución y la importancia de la viga Benkelman en la Para planificar las intervenciones de mantenimiento o rehabilitación, es necesario realizar evaluaciones estructurales de los firmes flexibles utilizando la viga Benkelman. El objetivo de estas evaluaciones es adquirir información sobre el estado actual de los pavimentos. La investigación consta de una metodología cuantitativa, un diseño no experimental y un enfoque transeccional. La calzada que va desde Portoviejo hasta Santa Ana servirá como población que será analizada, y la muestra corresponderá al tramo que va desde Colón hasta Lodana. Tras la realización del examen deflectométrico en la muestra designada, se concluye que el patrón de deflexión observado es de tipo III, Esto significa que se puede observar una curva breve y ligeramente prominente, que muestra que la capa de rodadura se ha deteriorado, pero la subrasante se encuentra en condiciones favorables. Cuando se aplican el método CONREVIAl y la norma INV E - 795 - 13, se determina que la deflexión típica en la capa asfáltica es inferior a la deflexión aceptable. A esta conclusión se llega después de aplicar ambos métodos. ($D < D_{adm}$)

Comparando nuestros resultados, con la investigación anterior, se pudo notar una diferencia notable en los resultados, esto debido a que las características y diseño de pavimentos varia de un lugar a otro, es por ello que los resultados distan mucho, obteniéndose unos resultados únicos para cada pavimento evaluado.

En relación a nuestra hipótesis planteada podemos decir que la hipótesis se rechaza debido a que se planteaba que la deflexión característica obtenida sería de 75×10^{-2} mm, lo cual dista mucho de nuestra deflexión característica obtenida que fue de 101.425×10^{-2} mm



- **Alternativas de solución, según la metodología y ensayos aplicados.**

Teniendo en cuenta los resultados de las pruebas realizadas, consideramos que la construcción de un nuevo pavimento sería la solución más adecuada para el tramo de la carretera Juliaca-Lampa, que se extiende desde el kilómetro 0+000 hasta el kilómetro 4+000. Sobre la base de los resultados recogidos, que sugieren que el pavimento actual se encuentra en un estado que se considera deficiente, extremadamente deficiente y fallido, se ha formulado esta recomendación.

Los resultados de la investigación realizada por Cárdenas Rivero (2016) indican que el pavimento considerado necesita modificaciones continuas, lo que se traduce en un aumento de los costes de mantenimiento de la infraestructura. Hemos comprobado que estos resultados coinciden con los nuestros, así como con la opción alternativa que hemos propuesto

Por otro lado, Pinho da Silva y Marques Pinheiro (2022) aconsejan que la calzada investigada requiera un mantenimiento o rehabilitación integral de toda la Avenida União para obtener un aumento del rendimiento estructural del pavimento flexible. Se puede establecer un paralelismo entre esta propuesta y la opción alternativa que proponemos.

Esta semejanza puede explicarse por el hecho de que ambas carreteras se encuentran en mal estado de conservación, y los remedios que se han sugerido son los más adecuados para mejorar su estado.

construcción de un nuevo pavimento en lugar de optar por la rehabilitación o el mantenimiento, se determina que la hipótesis presentada debe ser rechazada. Esta conclusión se basa en el hecho de que la solución más eficaz es la construcción de un nuevo pavimento



CONCLUSIONES

PRIMERO: La condición general a nivel superficial del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000 es muy malo. Comprobando de manera eficaz y técnico el análisis de pavimento flexible de la carretera Juliaca – Lampa, se entiende y deduce que tuvo malos diseños de procesos constructivos y no darle el mantenimiento periódico en su debido momento oportuno, con los resultados obtenidos se puede corroborar que a nivel estructural del pavimento flexible también esta afectada, reiterando que se usó métodos u ensayos no destructivos para el análisis de dicho pavimento, no brinda un buen confort en los usuarios que transitan en la carretera.

SEGUNDO: El estado de la carretera Juliaca – Lampa actualmente se encuentra en pésimas condiciones ya que presenta un estado de deterioró grave, lo que es un mal indicativo por lo que un mantenimiento de esta no sería suficiente, según los análisis de la carretera se tiene un pésimo comportamiento en la superficie de la rodadura del pavimento, se estima que de no ser rehabilitada se verá afectada a nivel estructural por consecuente a esto es alarmante para el buen funcionamiento de esta, se debe tener en cuenta los factores externos (factores climáticos), el incremento del volumen vehicular, entre otros, ya que con los siguientes resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación todos estos factores externos mencionados vienen afectando al pavimento flexible.

TERCERO: Mediante el empleo del ensayo del rugosímetro de MERLIN que establece el ASTM E950, mediante el índice de rugosidad internacional (IRI), por consiguiente, el índice de serviciabilidad presente (PSI), al aplicar este procedimiento a nuestras muestras de estudio del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000, se obtuvo un resultado que determina que la carretera en estudio tiene un nivel de servicio MALO, tendiendo a MUY MALO, ya que tiene un Índice de Serviciabilidad Presente (PSI) de 1.40 y un Índice de Rugosidad Internacional (IRI) de 6.66m/km. Se identificó que los



porcentajes de clasificación de serviciabilidad son los siguientes: muy malo 20%, malo 80%. El Índice de Rugosidad Internacional Característico (IRI) para el pavimento flexible de la carretera Salida a Lampa es de 6.66 m/km, el cual supera los límites de calidad establecidos en el manual de Carreteras - Conservación Vial para una carretera de tercera clase y en servicio.

CUARTO: Según la aplicación del ensayo de la viga de Benkelman se obtuvo que la deflexión característica es de $101,425 \times 10^{-2}$ mm. Teniendo en cuenta esta deflexión característica obtenida se calculó también la deflexión admisible para poder considerar este valor, obteniendo una deflexión admisible de 82×10^{-2} mm, pudiendo verse así que la deflexión admisible queda muy por debajo de la deflexión característica, lo cual denota que a nivel estructural se encuentra en un estado deficiente y se puede deducir que a nivel de subrasante se encuentra en un estado pobre, por lo cual se requieren de medidas correctivas, por lo cual la vía Juliaca-Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000 requiere de actividades de intervención para mejorar la transitabilidad en la zona de estudio.

QUINTO: La alternativa de solución más pertinente, según los resultados obtenidos, para la carretera Juliaca-Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000, es la construcción de un nuevo pavimento. Teniendo en cuenta que según los ensayo empleados, nos dio un rango PSI de MUY MALO, con ello el nivel de serviciabilidad también MALO y finalmente a nivel estructural se tiene una deflexión característica de $101,425 \times 10^{-2}$ mm superando a la deflexión admisible de 82×10^{-2} mm comprobándose que el pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa, progresiva 0+000 hasta 4+000 se encuentra en un estado deplorable dejando la posibilidad de elaborar un diseño para un nuevo pavimento para la vía.



RECOMENDACIONES

PRIMERO: Se recomienda una pronta rehabilitación de esta. Considerando los resultados obtenidos mediante los ensayos del rugosímetro de Merlin y la viga Benkelman, respectivamente, viendo que hay una variación mínima entre ambos resultados obtenidos, calificándose al pavimento flexible en ambos casos como muy malo, es decir que no cumple con las condiciones mínimas para un tránsito fluido.

SEGUNDO: Se recomienda rehabilitar lo más pronto posible en el pavimento flexible ya que no ofrece un buen confort a los usuarios de esta, un mantenimiento de esta no sería suficiente para la rápida solución de dicha carretera mencionada.

TERCERO: Debido al poco o inexistente mantenimiento, siendo preocupante debido a lo importante que es esta carretera. Comprobándose que la aplicación del rugosímetro de Merlin en carriles intercalados da resultados óptimos, Según el nivel de serviciabilidad obtenido por el rugosímetro de Merlin, se recomienda aplicar el ensayo en ambos carriles de manera consecutiva, para poder conocer de mejor manera el índice de rugosidad y serviciabilidad del pavimento, además de tener sumo cuidado al momento de realizar este ensayo.

CUARTO: Por ello mismo se sugiere realizar el ensayo de la viga Benkelman en ambos carriles de manera consecutiva, así mismo aplicar el ensayo en meses donde no hay presencia de lluvias, para evitar variaciones en la lectura de datos.



QUINTO: Obteniendo los datos de ambos ensayos no destructivos, se recomienda el pronto rehabilitamiento de la carretera Juliaca – Lampa sugiriendo en la mejora del diseño del pavimento flexible, en su proceso constructivo y con ello realizar futuros estudios de suelos para complementar el presente proyecto de investigación realizado.



REFERENCIAS

- Solis Burga, K. E., & Vallejos Montenegro, J. H. (2019).
<https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6153/Solis%20Burga%20%26%20Vallejos%20Montenegro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures 1993. (1993).
- ACG DRONE . (Mayo de 19 de 2020). ACG DRONE . Obtenido de
<https://acgdrone.com/fotogrametria-aerea-con-drones/>
- Badilla Vargas, G. (2009). Obtenido de file:///C:/Users/ferna/Downloads/Dialnet-DeterminacionDeLaRegularidadSuperficialDelPaviment-5051912.pdf
- Balarezo Zapata , J. I. (2017).
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI_241.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=El%20m%C3%A9todo%20de%20evaluaci%C3%B3n%20estructural,curvas%20de%20deflexiones%20encierran%20cuantiosa.
- Balarezo Zapata , J. I. (2017).
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3135/ICI_241.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Ccama Quispe, H. G., & Turpo Arapa, K. Y. (2021). Repositorio UCV. Obtenido de
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/65735>
- CERON BERMUDEZ , V. G. (2006).
<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/2487/vivianaceronbermudez.2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Chang Albrites, C. (04 de Mayo de 2010). Revista Vial. Obtenido de
<https://revistavial.com/evaluacion-de-pavimentos-criterios-y-aplicaciones-26154/>



civil, C. d. (03 de 10 de 2018). CUEVA DEL INGENIERO CIVIL . Obtenido de <https://www.cuevadelcivil.com/2010/06/componentes-de-un-pavimento.html>

CivilNeting. (01 de 05 de 2019). CIVILNETING. Obtenido de <https://www.civilneting.com/postDetail/proceso-constructivo-del-pavimento-flexible>

Cordero Garcés, M. O., & Guaranda Mero, B. G. (2017). <file:///C:/Users/Admin/Downloads/UNESUM-ECU-CIVIL-2017-04.pdf>.

Corredor Muller, G. (04 de 2011). <https://es.scribd.com/doc/308622400/Apuntes-de-Pavimetos-Gustavo-Corredor-Completo>.

Cossi Arocutipa, P. (02 de 2014). hugoalcantara.files.wordpress. Obtenido de <https://hugoalcantara.files.wordpress.com/2014/02/111975795-diseno-de-pavimentos-por-metodo-aashto-93.pdf>

Cruz Duarte, J. P., & Restrepo García, G. (2017). <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/6988/RestrepoGarc%c3%adaGiovanny2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

De La Cruz Vega, S., Coaquira Cueva, D., & Ibañez Ccoapaza, C. (2022). Obtenido de <https://www.scielo.sa.cr/pdf/infraestructura/v24n43/2215-3705-infraestructura-24-43-94.pdf>

del Aguila Rodriguez, P. (1999).

DELGADO FERNÁNDEZ, K. B., & MORALES GUIVIN, L. (2020). https://repositorio.usmp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12727/7704/delgado_kw-morales_gl.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. (2017). <https://repositorio.unh.edu.pe/items/44960e9c-e9ff-429d-8354-73fa27665287>.



Estrada Araujo, J. (2018). Repositorio UANCV. Recuperado el 23 de Junio de 2021

FLORES JARA, E. J., & PILCO GALINDO, D. G. (2021). Obtenido de file:///C:/Users/ferna/Downloads/Flores-Jara-Pilco-Galindo%20(1).pdf

Flores Meza, D. K. (2022). <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/3938>.

GCF GLOBAL. (s.f.). GCF GLOBAL. Obtenido de <https://edu.gcfglobal.org/es/cultura-tecnologica/que-es-un-dron-y-cuales-son-sus-usos/1/>

GRUPO BITAFAL. (24 de MAYO de 2020). GRUPO BITAFAL. Recuperado el 16 de Junio de 2020, de <https://bitafal.com.uy/deterioro-pavimentos/>

Hernández Cáceres, J. C. (2018). https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5627/digital_37574.pdf?sequence=1.

Hernández Cáceres, J. C. (2018). Obtenido de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5627/digital_37574.pdf?sequence=1

Hirpahuanca, D.L. (2016). https://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12557/711/Deyse_Tesis_bachiller_2016_P_1.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

Hoffman, M., & Del Aguila, P. (1985). <https://studylib.es/doc/5723037/estudios-de-evaluacion-estructural-de-pavimentos>.

Huaccha Montenegro, C. J. (2019). file:///C:/Users/Admin/Downloads/Huaccha%20Montenegro%20Cristhian%20Jhon.pdf.

Interciencia. (2019). Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/339/33960068003/html/>



Jinchuñá Alanoca, M. (2019). Obtenido de

<https://repositorio.upt.edu.pe/handle/20.500.12969/1583>

Lerma Catacora, E. J. (15 de 11 de 2021). Repositorio UANCV. Obtenido de

<http://www.repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/6058>

Limache , L. (11 de 2012). SCRIBD. Obtenido de

<https://es.scribd.com/doc/112868160/Aforo-Vehicular>

MACRO, E. E. (2013).

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20\(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/MC-01-13%20Especificaciones%20Tecnicas%20Generales%20para%20Construcci%C3%B3n%20-%20EG-2013%20-%20(Versi%C3%B3n%20Revisada%20-%20JULIO%20)

Mamani Nina , J., & Torres Salas , J. (2021). Obtenido de

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/86150/Mamani_NJR-Torres_SJA-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MANUAL DE CARRETERAS. (25 de Febrero de 2016). PORTAL MTC. Recuperado el 16

de Junio de 2020, de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/MANUALES%20DE%20CARRETERAS%202019/RD%20N%C2%B0%2005-2016-MTC-14.pdf

Manual de Carreteras, m. o. (2013). Ministerio de transporte y comunicaciones. Obtenido

de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/5346.pdf

MANUAL DE CARRETERAS, S. G. (2013).



