

Marko Antonio Delgado Fernández

Fallas superficiales que afectan la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa – ...

 Tesis Repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:579027489

Fecha de entrega

15 abr 2026, 14:53 GMT-5

Fecha de descarga

15 abr 2026, 15:04 GMT-5

Nombre del archivo

TESIS MARKO DELGADO FERNANDEZ_24.03.2026 (2).pdf

Tamaño del archivo

2.4 MB

74 páginas

11.662 palabras

69.426 caracteres




24% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 20%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 18%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

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

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

Fuentes principales

- 20% Fuentes de Internet
- 2% Publicaciones
- 18% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Fuentes principales

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	Internet	repositorio.unsm.edu.pe	6%
2	Internet	tesis.unsm.edu.pe	2%
3	Internet	hdl.handle.net	2%
4	Trabajos del estudiante	unjbg on 2022-01-26	1%
5	Internet	repositorio.urp.edu.pe	<1%
6	Trabajos del estudiante	unhuancavelica on 2021-10-14	<1%
7	Internet	gis.proviasnac.gob.pe	<1%
8	Internet	repositorio.ucsp.edu.pe	<1%
9	Internet	www.coursehero.com	<1%
10	Trabajos del estudiante	Virtual University of Pakistan, Lahore on 2025-10-20	<1%
11	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú on 2025-04-22	<1%

12	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2022-07-25	<1%
13	Internet	repositorio.unc.edu.pe	<1%
14	Internet	repositorio.uta.edu.ec	<1%
15	Trabajos del estudiante	BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA on 2025-10-15	<1%
16	Trabajos del estudiante	Universidad Politécnica del Perú on 2025-06-30	<1%
17	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2024-01-06	<1%
18	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2022-08-30	<1%
19	Trabajos del estudiante	Universidad de Burgos UBUCEV on 2025-12-21	<1%
20	Internet	repositorio.uprit.edu.pe	<1%
21	Internet	www.lepoint.com.pe	<1%
22	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2024-11-19	<1%
23	Trabajos del estudiante	UNAPEC on 2024-11-19	<1%
24	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2025-08-04	<1%
25	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2018-12-06	<1%

26	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD, UNAD on 2024-05-29	<1%
27	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2022-12-06	<1%
28	Trabajos del estudiante	Universidad TecMilenio on 2024-02-12	<1%
29	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2024-01-06	<1%
30	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2024-01-08	<1%
31	Trabajos del estudiante	UNIV DE LAS AMERICAS on 2026-01-30	<1%
32	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2024-01-16	<1%
33	Internet	doaj.org	<1%
34	Internet	transparencia.mtc.gob.pe	<1%
35	Trabajos del estudiante	Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC on 2024-11-30	<1%
36	Trabajos del estudiante	Universidad Andina del Cusco on 2024-05-18	<1%
37	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2024-01-04	<1%
38	Trabajos del estudiante	Universidad de Guayaquil on 2025-07-10	<1%
39	Trabajos del estudiante	Universitat Politècnica de València on 2022-04-05	<1%

40	Internet	repositorio.unap.edu.pe	<1%
41	Publicación	Aguilar Huanca, Joan Joseph. "Las costumbres ancestrales y la actitud de los estu..."	<1%
42	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-07-03	<1%
43	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-12-02	<1%
44	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2018-01-15	<1%
45	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de San Martín on 2024-01-06	<1%
46	Trabajos del estudiante	Universidad Ricardo Palma on 2020-12-07	<1%
47	Internet	dspace.unach.edu.ec	<1%
48	Internet	es.scribd.com	<1%
49	Internet	repositorio.ucp.edu.pe	<1%
50	Internet	repositorio.unsa.edu.pe	<1%
51	Internet	trid.trb.org	<1%
52	Trabajos del estudiante	Glion Institute for Higher Education on 2014-05-02	<1%
53	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-08	<1%

54	Trabajos del estudiante	Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez on 2025-11-09	<1%
55	Trabajos del estudiante	Universidad Cesar Vallejo on 2016-03-30	<1%
56	Trabajos del estudiante	Universidad Jose Carlos Mariategui on 2018-03-08	<1%
57	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2025-09-12	<1%
58	Trabajos del estudiante	Universidad Nacional de Cajamarca on 2026-01-17	<1%
59	Trabajos del estudiante	Universidad Politecnica Salesiana del Ecuador on 2025-11-20	<1%
60	Trabajos del estudiante	Universidad Tecnologica del Peru on 2026-02-27	<1%
61	Internet	aceproject.org	<1%
62	Internet	dspace.ucuenca.edu.ec	<1%
63	Internet	portal.mtc.gob.pe	<1%
64	Internet	repositorio.upao.edu.pe	<1%
65	Internet	webunwto.s3.eu-west-1.amazonaws.com	<1%
66	Internet	www.icj-cij.org	<1%
67	Internet	www.marcrixnoticias.com	<1%

68 Internet

www.orgulloboricua.net

<1%

69 Internet

www.repositorio.ugto.mx

<1%



Esta obra está bajo una

[Licencia Creative Commons](#)

[Atribución - 4.0 Internacional \(CC BY 4.0\)](#)

Vea una copia de esta licencia en

<https://creativecommons.org/licences/by/4.0/deed.es>



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**Fallas superficiales que afectan la transitabilidad
de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry,
tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - San
Martín**

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Marko Antonio Delgado Fernández

<https://orcid.org/0000-0001-9155-1390>

Asesor:

Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón

<https://orcid.org/0000-0003-3053-2908>

Tarapoto, Perú

2025



FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Tesis

**Fallas superficiales que afectan la transitabilidad
de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry,
tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - **San
Martín****

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Marko **Antonio** Delgado Fernández

**Sustentado y aprobado el 10 de noviembre del 2025, por los siguientes
jurados:**

 Presidente de Jurado Ing. Dr. Rubén del Aguila Panduro	 Secretario de Jurado Ing. M.Sc. Carlos Enrique Chung Rojas
 Vocal de Jurado Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta	 Asesor Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón

Tarapoto, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA



Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana

Acta de Sustentación de Trabajo de Investigación Para Título de Ingeniero Civil No. 046-2



Jurado reconocido con Resolución N° 019-2025-UNSM/FICA-CF-NLU

Facultad: Ingeniería Civil de Arquitectura

Escuela profesional Ingeniería Civil

A las 18:00 horas del lunes 10 de noviembre, inició al acto público de sustentación del trabajo de investigación "FALLAS SUPERFICIALES QUE AFECTAN LA TRANSITABILIDAD DE LA CARRETERA ARQ° FERNANDO BELAÜNDE TERRY, TRAMO CASPIZAPA – SAN HILARIÓN, PICOTA - SAN MARTÍN" para optar el título de Ingeniero Civil, presentado por Marko Antonio Delgado Fernández, asesoría de Ing. M. Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón.

Instalada la Mesa Directiva conformada por Ing° Dr. Rubén del Águila Panduro, (presidente del jurado), Ing° M.Sc. Carlos Enrique Chung Rojas (secretario), Ing° M.Sc. Víctor Eduardo Samamé Zatta (vocal), y acompañados por Ing° M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón (asesor); el presidente del jurado dirigió brevemente unas palabras y a continuación el secretario dio lectura a la Circular N° 056-2025-UNSM/FICA.

Seguidamente los autores expusieron el trabajo de investigación y el jurado realizó las preguntas pertinentes, respondidas por el sustentante y eventualmente, con la venia del jurado, por el asesor.

Una vez terminada la ronda de preguntas el jurado procedió a deliberar para determinar la calificación final, para lo cual dispuso un receso de quince (15) minutos, con participación del asesor con voz, pero sin voto; sin la presencia del sustentante y otros participantes del acto público.

Luego de aplicar los criterios de calificación con estricta observancia del principio de objetividad y de acuerdo con los puntajes en escala vigesimal (de 0 a 20), según el Anexo

4.2 del RG – CTI, la nota de sustentación otorgada resultante del promedio aritmético de los calificativos emitidos por cada uno de los miembros del jurado fue DIECISIETE (...); tal como se deja constar en la siguiente descripción:

Handwritten signatures of the jury members and the advisor.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA



Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Paraguaya

De acuerdo con el Artículo 40° del RG – CTI, la nota obtenida es APROBATORIA y correspondiente a la calificación de DIECISIETE (17). Leído este resultado en presencia de todos los participantes del acto de sustentación.

Se deja constancia que la presente acta se inscribe en el Libro de Sustentaciones N° 046-2 De la Excm. profesional de Ingeniería Civil

Firman los integrantes de la Mesa Directiva y el autor del trabajo de investigación en señal de conformidad, dando por concluido el acto a las 19:00 hora el mismo día de lunes 10 de noviembre de 2025.



Ing. M.Sc. Carlos Enrique Chung Rojas
Secretario del Jurado



Ing. Ori Rubén del Águila Panduro
Presidente del Jurado



Ing. M.Sc. Víctor Eduardo Samaniego Zatta
Vocal del Jurado



Marko Antonio Delgado Fernández
Autor



Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huapán Torrejón
Asesor

Declaratoria de autenticidad

Yo, **Marko Antonio Delgado Fernández**, identificado con DNI N° **72951764**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín, autor de la tesis titulada: **Fallas superficiales que afectan la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - San Martín.**

Declaro bajo juramento que:

1. La redacción fue realizada respetando las citas y referencia de las fuentes bibliográficas consultadas, siguiendo las normas APA actuales.
2. Toda información que contiene la tesis no ha sido plagiada.
3. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado, asumo bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín.