MARTINEZ OSPINO, L. M., & NOGUERA NUÑEZ , R. D. (2020). Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/6265/MODELOS%20DE%20SERVICIABILIDAD%20DE%20PAVIMENTOS%20A%20PARTIR%20DEL%20IN DICE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MARTINEZ OSPINO, L., & NOGUERA NUÑEZ, R. (2020). Obtenido de <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/6265/MODELOS%20DE%20SERVICIABILIDAD%20DE%20PAVIMENTOS%20A%20PARTIR%20DEL%20IN DICE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MECANICA CIENTIFICA S.A. (2016). MECANICA CIENTIFICA S.A. Obtenido de <https://www.mecacisa.com/es/portfolio/viga-benkelman/#:~:text=Fabricada%20en%20aleaci%C3%B3n%20de%20aluminio,com%20el%20pavimento%20a%20ensayar.>

Medina Palacios, A., & De La Cruz Puma, M. (2015). https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/581505/Medina_PA.pdf?sequence=1.

Mena Martínez, B. E. (2021). <https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/8833>.

Merma Pacho, R., & Urupi Crispin, A. (23 de Octubre de 2018). Slideshare. Obtenido de <https://es.slideshare.net/KarmaNEffect/ensayo-rugosimetro-merlin>

Meza Palomino , H. C. (2017). Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6683>

Meza Palomino, H. C. (19 de 09 de 2017). REPOSITORIO UCSM. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/6683>

Minaya gonzales, S., & Ordóñez Huamán, A. (2006). ACADEMIA EDU. Obtenido de https://www.academia.edu/34829662/UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_INGENIER



IA_DISEÑO_MODERNO_DE_PAVIMENTOS_ASFALTICOS_M_S
c_SILENE_MINAYA_GONZALEZ

MIRANDA REBOLLEDO, R. (2010). Obtenido de
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/38405574/deterioros_en_pavimentos-libre.pdf?1438901564=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DDETERIOROS_EN_PAVIMENTOS_FLEXIBLES_Y_RIG.pdf&Expires=1691349040&Signature=XdneYXH7QmBUDDI2U4-MHiDcnB32SnduB1qzs

Moyano Raygada, M. P. (2020).
https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4781/ING_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MTC. (2016). Manual de ensayos de materiales.
https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf.

Officials, A. A. (1993). <https://habib00ugm.files.wordpress.com/2010/05/aashto1993.pdf>.

Pinho da Silva, F. H., & Marques Pinheiro, É. C. (Marzo de 2022).

Rattia, J. (14 de Julio de 2014). Scribd. Obtenido de
<https://es.scribd.com/doc/233881453/Definicion-y-Caracteristicas-de-Los-Pavimentos-Flexibles#download>

RCINGTEC. (2022). RCINGTEC. Obtenido de <https://rcingtec.com/product/rugosimetro-merlin/#:~:text=El%20rugos%ADmetro%20tipo%20MERLIN%20es,de%20color%20amarillo%20y%20negro.>

Reyes Merino, Y., & Santos Gil, N. (2021).
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/82097>.



- Rico Rodríguez, A., Téllez Gutiérrez, R., & Garnica Anguas, P. (1998).
<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnica/pt104.pdf>.
- Salgado. (2016). Planificación y Gestión Vial. Gestión Privada de Infraestructura vial Vial.
Curso de Maestría de la Universidad de Piura. 73 pp. .
- Sanchez S., I., & Hernan, S. T. (1989). El IRI: un indicador de la regularidad superficial. El
IRI: un indicador de la regularidad superficial. Madrid , España: Revista de
Ingeniería de Construcción N° 6.
- Saravia Quispe , W. (2021). Repositorio UCV. Obtenido de
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/64812>
- Solis Burga, K. E., & Vallejos Montenegro, J. H. (2019).
<https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/6153>.
- Suárez Becerra, G. E., & Cerquin Briones, G. Y. (20 de 05 de 2018). Repositorio UPN.
Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13402?locale-attribute=en>
- Supo Pacori, W. D. (2020). Diseño de Pavimentos. Juliaca, San Roman, Peru: WDSUPO.
Recuperado el 16 de Junio de 2020
- Supo Pacori, W. D. (2020). Diseño de Pavimentos. Juliaca: Wsupo.
- Terrones Benavidez, R. E. (2020). Obtenido de
<https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/25221/Terrones%20Benavidez%2c%20Ruth%20Emily.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Triviño Molina, R. X., & Moll Martínez , R. (2022). <file:///C:/Users/win/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeflectometricaEnPavimentosFlexiblesMedi-8637931.pdf>.



Triviño Molina, R. X., & Moll Martínez, R. (2022). Obtenido de <file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeflectometricaEnPavimentosFlexiblesMedi-8637931.pdf>

Triviño Molina, R. X., & Moll Martínez, R. (2022). Obtenido de [file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeflectometricaEnPavimentosFlexiblesMedi-8637931%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PC/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeflectometricaEnPavimentosFlexiblesMedi-8637931%20(1).pdf)

U CONTINENTAL. (2018). REPOSITORIO UNIVERSIDAD CONTINENTAL. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf

UNESCO. (9 de abril de 2020). Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de Orientaciones para el apoyo del proceso educativo a distancia: https://siteal.iiep.unesco.org/sites/default/files/sit_accion_files/10066.pdf

UNIÓN EUROPEA. (15 de mayo de 2021). Unión Europea. Recuperado el 15 de mayo de 2021, de Política de accesibilidad: https://europa.eu/european-union/abouteuropa_es



ANEXOS



MATRIZ DE CONSISTENCIA: ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA – LAMPA – 2023

| Problema | Objetivos | Hipótesis. | Variables e Indicadores | Metodología investigación |
|--|--|--|---|---|
| <p>a. Problema General</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Cuál es la condición superficial en la que se encuentra actualmente el pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa - 2023? <p>b. Problemas Específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Cuál es el estado que se encuentra el pavimento flexible desde la progresiva 0+000 hasta 4+000 en la carretera Juliaca - Lampa? ➤ ¿Cuánto será el nivel de serviciabilidad que presenta el pavimento flexible en la carretera Juliaca-Lampa - 2023? ➤ ¿Cómo podemos analizar las deflexiones para determinar el nivel serviciabilidad del pavimento flexible en la carretera Juliaca-Lampa - 2023? ➤ ¿Qué medidas correctivas se pueden dar ante la condición del pavimento flexible en la carretera Juliaca – Lampa - 2023? | <p>a. Objetivo General</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Analizar la condición superficial del pavimento flexible empleando el rugosímetro merlin y la viga benkelman en la carretera Juliaca - Lampa -2023</i> <p>b. Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Analizar el estado en que se encuentra el pavimento flexible desde la progresiva 0+000 hasta 4+000 en la carretera Juliaca-Lampa - 2023.</i> ➤ <i>Determinar el nivel de serviciabilidad que presenta el pavimento flexible según la rugosidad obtenida mediante el ensayo del Rugosímetro de Merlin en la carretera Juliaca-Lampa - 2023.</i> ➤ <i>Determinar las deflexiones del pavimento flexible según el ensayo de la viga de Benkelman en la carretera Juliaca-Lampa - 2023.</i> ➤ <i>Determinar las medidas correctivas ante el estado del pavimento flexible en la carretera Juliaca-Lampa - 2023.</i> | <p>a. Hipótesis general</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Analizando la condición superficial del pavimento flexible empleando el rugosímetro merlin y la viga benkelman en la carretera Juliaca - Lampa - 2023 se obtendrá que se halla en una pésima situación, según los ensayos aplicados.</i> <p>b. Hipótesis Específica</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>El estado en que se encuentra el pavimento flexible desde la progresiva 0+000 hasta 4+000 en la carretera Juliaca-Lampa se encuentra en pésimas condiciones por lo que se sugiere un pronto mantenimiento en puntos críticos.</i> ➤ <i>El nivel de serviciabilidad que presenta el pavimento flexible de la carretera Juliaca-Lampa según la rugosidad obtenida mediante el ensayo del rugosímetro de Merlin, será malo.</i> ➤ <i>La condición superficial del pavimento flexible de la carretera Juliaca - Lampa según la deflexión obtenida mediante el ensayo de la viga de Benkelman será mala.</i> ➤ <i>Las medidas correctivas ante las fallas del pavimento flexible de la vía Juliaca-Lampa será un mantenimiento en puntos críticos de la vía.</i> | <p>Variable de interés.</p> <p>ANÁLISIS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Rugosidad del pavimento Indicadores <ul style="list-style-type: none"> ➤ IRI ➤ PSI ❖ Deflexión del pavimento Indicadores <ul style="list-style-type: none"> ➤ Carga aplicada ➤ Periodo de recuperación ➤ Temperatura del pavimento <p>Variable de caracterización.</p> <p>CONDICION DE LA CARRETERA JULIACA - LAMPA</p> <p>Dimensiones</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Condición estructural Indicadores <ul style="list-style-type: none"> ➤ Rango de calificación ❖ Serviciabilidad Indicadores <ul style="list-style-type: none"> ➤ Regularidad de la superficie ❖ Medidas correctivas. Indicadores <ul style="list-style-type: none"> ➤ Conservación ➤ Restauración | <p>Diseño de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ No experimental <p>Tipo de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Descriptivo <p>Método de investigación</p> <ul style="list-style-type: none"> ❖ Enfoque cuantitativo <p>Población</p> <p><i>Progresiva 0+000 hasta la progresiva 4+000 de la carretera Juliaca-Lampa,</i></p> <p>Muestra</p> <p><i>Pavimento del sector de la salida a Lampa, ciudad de Juliaca, carretera Juliaca-Lampa</i></p> |

Nota: Se puede visualizar la elaboración de la matriz de consistencia descrita por el autor de la tesis.



Anexo 02. Validez de fichas de recolección de datos (Aforo vehicular).

FORMATO DE CONTEO Y CLASIFICACIÓN VEHICULAR

| TRAMO DE LA CARRETERA | | SENTIDO | | UBICACIÓN | | DÍA Y FECHA | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|---------|---------|---------------|-----------|------------------|-------------|-------|---------|----------|-----------|-----------|-----------|------|------|-------------------|------|-----|-----|-------------|-----|-----|-----|--|
| | | I | ← | V | → | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HORA | SENTIDO | AUTO | STATION WAGON | PICK UP | CAMIONETAS PANEL | RURAL Combi | MICRO | BUS B 2 | BUS B3-1 | CAMION C2 | CAMION C3 | CAMION C4 | T2S2 | T2S3 | SEMI TRAYLER T2S1 | T3S3 | CR2 | CR3 | TRAYLER CR2 | CR3 | CR2 | CR3 | |
| DIAGRAMA VEH. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A | V | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Hiram Castillo
 VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
 OFICINA DE INVESTIGACIÓN
 UANCV



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : DERECHO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° 1

HORA 7:15

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 33 | 15 | 29 | 35 | 10 | 36 | 09 | 29 | 35 | 10 |
| 2 | 33 | 29 | 35 | 13 | 16 | 05 | 16 | 29 | 10 | 36 |
| 3 | 16 | 10 | 33 | 29 | 06 | 11 | 29 | 25 | 06 | 33 |
| 4 | 20 | 23 | 10 | 39 | 12 | 11 | 16 | 19 | 29 | 33 |
| 5 | 01 | 16 | 29 | 33 | 23 | 15 | 36 | 15 | 33 | 29 |
| 6 | 12 | 29 | 33 | 31 | 22 | 21 | 33 | 36 | 18 | 26 |
| 7 | 10 | 16 | 28 | 25 | 06 | 14 | 31 | 33 | 22 | 23 |
| 8 | 33 | 20 | 11 | 05 | 16 | 14 | 22 | 34 | 36 | 15 |
| 9 | 22 | 10 | 23 | 11 | 33 | 15 | 36 | 33 | 35 | 31 |
| 10 | 12 | 23 | 25 | 11 | 29 | 28 | 34 | 13 | 05 | 15 |
| 11 | 16 | 29 | 11 | 36 | 31 | 15 | 22 | 05 | 13 | 22 |
| 12 | 28 | 21 | 14 | 36 | 31 | 25 | 13 | 05 | 29 | 31 |
| 13 | 11 | 09 | 29 | 34 | 09 | 05 | 06 | 15 | 22 | 10 |
| 14 | 12 | 26 | 20 | 11 | 28 | 31 | 10 | 13 | 05 | 29 |
| 15 | 11 | 27 | 25 | 11 | 10 | 13 | 28 | 19 | 08 | 36 |
| 16 | 05 | 29 | 11 | 28 | 34 | 16 | 08 | 22 | 34 | 22 |
| 17 | 21 | 05 | 26 | 15 | 33 | 29 | 10 | 16 | 28 | 21 |
| 18 | 33 | 28 | 08 | 12 | 29 | 28 | 33 | 21 | 10 | 22 |
| 19 | 14 | 25 | 16 | 15 | 28 | 33 | 14 | 34 | 12 | 16 |
| 20 | 05 | 01 | 13 | 22 | 37 | 16 | 10 | 06 | 28 | 26 |

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT, BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103297

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CALCULO)

ENSAYO N° : 1

HORA : 7:15

ABSCISA INICIAL : 0 + 000

ABSCISA FINAL : 0 + 200

LONGITUD : 200,00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA : 6,5 mm

LECT. INICIAL : 35

LECT. FINAL : 25

FACTOR DE CORRECCION : 1,30

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA : 0,80

COLA DERECHA : 0,89

CENTRO : 25

D: 26,69 und.

D: 133,45 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 173,49 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 8,76 m/km

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

LABORATORIO M.S.C.A.
 JEFATURA

Mtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257



TESIS UANCV

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



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : DERECHO

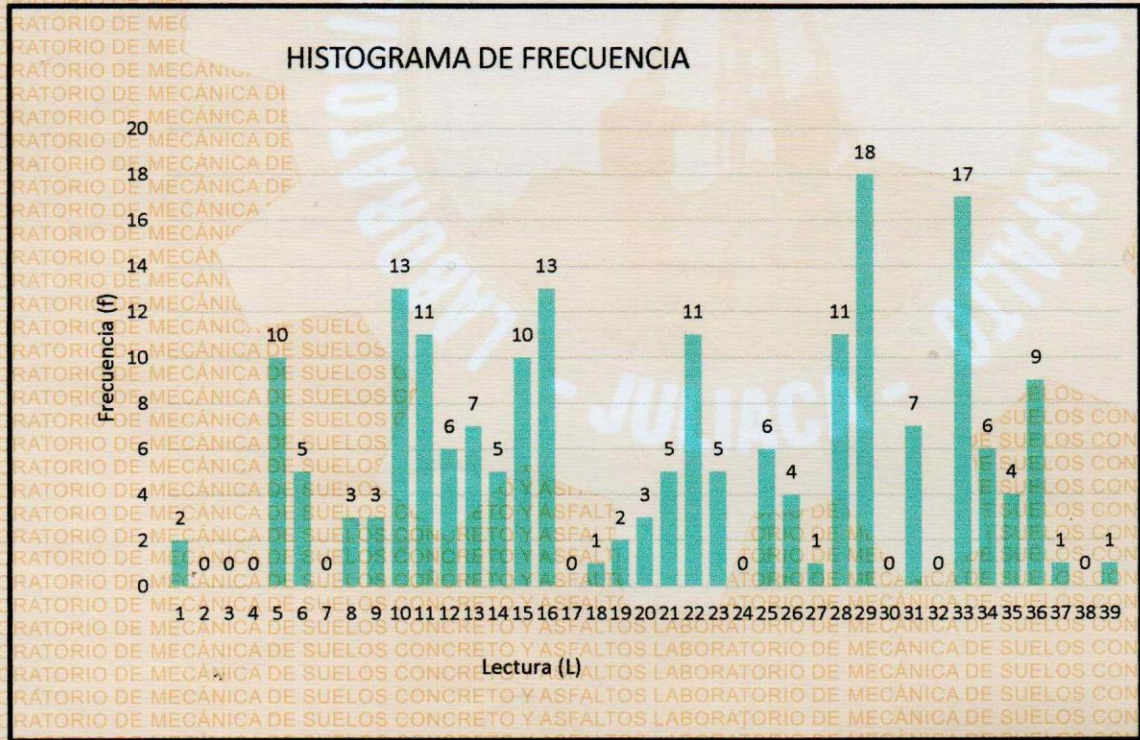
FECHA : 14/11/2023

ENSAYO N° 1

HORA 7:15

COLA IZQUIERDA 0,80
 COLA DERECHA: 0,89
 CENTRO: 25

| N° IRI | CONTEO |
|--------|--------|
| 1 | 2 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 10 |
| 6 | 5 |
| 7 | 0 |
| 8 | 3 |
| 9 | 3 |
| 10 | 13 |
| 11 | 11 |
| 12 | 6 |
| 13 | 7 |
| 14 | 5 |
| 15 | 10 |
| 16 | 13 |
| 17 | 0 |
| 18 | 1 |
| 19 | 2 |
| 20 | 3 |
| 21 | 5 |
| 22 | 11 |
| 23 | 5 |
| 24 | 0 |
| 25 | 6 |
| 26 | 4 |
| 27 | 1 |
| 28 | 11 |
| 29 | 18 |
| 30 | 0 |
| 31 | 7 |
| 32 | 0 |
| 33 | 17 |
| 34 | 6 |
| 35 | 4 |
| 36 | 9 |
| 37 | 1 |
| 38 | 0 |
| 39 | 1 |
| 40 | 0 |
| 41 | 0 |
| 42 | 0 |
| 43 | 0 |
| 44 | 0 |
| 45 | 0 |
| 46 | 0 |
| 47 | 0 |
| 48 | 0 |
| 49 | 0 |
| 50 | 0 |



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mg. Arnaldo Yana No. 006-00281041
 C.P. 103257



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 14/11/2023

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{e^{5.5}}$$

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE | | | | | |
| VIA | IRI | PSI(1) | PSI(2) | PSI(3) | PSI TOTAL |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | | | | |
| Carril Izquierdo | 8,76 | 1,02 | 0,88 | 0,19 | 0,7 |

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | |
|---|-----|--------------|
| CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO | | |
| VIA | PSI | CALIFICACION |
| CARRETERA SALIDA A LAMPA | | |
| Carril Izquierdo | 0,7 | MUY MALA |

| INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI) | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|---------------------------------|----------|---------------|
| | 5 - 4 | MUY BUENA |
| | 4 - 3 | BUENA |
| | 3 - 2 | REGULAR |
| | 2 - 1 | MALA |
| 1 - 0 | MUY MALA | |


 UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA
 Mgtr. Arpaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **2**

HORA **9:30**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 20 | 35 | 21 | 36 | 24 | 40 | 24 | 36 | 31 | 21 |
| 2 | 36 | 33 | 33 | 31 | 25 | 29 | 19 | 25 | 33 | 30 |
| 3 | 22 | 35 | 29 | 26 | 35 | 34 | 26 | 22 | 20 | 35 |
| 4 | 35 | 33 | 30 | 43 | 29 | 28 | 33 | 37 | 33 | 30 |
| 5 | 19 | 20 | 35 | 29 | 27 | 28 | 33 | 26 | 24 | 20 |
| 6 | 34 | 31 | 29 | 30 | 34 | 27 | 29 | 42 | 34 | 30 |
| 7 | 30 | 28 | 22 | 29 | 34 | 40 | 25 | 29 | 34 | 36 |
| 8 | 35 | 33 | 29 | 30 | 28 | 27 | 33 | 19 | 44 | 39 |
| 9 | 31 | 28 | 24 | 26 | 35 | 29 | 25 | 35 | 29 | 33 |
| 10 | 32 | 34 | 29 | 41 | 38 | 29 | 28 | 26 | 19 | 35 |
| 11 | 34 | 35 | 30 | 28 | 24 | 26 | 35 | 39 | 31 | 28 |
| 12 | 33 | 31 | 29 | 36 | 34 | 29 | 36 | 31 | 30 | 29 |
| 13 | 37 | 36 | 29 | 34 | 29 | 42 | 34 | 27 | 28 | 26 |
| 14 | 44 | 36 | 34 | 28 | 26 | 20 | 37 | 22 | 34 | 23 |
| 15 | 34 | 33 | 43 | 29 | 23 | 25 | 34 | 21 | 25 | 29 |
| 16 | 35 | 38 | 34 | 26 | 28 | 37 | 26 | 34 | 21 | 33 |
| 17 | 29 | 35 | 36 | 34 | 29 | 28 | 26 | 31 | 26 | 24 |
| 18 | 33 | 36 | 34 | 28 | 36 | 27 | 36 | 34 | 25 | 37 |
| 19 | 42 | 36 | 30 | 29 | 34 | 22 | 23 | 24 | 35 | 31 |
| 20 | 33 | 29 | 37 | 34 | 29 | 30 | 37 | 29 | 36 | 35 |

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT. BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mgt. Arnaldo Yana Torres
 CIP: 103257

B. N° 006-00281041



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CALCULO)

ENSAYO N° **2** HORA **9:30**

ABSCISA INICIAL: 0 + 200
ABSCISA FINAL: 0 + 400
LONGITUD: 200,00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6,5 mm
LECT. INICIAL: 35
LECT. FINAL: 23
FACTOR DE CORRECCION: 1,083

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0,25
COLA DERECHA: 0,00
CENTRO: 18
D: 18,25 und.
D: 91,25 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 98,82 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 5,25 m/km

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP. INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO M.S.C. JEFATURA
Metr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

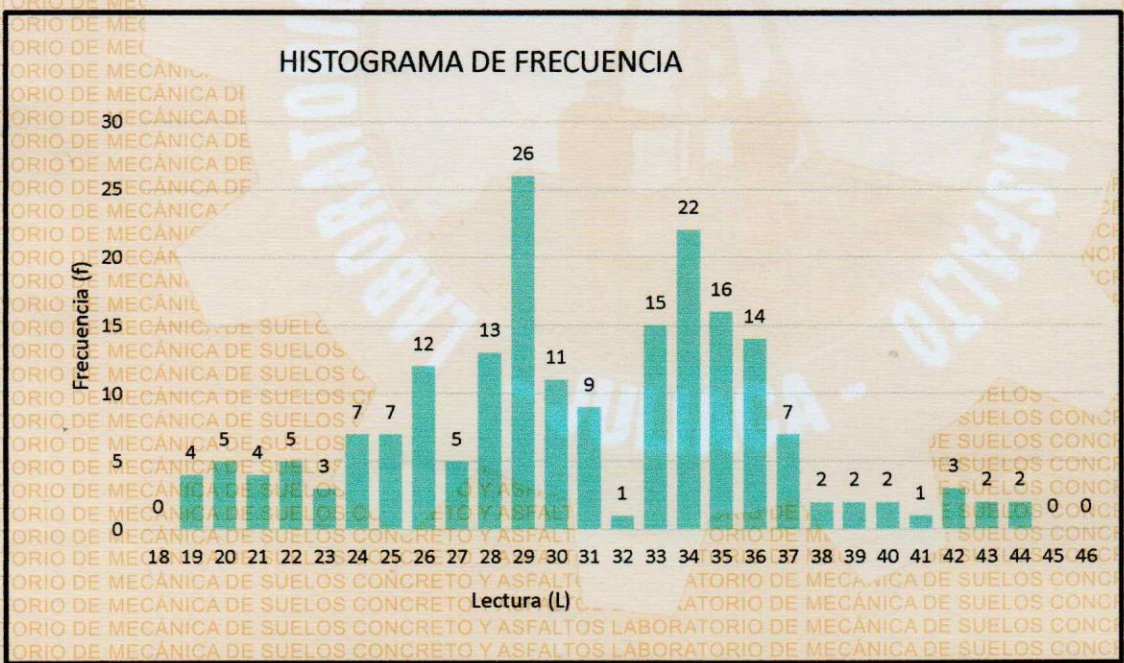
TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

ENSAYO N° 2 HORA **9:30**

COLA IZQUIERDA 0,25
COLA DERECHA: 0,00
CENTRO: 18

| N° IRI | CONTEO |
|--------|--------|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |
| 11 | 0 |
| 12 | 0 |
| 13 | 0 |
| 14 | 0 |
| 15 | 0 |
| 16 | 0 |
| 17 | 0 |
| 18 | 0 |
| 19 | 4 |
| 20 | 5 |
| 21 | 4 |
| 22 | 5 |
| 23 | 3 |
| 24 | 7 |
| 25 | 7 |
| 26 | 12 |
| 27 | 5 |
| 28 | 13 |
| 29 | 26 |
| 30 | 11 |
| 31 | 9 |
| 32 | 1 |
| 33 | 15 |
| 34 | 22 |
| 35 | 16 |
| 36 | 14 |
| 37 | 7 |
| 38 | 2 |
| 39 | 2 |
| 40 | 2 |
| 41 | 1 |
| 42 | 3 |
| 43 | 2 |
| 44 | 2 |
| 45 | 0 |
| 46 | 0 |
| 47 | 0 |
| 48 | 0 |
| 49 | 0 |
| 50 | 0 |

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257

B. N° 006-00281041



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{e^{5.5}}$$

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE | | | | | |
| VIA | IRI | PSI(1) | PSI(2) | PSI(3) | PSI TOTAL |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | | | | |
| Carril derecho | 5,25 | 1,93 | 2,00 | 1,79 | 1,91 |

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | |
|---|------|--------------|
| CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO | | |
| VIA | PSI | CALIFICACION |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | |
| Carril derecho | 1,91 | MALA |

| INDICE DE SERVICIABILIDAD D (PSI) | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|-----------------------------------|----------|---------------|
| | 5 - 4 | MUY BUENA |
| | 4 - 3 | BUENA |
| | 3 - 2 | REGULAR |
| | 2 - 1 | MALA |
| 1 - 0 | MUY MALA | |

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. Arnaldo Yana Torres
C.P. 103257



B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **3**

HORA **10:25**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 35 | 25 | 29 | 25 | 31 | 31 | 26 | 18 | 21 | 28 |
| 2 | 22 | 29 | 25 | 35 | 17 | 35 | 24 | 28 | 17 | 33 |
| 3 | 33 | 15 | 32 | 15 | 31 | 32 | 30 | 19 | 28 | 34 |
| 4 | 31 | 31 | 34 | 31 | 36 | 26 | 29 | 31 | 19 | 18 |
| 5 | 15 | 31 | 21 | 34 | 19 | 15 | 29 | 34 | 18 | 35 |
| 6 | 33 | 20 | 27 | 26 | 16 | 32 | 30 | 18 | 34 | 18 |
| 7 | 31 | 16 | 22 | 37 | 21 | 15 | 20 | 35 | 35 | 35 |
| 8 | 26 | 26 | 18 | 33 | 20 | 18 | 26 | 21 | 24 | 18 |
| 9 | 33 | 32 | 22 | 22 | 35 | 17 | 24 | 35 | 32 | 25 |
| 10 | 33 | 17 | 36 | 36 | 16 | 35 | 32 | 19 | 24 | 16 |
| 11 | 22 | 16 | 37 | 34 | 26 | 23 | 15 | 16 | 21 | 25 |
| 12 | 30 | 19 | 28 | 32 | 37 | 24 | 25 | 28 | 26 | 36 |
| 13 | 25 | 15 | 26 | 23 | 25 | 33 | 20 | 21 | 36 | 35 |
| 14 | 29 | 23 | 23 | 17 | 36 | 32 | 17 | 35 | 22 | 24 |
| 15 | 20 | 32 | 22 | 32 | 32 | 16 | 30 | 18 | 16 | 36 |
| 16 | 34 | 25 | 34 | 25 | 15 | 15 | 31 | 28 | 21 | 35 |
| 17 | 27 | 22 | 18 | 34 | 35 | 16 | 37 | 31 | 30 | 33 |
| 18 | 17 | 30 | 28 | 35 | 30 | 30 | 32 | 37 | 17 | 16 |
| 19 | 22 | 33 | 16 | 20 | 15 | 20 | 32 | 34 | 26 | 26 |
| 20 | 16 | 32 | 18 | 16 | 29 | 25 | 21 | 20 | 35 | 25 |

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT, BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISEPÉ
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : DERECHO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CALCULO)

ENSAYO N° : 3

ABSCISA INICIAL: 2 + 000
ABSCISA FINAL: 2 + 200
LONGITUD: 200,00

CORRECCION POR PASTILLA
ESP. PASTILLA: 6,5 mm
LECT. INICIAL: 36
LECT. FINAL: 24
FACTOR DE CORRECCION: 1,08

CALCULO DE "D"
COLA IZQUIERDA: 0,00
COLA DERECHA: 0,29
CENTRO: 20
D: 20,29 und.
D: 101,45 mm

HORA 10:25

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS
RB: 1

"D" CORREGIDO
D: 109,90 mm

CALCULO DEL IRI
IRI: 5,77 m/km



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
 Mgt. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 14/11/2023