Tarapoto, 10 de noviembre del 2025



Marko Antonio Delgado Fernández
DNI N° 72951764

Ficha de Identificación

Título: Fallas superficiales que afectan la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - San Martín.	Área de investigación: Ingeniería y Tecnología Línea de investigación: Ingeniería Civil Sublínea de investigación: Ingeniería del Transporte Grupo de Investigación: Innovación Tecnológica en Ingeniería Civil y Arquitectura (Resolución N° 389-2022-UNSM/FICA-CF-NLU) Tipo de Investigación: Básica <input type="checkbox"/> , Aplicada <input checked="" type="checkbox"/> , Desarrollo experimental <input type="checkbox"/>
--	---

Autor: Marko Antonio Delgado Fernández	Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0001-9155-1390
--	---

Asesor Ing. M.Sc. Carlos Segundo Huamán Torrejón	Dependencia local de soporte: Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura Escuela Profesional de Ingeniería Civil https://orcid.org/0000-0003-3053-2908
--	---

Dedicatoria

41 Dedico este trabajo de investigación a mi familia, fuente inagotable de amor, apoyo y sabiduría, quienes han sido el pilar fundamental en mi vida. A mis padres, por inculcarme desde pequeño la importancia del esfuerzo, la perseverancia y la educación como camino para alcanzar mis metas. Sus palabras de aliento y su apoyo incondicional me han dado la fuerza para continuar incluso en los momentos más difíciles.

58 A mi hermana, que con su compañía y comprensión me recordó siempre que los logros individuales se disfrutan más cuando se comparten en familia. Su confianza en mis capacidades ha sido una motivación constante.

52 A ustedes les debo todo lo que soy y todo lo que he logrado. Gracias por creer en mí y por brindarme el aliento necesario para enfrentar cada desafío. Este logro es también suyo.

También dedico este trabajo a mis docentes, quienes con paciencia y dedicación compartieron sus conocimientos, motivándome a seguir aprendiendo y a crecer profesionalmente, para la culminación de esta etapa académica.

Finalmente, dedico este logro a todas aquellas personas que creen en mí y en el valor del conocimiento como herramienta para transformar la sociedad. A cada uno de ustedes, gracias por ser parte de este camino.

Agradecimiento

15 El presente trabajo de investigación no hubiera sido posible sin el apoyo de diversas personas, a quienes deseo expresar mi más sincero agradecimiento.

23 En primer lugar, agradezco profundamente a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada momento de mi vida, por concederme la salud, la sabiduría y la perseverancia necesarias para culminar esta etapa.

1 A mis padres y familia, quienes me han brindado su amor, apoyo moral y confianza incondicional. Ellos son la razón principal por la cual he luchado para alcanzar mis metas y superar cada obstáculo.

69 Extiendo mi agradecimiento a mis docentes y asesores académicos, que, con su dedicación y experiencia, me guiaron en el proceso de construcción de esta tesis. También, agradezco a mis compañeros y amigos, quienes me ofrecieron su apoyo, comprensión y ánimo en momentos de dificultad. Compartir este camino con ustedes lo hizo más llevadero y enriquecedor.

31 Finalmente, a todas las instituciones y personas que directa o indirectamente contribuyeron al desarrollo de esta investigación, les expreso mi más sincero reconocimiento. Este logro no es solo mío, sino también de todos aquellos que aportaron con su tiempo, esfuerzo y motivación.

Índice general

Ficha de Identificación	6
Dedicatoria	7
Agradecimiento.....	8
Índice general	9
Índice de tablas	12
Índice de figuras	13
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN	16
1.1. Marco General al Problema.....	16
1.2. Formulación del problema de investigación.....	16
1.2.1. Problema general.....	16
1.3. Hipótesis de la Investigación.....	16
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivo general.....	17
1.4.2. Objetivos específicos.....	17
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación.....	18
2.1.1. Nivel Internacional.....	18
2.1.2. Nivel Nacional.....	18
2.1.3. Nivel Local.....	19
2.2. Fundamentos Teóricos.....	19
2.2.1. Pavimento	19
2.2.2. Pavimento flexible	20
2.2.3. Definición de términos básicos	25
CAPÍTULO III MATERIALES Y MÉTODOS	27
3.1. Ámbito y condiciones de la investigación.....	27