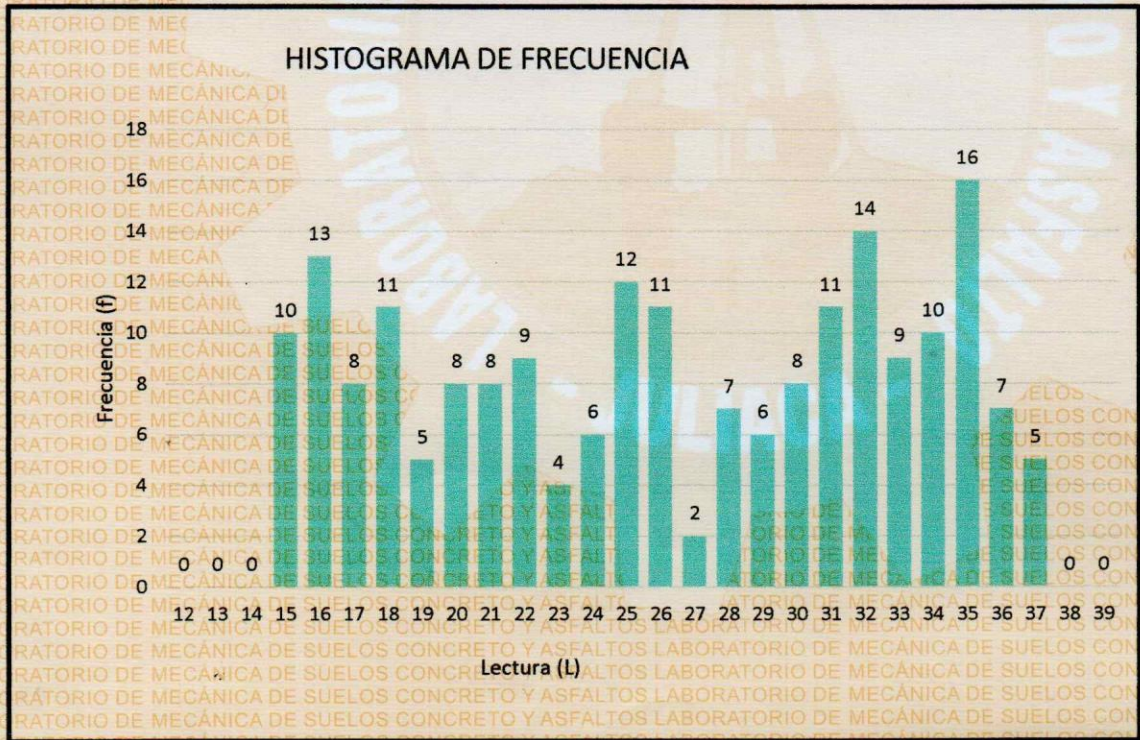
ENSAYO N° 3

HORA 10:25

COLA IZQUIERDA 0,00
 COLA DERECHA: 0,29
 CENTRO: 20

| N° IRI | CONTEO |
|--------|--------|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |
| 11 | 0 |
| 12 | 0 |
| 13 | 0 |
| 14 | 0 |
| 15 | 10 |
| 16 | 13 |
| 17 | 8 |
| 18 | 11 |
| 19 | 5 |
| 20 | 8 |
| 21 | 8 |
| 22 | 9 |
| 23 | 4 |
| 24 | 6 |
| 25 | 12 |
| 26 | 11 |
| 27 | 2 |
| 28 | 7 |
| 29 | 6 |
| 30 | 8 |
| 31 | 11 |
| 32 | 14 |
| 33 | 9 |
| 34 | 10 |
| 35 | 16 |
| 36 | 7 |
| 37 | 5 |
| 38 | 0 |
| 39 | 0 |
| 40 | 0 |
| 41 | 0 |
| 42 | 0 |
| 43 | 0 |
| 44 | 0 |
| 45 | 0 |
| 46 | 0 |
| 47 | 0 |
| 48 | 0 |
| 49 | 0 |
| 50 | 0 |

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAT. INGENIERÍA CIVIL

Mgtr. *Arnoldo Yano Torres*
 CIP. 103257 B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : DERECHO

FECHA : 14/11/2023

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{e^{5.5}}$$

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE | | | | | |
| VIA | IRI | PSI(1) | PSI(2) | PSI(3) | PSI TOTAL |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | | | | |
| Carril derecho | 5,77 | 1,75 | 1,81 | 1,56 | 1,71 |

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | |
|---|------|--------------|
| CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO | | |
| VIA | PSI | CALIFICACION |
| CARRETERA SALIDA A LAMPA | | |
| Carril derecho | 1,71 | MALO |

| INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI) | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|---------------------------------|----------|---------------|
| | 5 - 4 | MUY BUENA |
| | 4 - 3 | BUENA |
| | 3 - 2 | REGULAR |
| | 2 - 1 | MALA |
| 1 - 0 | MUY MALA | |

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 E.I.C.P. - CAP. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C.A. JEFATURA JULIACA - TENDÓN

Mgtr. *Arnaldo Yana Torres*
 C.I.F. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **4**

HORA **11:50**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 37 | 31 | 41 | 40 | 32 | 38 | 24 | 37 | 44 | 29 |
| 2 | 34 | 29 | 41 | 38 | 25 | 44 | 22 | 43 | 43 | 37 |
| 3 | 23 | 32 | 27 | 26 | 31 | 34 | 23 | 33 | 35 | 38 |
| 4 | 33 | 25 | 30 | 42 | 37 | 28 | 37 | 34 | 34 | 36 |
| 5 | 41 | 29 | 24 | 29 | 42 | 33 | 40 | 24 | 40 | 26 |
| 6 | 32 | 33 | 33 | 25 | 23 | 23 | 40 | 24 | 27 | 43 |
| 7 | 29 | 35 | 35 | 38 | 29 | 35 | 32 | 20 | 33 | 34 |
| 8 | 37 | 25 | 28 | 38 | 39 | 28 | 29 | 36 | 36 | 26 |
| 9 | 39 | 25 | 27 | 42 | 27 | 25 | 28 | 42 | 28 | 28 |
| 10 | 41 | 33 | 26 | 30 | 25 | 31 | 27 | 27 | 38 | 30 |
| 11 | 35 | 37 | 32 | 29 | 27 | 20 | 27 | 28 | 39 | 31 |
| 12 | 43 | 37 | 38 | 30 | 31 | 33 | 29 | 38 | 40 | 31 |
| 13 | 34 | 31 | 39 | 33 | 24 | 41 | 29 | 36 | 35 | 27 |
| 14 | 30 | 32 | 24 | 38 | 41 | 29 | 22 | 37 | 20 | 27 |
| 15 | 39 | 28 | 38 | 33 | 43 | 37 | 21 | 38 | 22 | 34 |
| 16 | 36 | 24 | 29 | 27 | 25 | 36 | 31 | 30 | 33 | 28 |
| 17 | 43 | 24 | 29 | 35 | 33 | 39 | 26 | 28 | 28 | 39 |
| 18 | 21 | 35 | 33 | 25 | 34 | 29 | 39 | 39 | 31 | 29 |
| 19 | 25 | 36 | 29 | 29 | 33 | 38 | 38 | 36 | 44 | 35 |
| 20 | 29 | 26 | 32 | 27 | 31 | 36 | 38 | 33 | 37 | 37 |

- AFIRMADO**
- BASE GRANULAR**
- BASE IMPRIMIDA**
- TRAT. BICAPA**
- CARPETA EN FRIO**
- CARP. EN CALIENTE**
- RECAPEO ASFALTICO**
- SELLO**
- OTROS**

OBSERVACIONES:



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP INGENIERÍA CIVIL
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CALCULO)

ENSAYO N° 4 HORA **11:50**

ABSCISA INICIAL: 2 + 500
 ABSCISA FINAL: 2 + 700
 LONGITUD: 200,00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6,5 mm
 LECT. INICIAL: 35
 LECT. FINAL: 23
 FACTOR DE CORRECCION: 1,083

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0,50
 COLA DERECHA: 0,00
 CENTRO: 18
 D: 18,5 und.
 D: 92,50 mm

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 100,18 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 5,31 m/km

UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO M.S.C. JEFATURA
 JULIACA - TESIS
 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



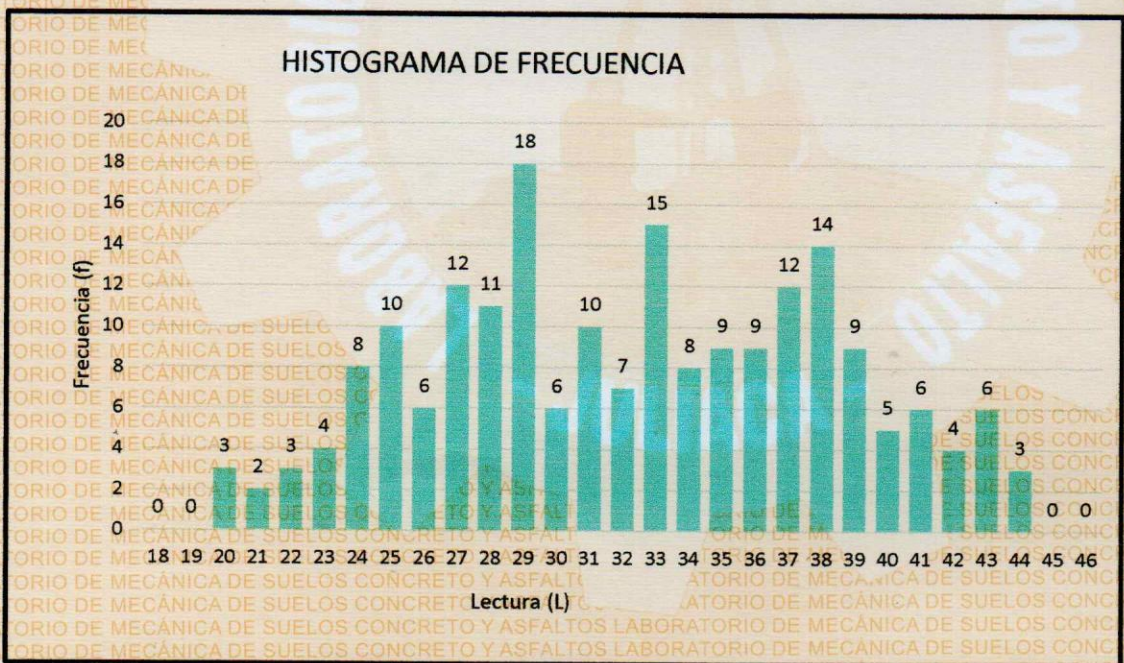
ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023
SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

ENSAYO N° 4 HORA 11:50

COLA IZQUIERDA 0,50
 COLA DERECHA: 0,25
 CENTRO: 18

HISTOGRAMA DE FRECUENCIA



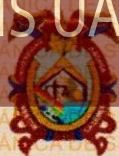
| N° IRI | CONTEO |
|--------|--------|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |
| 11 | 0 |
| 12 | 0 |
| 13 | 0 |
| 14 | 0 |
| 15 | 0 |
| 16 | 0 |
| 17 | 0 |
| 18 | 0 |
| 19 | 0 |
| 20 | 3 |
| 21 | 2 |
| 22 | 3 |
| 23 | 4 |
| 24 | 8 |
| 25 | 10 |
| 26 | 6 |
| 27 | 12 |
| 28 | 11 |
| 29 | 18 |
| 30 | 6 |
| 31 | 10 |
| 32 | 7 |
| 33 | 15 |
| 34 | 8 |
| 35 | 9 |
| 36 | 9 |
| 37 | 12 |
| 38 | 14 |
| 39 | 9 |
| 40 | 5 |
| 41 | 6 |
| 42 | 4 |
| 43 | 6 |
| 44 | 3 |
| 45 | 0 |
| 46 | 0 |
| 47 | 0 |
| 48 | 0 |
| 49 | 0 |
| 50 | 0 |



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAP. INGENIERÍA CIVIL

Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 14/11/2023

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{e^{5.5}}$$

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE | | | | | |
| VIA | IRI | PSI(1) | PSI(2) | PSI(3) | PSI TOTAL |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | | | | |
| Carril izquierdo | 5,31 | 1,90 | 1,98 | 1,77 | 1,88 |

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | |
|---|------|--------------|
| CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO | | |
| VIA | PSI | CALIFICACION |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | |
| Carril izquierdo | 1,88 | MALO |

| INDICE DE SERVICIABILIDAD D (PSI) | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|-----------------------------------|----------|---------------|
| | 5 - 4 | MUY BUENA |
| | 4 - 3 | BUENA |
| | 3 - 2 | REGULAR |
| | 2 - 1 | MALA |
| 1 - 0 | MUY MALA | |

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - C.A. INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO M.S.C. DEFATURA

Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE
SECTOR : SALIDA A LAMPA
TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CAMPO)

ENSAYO N° **5**

HORA **13:50**

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 35 | 22 | 36 | 28 | 34 | 32 | 17 | 21 | 19 | 16 |
| 2 | 27 | 17 | 13 | 26 | 33 | 32 | 29 | 25 | 26 | 18 |
| 3 | 19 | 38 | 29 | 23 | 32 | 33 | 19 | 30 | 35 | 33 |
| 4 | 31 | 28 | 26 | 29 | 21 | 26 | 28 | 29 | 31 | 29 |
| 5 | 27 | 16 | 30 | 38 | 31 | 32 | 20 | 32 | 20 | 27 |
| 6 | 35 | 16 | 31 | 23 | 22 | 18 | 20 | 26 | 21 | 33 |
| 7 | 32 | 20 | 38 | 19 | 31 | 23 | 22 | 37 | 19 | 35 |
| 8 | 22 | 23 | 32 | 31 | 18 | 18 | 25 | 16 | 30 | 18 |
| 9 | 36 | 35 | 25 | 16 | 26 | 17 | 27 | 29 | 36 | 21 |
| 10 | 34 | 25 | 17 | 15 | 19 | 32 | 29 | 21 | 19 | 27 |
| 11 | 26 | 36 | 33 | 20 | 16 | 21 | 39 | 14 | 28 | 31 |
| 12 | 21 | 30 | 25 | 29 | 27 | 29 | 28 | 20 | 26 | 27 |
| 13 | 15 | 29 | 21 | 27 | 19 | 27 | 36 | 26 | 21 | 15 |
| 14 | 26 | 17 | 25 | 24 | 30 | 27 | 26 | 15 | 29 | 22 |
| 15 | 23 | 27 | 35 | 19 | 37 | 24 | 25 | 21 | 37 | 22 |
| 16 | 26 | 31 | 25 | 25 | 17 | 29 | 24 | 18 | 16 | 35 |
| 17 | 34 | 35 | 22 | 34 | 36 | 25 | 25 | 26 | 30 | 19 |
| 18 | 22 | 32 | 22 | 32 | 35 | 33 | 25 | 37 | 36 | 15 |
| 19 | 25 | 16 | 20 | 18 | 31 | 17 | 23 | 31 | 25 | 23 |
| 20 | 29 | 31 | 21 | 19 | 34 | 34 | 35 | 19 | 30 | 29 |

TIPO DE PAVIMENTO

- AFIRMADO
- BASE GRANULAR
- BASE IMPRIMIDA
- TRAT, BICAPA
- CARPETA EN FRIO
- CARP. EN CALIENTE
- RECAPEO ASFALTICO
- SELLO
- OTROS

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ
 FICP - CAP / INGENIERIA CIVIL
 M.S.C. JEFEATURA
 Mgtr. Arnaldo Yana Torres
 CIP. 103257

B. N° 006-00281041



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : EVALUACION Y ESTADO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA VIA JULIACA - LAMPA, PROGRESIVA 0+000 HASTA 4+000 - JULIACA 2022

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 14/11/2023

(HOJA DE CALCULO)

ENSAYO N° 5

ABSCISA INICIAL: 2 + 700

ABSCISA FINAL: 2 + 900

LONGITUD: 200,00

CORRECCION POR PASTILLA

ESP. PASTILLA: 6,5 mm

LECT. INICIAL: 36

LECT. FINAL: 24

FACTOR DE CORRECCION: 1,08

CALCULO DE "D"

COLA IZQUIERDA: 0,38

COLA DERECHA: 0,71

CENTRO: 19

D: 20,09 und.

D: 100,45 mm

HORA 13:50

VARIACION DE RELACION DE BRAZOS

RB: 1

"D" CORREGIDO

D: 108,82 mm

CALCULO DEL IRI

IRI: 5,72 m/km


 Mgr. Arnaldo Yana Torres
 CIP 103257



B. N° 006-00281041



TESIS UANCV

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



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

OFICINA DE INVESTIGACIÓN

ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : IZQUIERDO

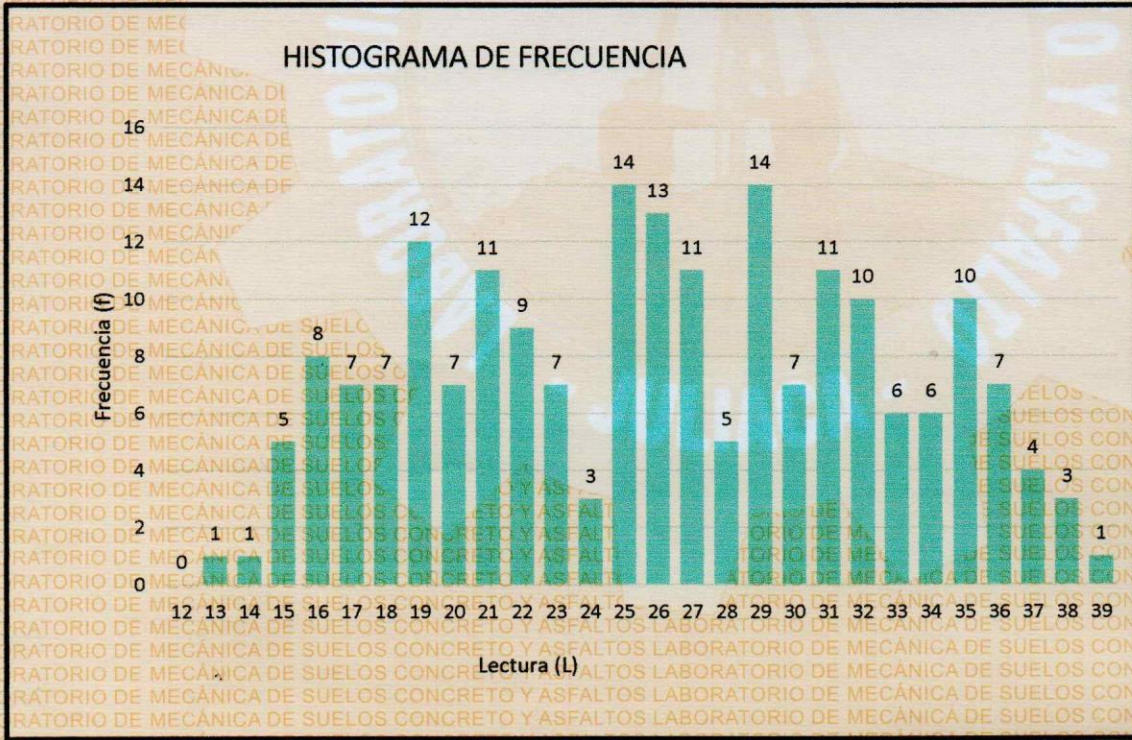
FECHA : 14/11/2023

ENSAYO N° 5

HORA 13:50

COLA IZQUIERDA 0,38
 COLA DERECHA: 0,71
 CENTRO: 19

| N° IRI | CONTEO |
|--------|--------|
| 1 | 0 |
| 2 | 0 |
| 3 | 0 |
| 4 | 0 |
| 5 | 0 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| 10 | 0 |
| 11 | 0 |
| 12 | 0 |
| 13 | 1 |
| 14 | 1 |
| 15 | 5 |
| 16 | 8 |
| 17 | 7 |
| 18 | 7 |
| 19 | 12 |
| 20 | 7 |
| 21 | 11 |
| 22 | 9 |
| 23 | 7 |
| 24 | 3 |
| 25 | 14 |
| 26 | 13 |
| 27 | 11 |
| 28 | 5 |
| 29 | 14 |
| 30 | 7 |
| 31 | 11 |
| 32 | 10 |
| 33 | 6 |
| 34 | 6 |
| 35 | 10 |
| 36 | 7 |
| 37 | 4 |
| 38 | 3 |
| 39 | 1 |
| 40 | 0 |
| 41 | 0 |
| 42 | 0 |
| 43 | 0 |
| 44 | 0 |
| 45 | 0 |
| 46 | 0 |
| 47 | 0 |
| 48 | 0 |
| 49 | 0 |
| 50 | 0 |



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - IAP INGENIERÍA CIVIL

Metr. Arnaldo Yana Torres N° 006-00281041
 CIP. 103257



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



ENSAYO PARA LA MEDICION DE LA RUGOSIDAD CON MERLIN

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

SECTOR : SALIDA A LAMPA

TRAMO : CARRETERA SALIDA A LAMPA

CARRIL : IZQUIERDO

FECHA : 14/11/2023

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 5.85 - 1.68(IRI)^2$$

ECUACION SEGÚN WILLIAM PATERSON (1987)

$$PSI = 4.182 - 0.455(IRI)$$

ECUACION SEGÚN D. DUJISIN Y A. ARROYO (1995)

$$PSI = \frac{5}{e^{5.5}}$$

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | | | | |
|--|------|--------|--------|--------|-----------|
| CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE | | | | | |
| VIA | IRI | PSI(1) | PSI(2) | PSI(3) | PSI TOTAL |
| : CARRETERA SALIDA A LAMPA | | | | | |
| Carril izquierdo | 5,72 | 1,77 | 1,83 | 1,58 | 1,73 |

| SERVICIABILIDAD DE LOS PAVIMENTOS EVALUADOS | | |
|---|------|--------------|
| CALIFICACION SEGÚN EL INDICE DE CONDICION DEL PAVIMENTO | | |
| VIA | PSI | CALIFICACION |
| CARRETERA SALIDA A LAMPA | | |
| Carril izquierdo | 1,73 | MALO |

| INDICE DE SERVICIABILIDAD (PSI) | RANGO | CLASIFICACIÓN |
|---------------------------------|----------|---------------|
| | 5 - 4 | MUY BUENA |
| | 4 - 3 | BUENA |
| | 3 - 2 | REGULAR |
| | 2 - 1 | MALA |
| 1 - 0 | MUY MALA | |


 Mgtr. Arpaldo Yana Torres
 CIP. 103257



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
 FICP - CAD INGENIERÍA CIVIL

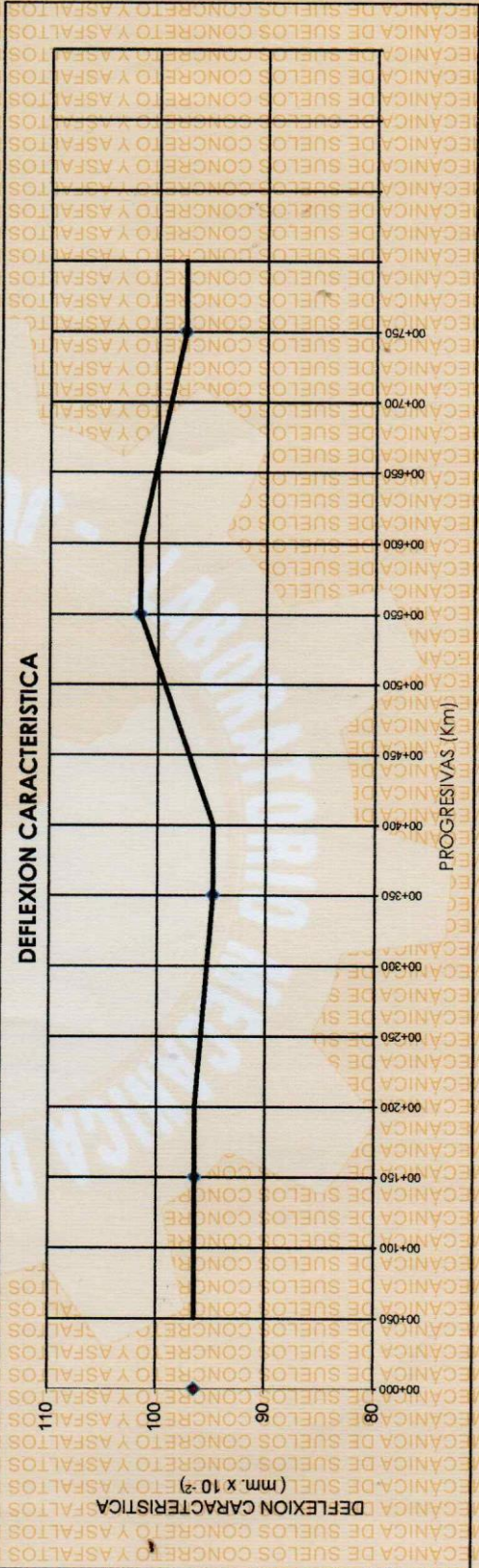
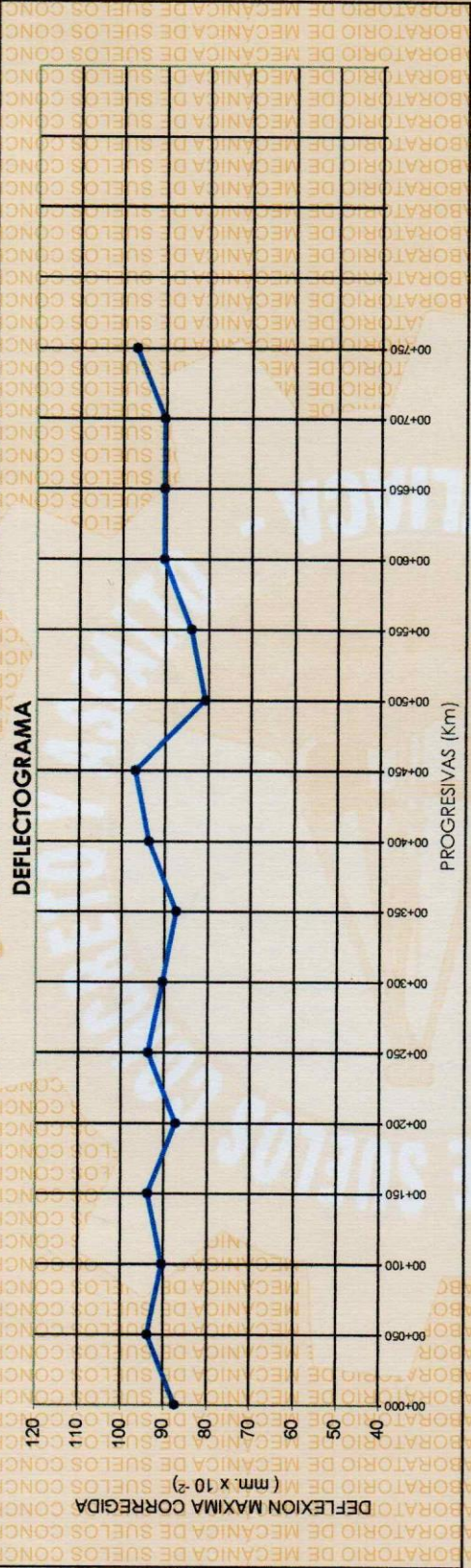
B. N° 006-00281041



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

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA

FECHA : 16/11/2023
 ESTRUCTURA : JULIACA - LAMPA - 2023
 CARRIL : 0+000-1+000
 DERECHO



Mgtr. Arzobispo Yana Torres
 CIP: 103251
 B. N° 006-0028104



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

EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN ASTM D 4695

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA
SOLICITANTE : JULIACA - LAMPA - 2023
ESTRUCTURANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISPE
PROGRESIVA : SUB RASANTE
FECHA : 1+250-2+000
CARRIL : 16/11/2023
IZQUIERDO

CARGA POR EJE : 8 200 kg.
CARGA POR ENSAYO : 4 100 kg.
PRESIÓN DE INFLADO : 80 psi.

FACTOR DE CORRECCIÓN (Kv) : 1,0
DEFLEXIÓN MÁXIMA ADMISIBLE (D.M.A.) : 1 x 10⁻² mm

RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO : 3,94:1
UNIDAD DE LECTURA : 1/1000 mm

| PROGRESIVA KM | LECTURA DE VIGA EN DIALES | | TEMP. AMBIENTE °C | TEMP. PAVIMENTO °C | HORA | DEFLEXION DIALES | | DEFLEXION mm x 10 ⁻² | | CORRECCION TEMP. "K" | DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 ⁻² | | DMP D _p | D ₅₀ D _{stad} | D ₅ D ₂₅ 25 cm. | RADIO DE CURVATURA RC (m) | Deflexion Máxima Admisible x 10 ⁻² mm |
|---------------|---------------------------|-----------|-------------------|--------------------|------|------------------|-------|---------------------------------|-------|----------------------|---|------|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------|--|
| | L (25 cm) | L (75 cm) | | | | Lf (Dmax) | 0 cm. | 25 cm | 0 cm. | | 25 cm. | | | | | | |
| 1+250 | 0,00 | 19 | 21 | 34 | 19,0 | 28,0 | 8:30 | 34,00 | 15 | 116,62 | 57,60 | 0,94 | 110,02 | 54,34 | 56,13 | 82 | |
| 1+300 | 0,00 | 18 | 18 | 32 | 19,0 | 28,0 | 9:05 | 32,00 | 14 | 108,76 | 53,76 | 0,94 | 103,55 | 50,72 | 59,15 | 82 | |
| 1+350 | 0,00 | 18 | 22 | 33 | 19,0 | 28,0 | 9:35 | 33,00 | 15 | 113,19 | 57,60 | 0,94 | 106,78 | 54,34 | 59,59 | 82 | |
| 1+400 | 0,00 | 19 | 20 | 33 | 19,0 | 28,0 | 10:10 | 33,00 | 14 | 113,19 | 53,76 | 0,94 | 106,78 | 50,72 | 55,74 | 82 | |
| 1+450 | 0,00 | 16 | 25 | 31 | 19,0 | 28,0 | 10:40 | 31,00 | 15 | 106,33 | 57,60 | 0,94 | 100,31 | 54,34 | 67,98 | 82 | |
| 1+500 | 0,00 | 17 | 26 | 32 | 19,0 | 28,0 | 11:25 | 32,00 | 15 | 109,76 | 57,60 | 0,94 | 103,55 | 54,34 | 63,51 | 82 | |
| 1+550 | 0,00 | 19 | 25 | 33 | 19,0 | 28,0 | 12:10 | 33,00 | 14 | 113,19 | 53,76 | 0,94 | 106,78 | 50,72 | 55,74 | 82 | |
| 1+600 | 0,00 | 18 | 24 | 35 | 19,0 | 28,0 | 13:00 | 35,00 | 17 | 120,05 | 65,28 | 0,94 | 113,25 | 50,72 | 60,48 | 82 | |
| 1+650 | 0,00 | 19 | 22 | 31 | 19,0 | 28,0 | 13:35 | 31,00 | 12 | 106,33 | 46,08 | 0,94 | 100,31 | 43,47 | 54,98 | 82 | |
| 1+700 | 0,00 | 20 | 23 | 34 | 19,0 | 28,0 | 14:15 | 34,00 | 14 | 116,62 | 53,76 | 0,94 | 110,02 | 50,72 | 52,70 | 82 | |
| 1+750 | 0,00 | 19 | 23 | 32 | 19,0 | 28,0 | 14:52 | 32,00 | 13 | 109,76 | 49,92 | 0,94 | 103,55 | 47,09 | 55,36 | 82 | |
| 1+800 | 0,00 | 17 | 24 | 34 | 19,0 | 28,0 | 15:25 | 34,00 | 17 | 116,62 | 65,28 | 0,94 | 110,02 | 48,85 | 64,52 | 82 | |
| 1+850 | 0,00 | 18 | 26 | 35 | 19,0 | 28,0 | 15:57 | 35,00 | 17 | 120,05 | 65,28 | 0,94 | 113,25 | 61,58 | 60,48 | 82 | |
| 1+900 | 0,00 | 19 | 24 | 33 | 19,0 | 28,0 | 16:25 | 33,00 | 14 | 113,19 | 53,76 | 0,94 | 106,78 | 50,72 | 55,74 | 82 | |
| 1+950 | 0,00 | 19 | 26 | 31 | 19,0 | 28,0 | 16:58 | 31,00 | 12 | 106,33 | 46,08 | 0,94 | 100,31 | 43,47 | 54,98 | 82 | |
| 2+000 | 0,00 | 17 | 24 | 32 | 19,0 | 28,0 | 17:21 | 32,00 | 15 | 109,76 | 57,60 | 0,94 | 103,55 | 50,72 | 63,51 | 82 | |

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arjaldo Yana Torres
CIP: 103257





TESIS UANCV



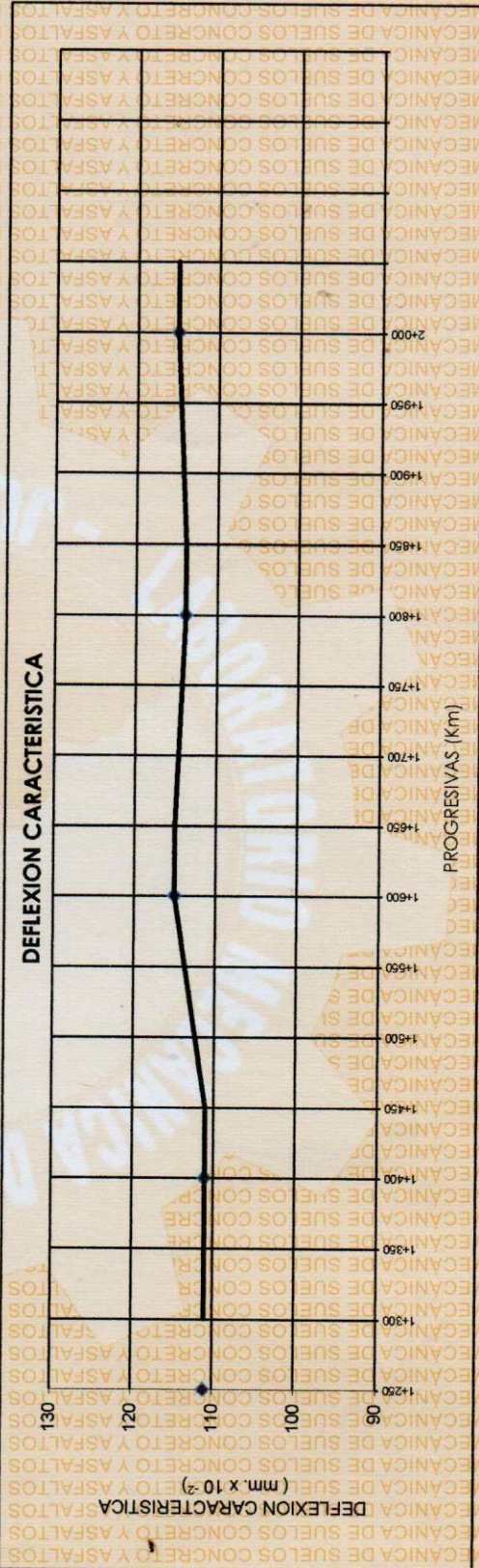
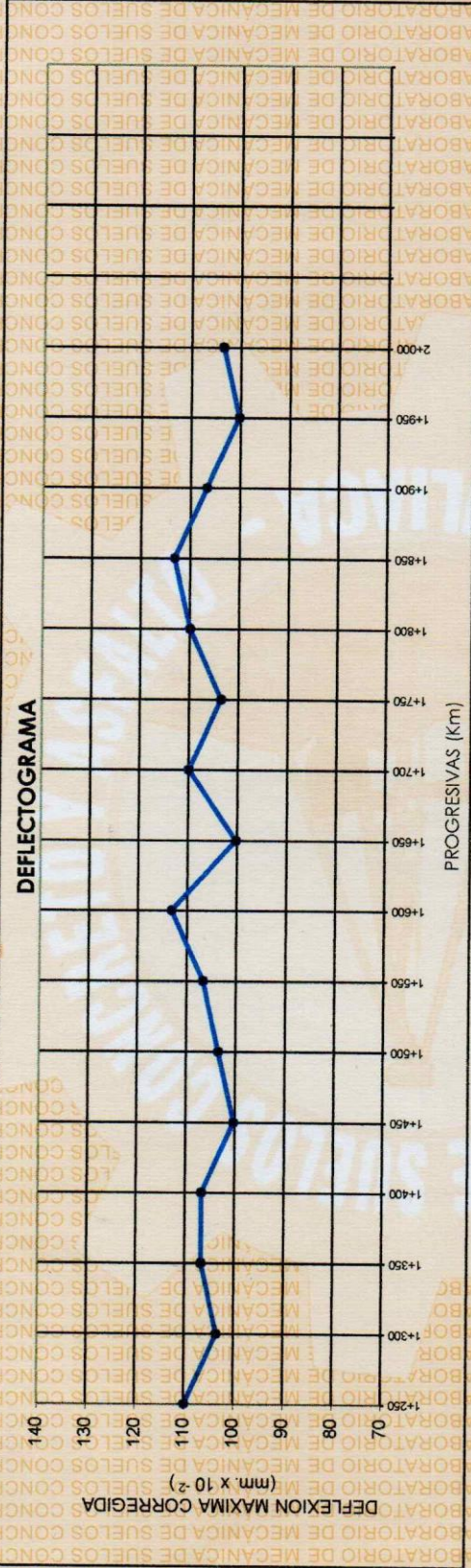
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN



Mgtr. Alfredo Y. ...
B. N° 006-008290-01

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

TESIS : ANALISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN JULIACA - LAMPA - 2023
ESTRUCTURA : SUB RASANTE
PROGRESIVA : 1+250-2+000
CARRIL : IZQUIERDO
FECHA : 16/11/2023





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

EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN ASTM D 4695

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA.

SOLICITANTE : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISPE

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

PROGRESIVA : 2+000-2+750

FECHA : 16/11/2023

CARRIL : IZQUIERDO

RELACION DE LONGITUDES DE BRAZO
UNIDAD DE LECTURA 17100 mm

4:1
0,01mm

FACTOR DE CORRECCION (Kv)
DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.)

1,0
1

| PROGRESIVA KM | LECTURA DE VIGA EN DIALES | | TEMP AMBIENTE °C | TEMP PAVIMENTO °C | HORA | DEFLEXION DIALES | | DEFLEXION mm x 10 ⁻² | | CORRECCI ON TEMP. "K" | DEFLEXION CORREGIDA M.M. x 10 ⁻² | | | | RADIO DE CURVATURA RC (m) | Deflexion Máxima Admisible x 10 ⁻² mm | |
|------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------|------|------------------|-------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|---|----------------|-------------------------|-------|---------------------------------|---|----|
| | L (25 cm) L _i (0 cm) | L (75 cm) L _r (Dmax) | | | | 0 cm. | 25 cm | DMP D _p | DSTD D _{std.} | | D ₂ 25 cm. | D _c | D _o 0 cm. | | | | |
| 2+000 | 0,00 | 19 | 28 | 29 | 19,0 | 28,0 | 8:32 | 29,00 | 10 | 99,47 | 38,40 | 0,94 | 93,84 | 36,23 | 54,24 | 82 | |
| 2+050 | 0,00 | 18 | 31 | 30 | 19,0 | 28,0 | 9:13 | 30,00 | 12 | 102,90 | 46,08 | 0,94 | 97,08 | 43,47 | 59,30 | 82 | |
| 2+100 | 0,00 | 17 | 31 | 29 | 19,0 | 28,0 | 9:57 | 29,00 | 12 | 99,47 | 46,08 | 0,94 | 93,84 | 43,47 | 62,04 | 82 | |
| 2+150 | 0,00 | 17 | 29 | 28 | 19,0 | 28,0 | 10:26 | 28,00 | 11 | 96,04 | 42,24 | 0,94 | 90,60 | 93,84 | 61,57 | 82 | |
| 2+200 | 0,00 | 18 | 27 | 28 | 19,0 | 28,0 | 10:58 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 | 90,60 | 36,23 | 57,47 | 82 | |
| 2+250 | 0,00 | 19 | 31 | 26 | 19,0 | 28,0 | 11:26 | 26,00 | 7 | 89,18 | 26,88 | 0,94 | 84,13 | 25,36 | 53,17 | 82 | |
| 2+300 | 0,00 | 18 | 30 | 27 | 19,0 | 28,0 | 11:57 | 27,00 | 9 | 92,61 | 34,56 | 0,94 | 87,37 | 32,60 | 57,06 | 82 | |
| 2+350 | 0,00 | 18 | 29 | 25 | 19,0 | 28,0 | 12:31 | 25,00 | 7 | 85,75 | 26,88 | 0,94 | 80,90 | 85,75 | 56,27 | 82 | |
| 2+400 | 0,00 | 19 | 27 | 30 | 19,0 | 28,0 | 13:00 | 30,00 | 11 | 102,90 | 42,24 | 0,94 | 97,08 | 39,85 | 54,61 | 82 | |
| 2+450 | 0,00 | 17 | 30 | 29 | 19,0 | 28,0 | 13:25 | 29,00 | 12 | 99,47 | 46,08 | 0,94 | 93,84 | 43,47 | 62,04 | 82 | |
| 2+500 | 0,00 | 17 | 25 | 27 | 19,0 | 28,0 | 13:59 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 | 87,37 | 36,23 | 61,10 | 82 | |
| 2+550 | 0,00 | 18 | 29 | 28 | 19,0 | 28,0 | 14:26 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 | 90,60 | 92,22 | 57,47 | 82 | |
| 2+600 | 0,00 | 19 | 39 | 30 | 19,0 | 28,0 | 14:54 | 30,00 | 11 | 102,90 | 42,24 | 0,94 | 97,08 | 39,85 | 54,61 | 82 | |
| 2+650 | 0,00 | 18 | 25 | 28 | 19,0 | 28,0 | 15:19 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 | 90,60 | 36,23 | 57,47 | 82 | |
| 2+700 | 0,00 | 17 | 31 | 25 | 19,0 | 28,0 | 15:48 | 25,00 | 8 | 85,75 | 30,72 | 0,94 | 80,90 | 28,98 | 60,19 | 82 | |
| 2+750 | 0,00 | 17 | 25 | 26 | 19,0 | 28,0 | 16:37 | 26,00 | 9 | 89,18 | 34,56 | 0,94 | 84,13 | 88,18 | 7,18 | 99,98 | 82 |



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
LABORATORIO
M.S.C.A.
JEFATURA
JULIACA

Mgtr. Arriado Yane Tor
CIP. 103257

E/N° 006-00281047

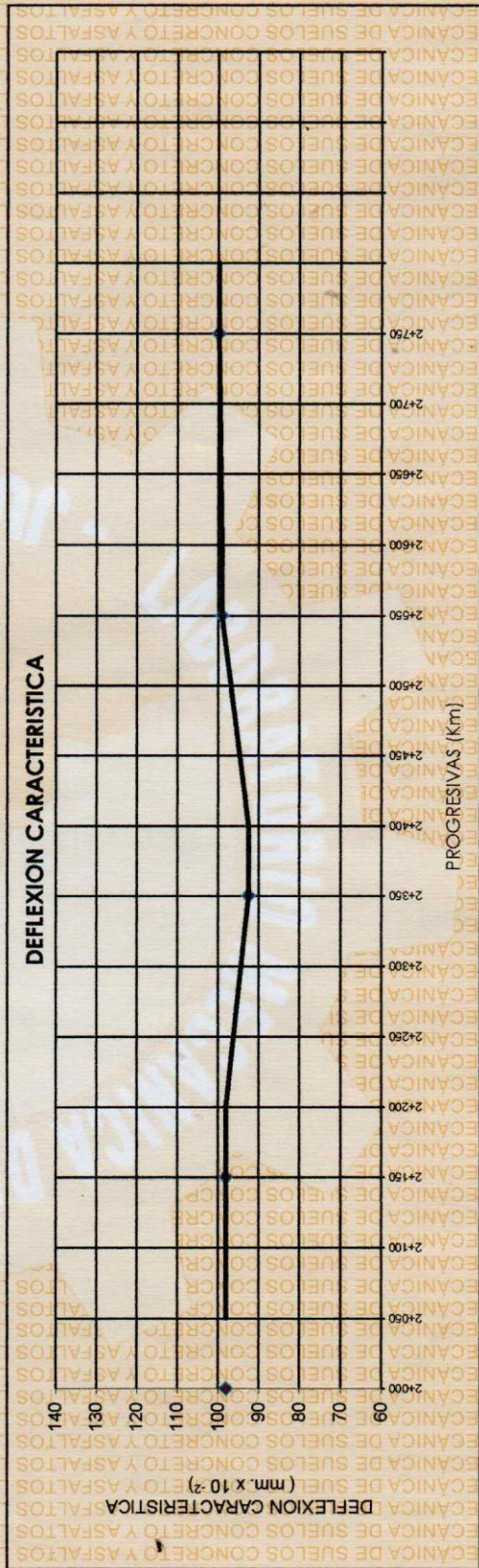
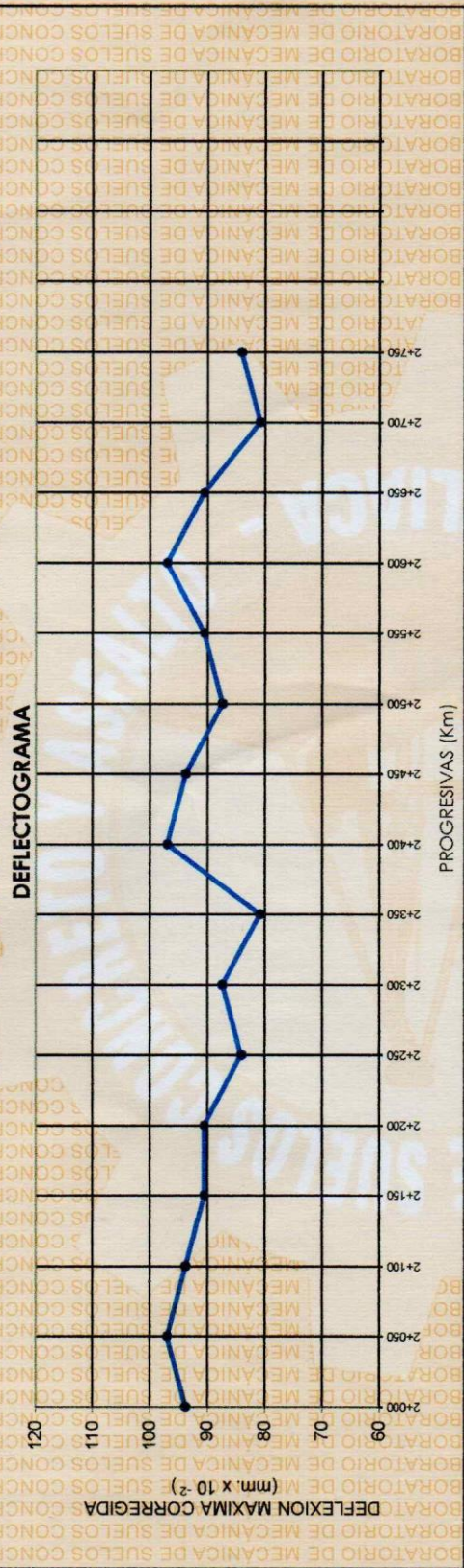


ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA JULIACA - LAMPA - 2023

FECHA : 16/11/2023

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

TESIS :
ESTRUCTURA :
PROGRESIVA :
CARRIL :



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ
FICP / CAP / INGENIERÍA CIVIL
Meir. Arnaldo y que 0085-0028104
Cip. 18337



EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA - VIGA BENKELMAN ASTM D 4695



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

TESIS : ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSIMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA
SOLICITANTE : JULIACA - LAMPA - 2023
ESTRUCTURA : BACH. DANIEL GUSTAVO CÁCERES QUISPE
PROGRESIVA : SUB RASANTE
FECHA : 3+000-4+000
CARRIL : 17/11/2023
CARGA POR EJE : 8 200 kg.
CARGA POR ENSAYO : 4 100 kg.
PRESIÓN DE INFLADO : 80 psi.

| PROGRESIVA KM | LECTURA DE VIGA EN DIALES | | | TEMP PAVIMENTO ° C. | HORA | DEFLEXION DIALES | | | DEFLEXION DE BRAZO | | CORRECCI ON TEMP. °K | DEFLEXION | | DEFLEXION CORREGIDA | | RADIO DE CURVATURA RC (m) | FACTOR DE CORRECCION (Kv) | DEFLEXION MAXIMA ADMISIBLE (D.M.A.) x 10 ⁻² mm | |
|------------------|---------------------------------|-----------|-----------|---------------------------|------|------------------|--------------------------|-------|--------------------|--------|----------------------------|-----------|--------------|---------------------|-------|---------------------------------|---------------------------|--|--------------|
| | Lectura Inicial Lo (0 cm) | L (25 cm) | L (75 cm) | | | Lr (Dmax) | TEMP AMBIENTE ° C. | 0 cm. | 25 cm. | 50 cm. | | DMP Dp | DSTD Dstd | Do 0 cm. | Dp | | | | Dg 25 cm. |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3+000 | 0,00 | 19 | 12 | 30 | 19,0 | 28,0 | 30,00 | 11 | 102,90 | 42,24 | 0,94 | 97,08 | 39,85 | 54,61 | | | | | |
| 3+050 | 0,00 | 18 | 0 | 29 | 19,0 | 28,0 | 29,00 | 11 | 99,47 | 42,24 | 0,94 | 93,84 | 39,85 | 57,88 | | | | | |
| 3+100 | 0,00 | 19 | 0 | 28 | 19,0 | 28,0 | 28,00 | 9 | 96,04 | 34,56 | 0,94 | 90,60 | 32,60 | 53,88 | | | | | |
| 3+150 | 0,00 | 17 | 0 | 27 | 19,0 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 | 87,37 | 92,22 | 4,18 | 99,09 | 36,23 | 61,10 | | |
| 3+200 | 0,00 | 18 | 0 | 29 | 19,0 | 28,0 | 29,00 | 10 | 99,47 | 38,40 | 0,94 | 93,84 | 36,23 | 54,24 | | | | | |
| 3+250 | 0,00 | 18 | 0 | 28 | 19,0 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 | 90,60 | 36,23 | 57,47 | | | | | |
| 3+300 | 0,00 | 18 | 0 | 28 | 19,0 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 | 90,60 | 36,23 | 57,47 | | | | | |
| 3+350 | 0,00 | 19 | 0 | 27 | 19,0 | 28,0 | 27,00 | 8 | 92,61 | 30,72 | 0,94 | 87,37 | 90,60 | 2,64 | 94,95 | 28,98 | 53,52 | | |
| 3+400 | 0,00 | 18 | 24 | 30 | 19,0 | 28,0 | 30,00 | 12 | 102,90 | 46,08 | 0,94 | 97,08 | 43,47 | 58,30 | | | | | |
| 3+450 | 0,00 | 17 | 29 | 27 | 19,0 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 | 87,37 | 36,23 | 61,10 | | | | | |
| 3+500 | 0,00 | 18 | 26 | 28 | 19,0 | 28,0 | 28,00 | 9 | 96,04 | 34,56 | 0,94 | 90,60 | 32,60 | 53,88 | | | | | |
| 3+550 | 0,00 | 17 | 28 | 27 | 19,0 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 | 87,37 | 90,60 | 4,58 | 98,13 | 36,23 | 61,10 | | |
| 3+600 | 0,00 | 18 | 29 | 28 | 19,0 | 28,0 | 28,00 | 10 | 96,04 | 38,40 | 0,94 | 90,60 | 36,23 | 57,47 | | | | | |
| 3+650 | 0,00 | 19 | 26 | 28 | 19,0 | 28,0 | 28,00 | 9 | 96,04 | 34,56 | 0,94 | 90,60 | 32,60 | 53,88 | | | | | |
| 3+700 | 0,00 | 19 | 30 | 29 | 19,0 | 28,0 | 29,00 | 10 | 99,47 | 38,40 | 0,94 | 93,84 | 36,23 | 54,24 | | | | | |
| 3+750 | 0,00 | 17 | 26 | 27 | 19,0 | 28,0 | 27,00 | 10 | 92,61 | 38,40 | 0,94 | 87,37 | 90,60 | 2,64 | 94,95 | 28,98 | 53,52 | | |

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FICP - C.A.P. INGENIERÍA CIVIL
Mgtr. Arnaldo Yana Torres
CIP. 103257
B. N° 006-0028104

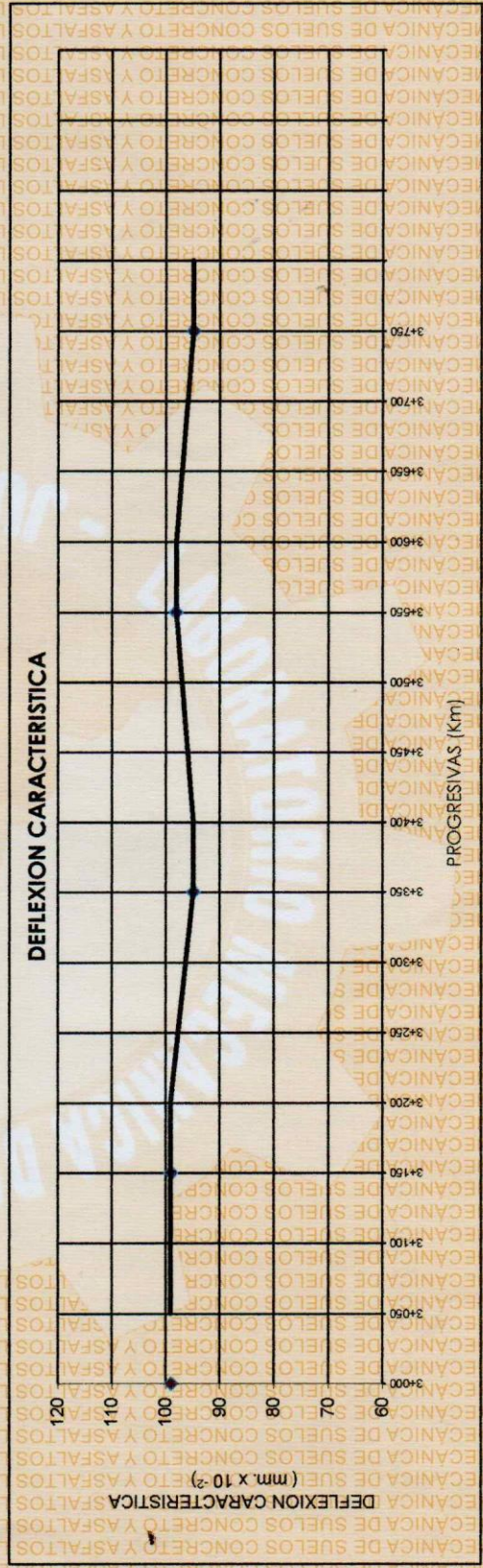
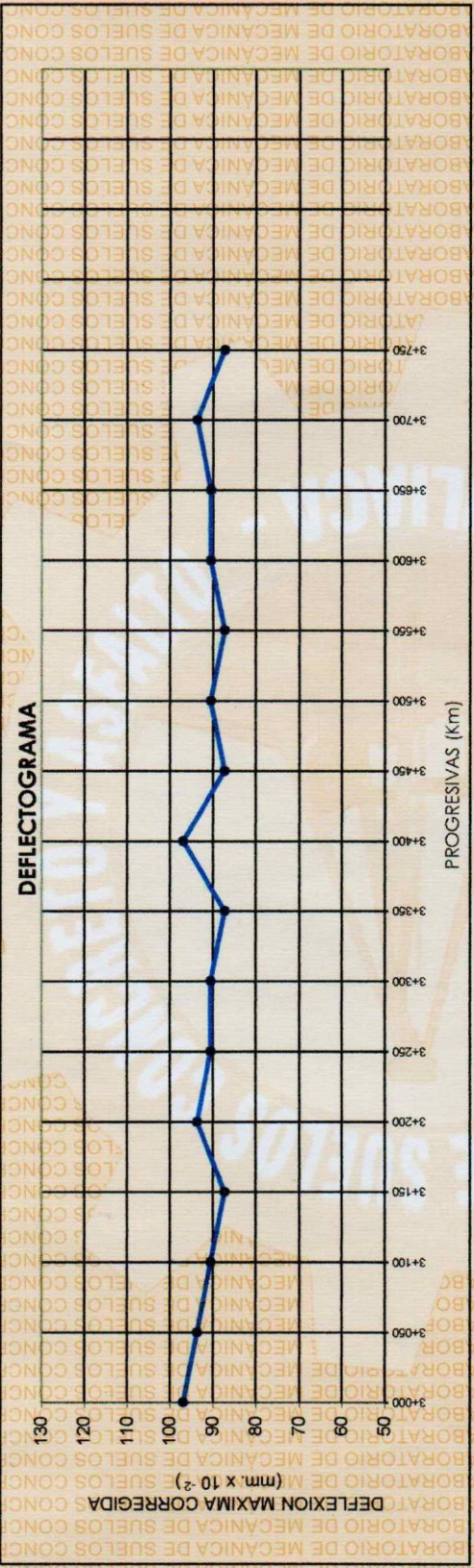




UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTOS

ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN
 JULIACA - LAMPA - 2023
 SUB RASANTE
 3+000-4+000
 DERECHO

FECHA : 17/11/2023



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FICP - CIVIL INGENIERÍA CIVIL
 M.º J. Araldo Yana Torres
 M.º J. 006-0028104



Anexo 4. Aforo vehicular y cálculo del ESAL

Aforo vehicular

| AFORO VEHICULAR SALIDA A LAMPA | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|--|-------|------|------|------|------|-----|-----|-------|------|--------|
| TRAMO DE LA CARRETERA | | PROGRESIVA 0+000 HASTA 4+000 VIA JULIACA-LAMPA | | | | | | | | | | |
| SENTIDO | | AMBOS | | | | | | | | | | |
| EVALUADOR | | Bach. Fernando Jesús Huanco Castillo Bach. Daniel Gustavo Cáceres Quispe | | | | | | | | | | |
| UBICACIÓN | | SALIDA A LAMPA-DISTRITO DE JULIACA | | | | | | | | | | |
| FECHA | | Dic-22 | | | | | | | | | | |
| COD | VEHICULO FIGURA | SENTIDO | AFORO | | | | | | | TOTAL | IMDs | % |
| | | | L | MA | M | J | V | S | D | | | |
| Auto | | IDA | 1019 | 1147 | 1098 | 1201 | 945 | 804 | 857 | 7071 | 2162 | 46.73% |
| | | VUELTA | 1064 | 1289 | 1159 | 1324 | 1081 | 924 | 989 | 7830 | | 51.74% |
| Micro | | IDA | 15 | 24 | 14 | 28 | 10 | 21 | 11 | 123 | 108 | 53.25% |
| | | VUELTA | 11 | 19 | 12 | 25 | 8 | 18 | 15 | 108 | | 46.75% |
| B2 | | IDA | 2 | 3 | 5 | 6 | 4 | 3 | 10 | 33 | 34 | 49.25% |
| | | VUELTA | 1 | 4 | 2 | 5 | 7 | 9 | 6 | 34 | | 50.75% |
| B3-1 | | IDA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | |
| | | VUELTA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | | |
| C2 | | IDA | 79 | 87 | 64 | 94 | 59 | 84 | 68 | 535 | 159 | 48.11% |
| | | VUELTA | 81 | 94 | 72 | 99 | 67 | 91 | 73 | 577 | | 51.89% |
| C3 | | IDA | 29 | 31 | 21 | 61 | 59 | 25 | 67 | 293 | 85 | 49.16% |
| | | VUELTA | 34 | 27 | 29 | 57 | 64 | 29 | 63 | 303 | | 50.84% |
| C4 | | IDA | 1 | - | - | 1 | - | - | 1 | 3 | 1 | 60.00% |
| | | VUELTA | - | 1 | - | - | - | 1 | - | 2 | | 40.00% |
| T2S2 | | IDA | 2 | 1 | - | 2 | 1 | 2 | 3 | 11 | 3 | 55.00% |
| | | VUELTA | 1 | - | 2 | - | 2 | 2 | 2 | 9 | | 45.00% |
| T2S3 | | IDA | 2 | - | 1 | - | 1 | 2 | 3 | 9 | 2 | 60.00% |
| | | VUELTA | - | 1 | 1 | 2 | - | 1 | 1 | 6 | | 40.00% |
| T3S1 | | IDA | - | - | 1 | - | - | - | 1 | 2 | 1 | 50.00% |
| | | VUELTA | 1 | - | - | - | 1 | - | - | 2 | | 50.00% |
| T3S3 | | IDA | 1 | - | - | 2 | - | - | 1 | 4 | 1 | 57.14% |
| | | VUELTA | 1 | 1 | - | 1 | - | - | - | 3 | | 42.86% |
| C2R2 | | IDA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | |
| | | VUELTA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | | |
| C2R3 | | IDA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | |
| | | VUELTA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | | |
| C3R2 | | IDA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | |
| | | VUELTA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | | |
| C3E3 | | IDA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | 0 | |
| | | VUELTA | - | - | - | - | - | - | - | 0 | | |



Cálculo de FCEE (Metodo ASSTHO)

Considerando

| | |
|----------------------------|-----------|
| NUMERO ESTRUCTURAL (SN) | 4.45 pulg |
| SERVICIABILIDAD FINAL (Pt) | 2.5 |

| Tipo de Vehículo: | | | | | | | | | |
|---|---------|------------------------|--------------|--------------------|---------|----------------|-----------------|--------|--------------|
| DESCRIPCIÓN | SIMBOLO | EJES | CARGA MAXIMA | CARGA MAXIMA(KIPS) | Gt | B ₂ | B ₁₀ | FCEE | FCEE(SUMADO) |
| Auto, camioneta, micro | | Eje simple | 1 | 2.21 | -0.2009 | 0.4005 | 0.5648 | 0.0003 | 0.0006 |
| | | Eje simple | 1 | 2.21 | -0.2009 | 0.4005 | 0.5648 | 0.0003 | |
| Bus de 2 ejes | B2 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 3.5983 |
| | | Eje simple rueda doble | 11 | 24.26 | -0.2009 | 0.8135 | 0.5648 | 3.0457 | |
| Bus de 3 ejes-1 | B3-1 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | - |
| | | Eje tandem | 16 | 35.28 | -0.2009 | 0.5549 | 0.5648 | 1.2736 | |
| Camión de 2 ejes | C2 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 3.5983 |
| | | Eje simple rueda doble | 11 | 24.26 | -0.2009 | 0.8135 | 0.5648 | 3.0457 | |
| Camión de 3 ejes | C3 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 2.5405 |
| | | Eje tandem | 18 | 39.69 | -0.2009 | 0.6223 | 0.5648 | 1.9879 | |
| Camión de 4 ejes | C4 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 1.8565 |
| | | Eje tridem | 23 | 50.72 | -0.2009 | 0.5361 | 0.5648 | 1.3039 | |
| Tracto de 2 ejes con semiremolque de 2 ejes | T2S2 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 5.5862 |
| | | Eje simple rueda doble | 11 | 24.26 | -0.2009 | 0.8135 | 0.5648 | 3.0457 | |
| | | Eje tandem | 18 | 39.69 | -0.2009 | 0.6223 | 0.5648 | 1.9879 | |
| Tracto de 2 ejes con semiremolque de 3 ejes | T2S3 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 5.3915 |
| | | Eje simple rueda doble | 11 | 24.26 | -0.2009 | 0.8135 | 0.5648 | 3.0457 | |
| | | Eje tridem | 25 | 55.13 | -0.2009 | 0.5756 | 0.5648 | 1.7932 | |
| Tracto de 3 ejes con semiremolque de 1 eje | T3S1 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 5.5862 |
| | | Eje tandem | 18 | 39.69 | -0.2009 | 0.6223 | 0.5648 | 1.9879 | |
| | | Eje simple | 11 | 24.26 | -0.2009 | 0.8135 | 0.5648 | 3.0457 | |
| Tracto de 3 ejes con semiremolque de 3 ejes | T3S3 | Eje simple | 7 | 15.44 | -0.2009 | 0.5033 | 0.5648 | 0.5526 | 3.6915 |
| | | Eje tandem | 17 | 37.49 | -0.2009 | 0.5866 | 0.5648 | 1.6042 | |
| | | Eje tridem | 24 | 52.92 | -0.2009 | 0.5549 | 0.5648 | 1.5347 | |

Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño

| NUMERO DE CALZADAS | NÚMERO DE SENTIDOS | NÚMERO DE CARRILES POR SENTIDO | FACTOR DIRECCIONAL (FD) | FACTOR DE CARRIL (FC) | FACTOR PONDERADO (FD x FC) |
|--------------------|--------------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 Calzada | 1 Sentido | 1 | 1 | 1 | 1 |
| | 1 Sentido | 2 | 1 | 0.8 | 0.8 |
| | 1 Sentido | 3 | 1 | 0.6 | 0.6 |
| | 1 Sentido | 4 | 1 | 0.5 | 0.5 |
| | 2 Sentidos | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 |
| | 2 Sentidos | 2 | 0.5 | 0.8 | 0.4 |
| 2 Calzadas | 2 Sentidos | 1 | 0.5 | 1 | 0.5 |
| | 2 Sentidos | 2 | 0.5 | 0.8 | 0.4 |
| | 2 Sentidos | 3 | 0.5 | 0.6 | 0.3 |
| | 2 Sentidos | 4 | 0.5 | 0.5 | 0.25 |

Entonces:

| | |
|----|-----|
| FD | 0.5 |
| DC | 0.8 |



Entonces: Considerándose un periodo de diseño de 15 años

| | TMDA año de aforo | Tasa de crecimiento % | TMDA año de proyecto | Tránsito acumulado PD= | FCEE | ESAL's |
|--------------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|--------|-----------------------------|
| FCEE(SUMADO) | 2022 | | 2022 | 15 | | |
| 0.0006 | 2162 | 4 | 2162 | 15801214 | 0.0006 | 9481 |
| 3.5983 | 10 | 4 | 10 | 73086 | 3.5983 | 262985 |
| - | - | - | - | - | - | - |
| 3.5983 | 159 | 4.2 | 159 | 1179491 | 3.5983 | 4244162 |
| 2.5405 | 85 | 4.2 | 85 | 630545 | 2.5405 | 1601900 |
| 1.8565 | 1 | 4.2 | 1 | 7418 | 1.8565 | 13772 |
| 5.5862 | 3 | 4.3 | 3 | 22421 | 5.5862 | 125248 |
| 5.3915 | 2 | 4.3 | 2 | 14947 | 5.3915 | 80587 |
| 5.5862 | 1 | 4.3 | 1 | 7474 | 5.5862 | 41751 |
| 3.6915 | 1 | 4.3 | 1 | 7474 | 3.6915 | 27590 |
| | | | | | | 6.41E+06 (SUMATORIA) |

ESAL_{DISEÑO} = 2.56E+06

Anexo 6: Panel Fotográfico



Punto de inicio de zona de estudio vía Juliaca-Lampa progresiva 0+000 hasta 4+000



Medición de ancho de calzada en punto de inicio, vía Juliaca-Lampa



Punto final de estudio vía Juliaca-Lampa.



Medición de ancho de calzada 7.30m en punto final de estudio, vía Juliaca-Lampa.



Calibración del equipo, para poder realizar el ensayo de manera adecuada.



Verificación de la calibración en el equipo



Toma de medida del recorrido de la llanta del rugosímetro de Merlin



Equipo de trabajo para ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 0+000 hasta 0+200 muestra 01



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 0+000 hasta 0+200 muestra 01



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 0+200 hasta 0+400 muestra 02



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 0+200 hasta 0+400 muestra 02



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 2+000 hasta 2+200 muestra 03



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 2+000 hasta 2+200 muestra 03



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 2+500 hasta 2+700 muestra 04



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 2+500 hasta 2+700 muestra 04



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 2+700 hasta 2+900 muestra 05



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 2+700 hasta 2+900 muestra 05



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 2+900 hasta 3+100 muestra 06



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 2+900 hasta 3+100 muestra 06



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 3+100 hasta 3+300 muestra 07



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 3+100 hasta 3+300 muestra 07



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 3+300 hasta 3+500 muestra 08



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 3+300 hasta 3+500 muestra 08



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 3+500 hasta 3+700 muestra 09



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 3+500 hasta 3+700 muestra 09



Ejecución del ensayo del rugosímetro de Merlin en progresiva 3+800 hasta 4+000 muestra 10



Toma de datos a medida que avanza el equipo en progresiva 3+800 hasta 4+000 muestra 10



Posicionamiento y lectura de diales en la viga Benkelman progresiva 0+000 hasta 1+000, muestra 01



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 0+000 hasta 1+000, muestra 01



Posicionamiento y lectura de diales en la viga Benkelman progresiva 1+000 hasta 2+000, muestra 02



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 1+000 hasta 2+000, muestra 02



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 1+000 hasta 2+000, muestra 02



Posicionamiento y lectura de diales en la viga Benkelman progresiva 2+000 hasta 3+000, muestra 03



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 2+000 hasta 3+000, muestra 03



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 2+000 hasta 3+000, muestra 03



Posicionamiento y lectura de diales en la viga Benkelman progresiva 3+000 hasta 4+000, muestra 04



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 3+000 hasta 4+000, muestra 04



Lectura de diales en la viga Benkelman a medida que el volquete avanza progresiva 3+000 hasta 4+000, muestra 04



Lectura de la temperatura del pavimento flexible en la progresiva 0+000 hasta 1+000, muestra 01



Lectura de la temperatura del pavimento flexible en la progresiva 3+000 hasta 4+000, muestra 04



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 05/09/2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DANIEL GUSTAVO CACERES QUISPE

Dirección: JR. LA VICTORIA N° 120

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 76840064

Teléfono: 948322938 email: dakey_1999@hotmail.com

Nombres y Apellidos:

Dirección:

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:

Teléfono: email:

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

Escuela Profesional o Mención: ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Título o Grado Académico a optar: TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Asesor: DR. RONALD MADERA TERAN

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: ANÁLISIS DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EMPLEANDO EL RUGOSÍMETRO DE MERLIN Y LA VIGA BENKELMAN EN LA CARRETERA JULIACA - LAMPA - 2023

Palabras claves, (3 a 5 términos): PAVIMENTO FLEXIBLE, ANÁLISIS, IRI, PSI

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

1

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

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



2. Referencia de tesis:

- Bachiller
- Título
- 2da Especialidad
- Maestría
- Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

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

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

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

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

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

Autorizo su publicación (marque con una X)

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

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

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

¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?

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

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

- Sí autorizo
- No autorizo



Jurisdicción de su Licencia

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

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

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

Internacional

Nacional

Línea de investigación: Tecnología de la Construcción - P17

Firma de Autor



huella digital

05 de septiembre del 2024

Fecha