3.1.1.	Contexto de la investigación	27
3.1.2.	Período de Ejecución	30
3.1.3.	Autorizaciones y permisos.....	30
3.1.4.	Control ambiental y protocolos de bioseguridad	30
3.1.5.	Aplicación de principios éticos.....	31
3.2.	Sistemas de variables	32
3.2.1.	Variables principales	32
3.2.2.	Variables secundarias	32
3.3.	Procedimientos de la investigación.....	33
3.3.1.	Diseño de Investigación	33
3.3.2.	Actividades del Objetivo específico 1: Analizar el impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial, evaluando los daños y su influencia en la transitabilidad.....	35
3.3.3.	Actividades del Objetivo específico 2: Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión, en la provincia de Picota	35
3.3.4.	Actividades del Objetivo específico 3: Proponer medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada.....	36
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN		37
4.1.	Resultados del Objetivo Específico 1: Impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial	37
4.1.1.	Tipos de daños en la infraestructura vial	37
4.1.2.	Influencia en la Transitabilidad	37
4.1.3.	Factores de riesgo y mitigación	37
4.2.	Resultados del Objetivo Específico 2: Grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible	38
4.2.1.	Tipos de fallas observadas en el pavimento flexible de la carretera fernando belaúnde terry tramo caspizapa – san hilarión	38
4.3.	Resultados del Objetivo Específico 3: Medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada.....	40
4.3.1.	Baches (severidad baja y alta)	41

1

3

1

1

3

18



4.3.2.	Desintegración de bordes (severidad media).....	41
4.3.3.	Fisuras en arco (severidad baja y media)	41
4.3.4.	Fisuras en bloque (severidad baja y media)	41
4.3.5.	Fisuras longitudinales y transversales (severidad baja)	41
4.3.6.	Hundimiento (severidad baja y media).....	41
4.3.7.	Pérdida de agregado (severidad media).....	42
CONCLUSIONES		43
RECOMENDACIONES		45
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		46
ANEXOS		49
Anexo 1: Matriz de consistencia		50
Anexo 2: Grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible		52

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación del nivel de las fallas en el pavimento asfáltico	22
Tabla 2 Nivel del deterioro presentado para el caso de las bermas	25
Tabla 3 Descripción de variables por objetivo específico	33
Tabla 4 Las fallas se encuentran en las siguiente progresivas	38
Tabla 5 Las fallas se encuentran en la siguiente progresivas	39
Tabla 6 Las fallas se encuentran en la siguiente progresivas	39
Tabla 7 Las fallas se encuentran en las siguiente progresivas	40
Tabla 8 Las fallas se encuentran en las siguiente progresivas	58
Tabla 9 Las fallas se encuentran en las siguientes progresivas.....	69
Tabla 10 Las fallas se encuentran en las siguientes progresivas.....	71
Tabla 11 Las fallas se encuentran en las siguientes progresivas.....	73

13

Índice de figuras

Figura 1 Estructura de un Pavimentos Flexible.....	20
Figura 2 Tipos de fallas en pavimentos flexibles.....	23
Figura 3 Mapa del Perú.....	27
Figura 4 Departamento de San Martin.....	28
Figura 5 Mapa de la ubicación del proyecto: provincia de Picota: Distritos Caspizapa – San Hilarión.....	28
Figura 6 Estructura del Diseño del estudio.....	34

25

RESUMEN

Fallas superficiales que afectan la transitabilidad de carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - San Martín.

La tesis "Fallas superficiales que afectan la transitabilidad de carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - San Martín" investiga el impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial y su influencia en la transitabilidad en un tramo específico de la carretera Fernando Belaúnde Terry. El estudio se centra en analizar los daños ocasionados por estas fallas, determinar el grado de severidad de las mismas en el pavimento flexible y proponer medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas. La ubicación del estudio es el tramo Caspizapa – San Hilarión, en la provincia de Picota, región San Martín. Durante el período de evaluación, se busca identificar y clasificar los diferentes tipos de fallas superficiales presentes en la carretera, como baches, grietas, deformaciones y desprendimientos, evaluando su extensión, profundidad y gravedad. Los resultados esperados incluyen una caracterización detallada de las fallas superficiales más frecuentes en el tramo, una evaluación cuantitativa del impacto de estas fallas en la transitabilidad, considerando aspectos como la seguridad vial, la eficiencia del transporte y los costos de mantenimiento vehicular. Finalmente, la tesis busca concluir con la formulación de recomendaciones específicas para la rehabilitación y el mantenimiento de la carretera, proponiendo soluciones técnicas y económicas viables para mitigar los efectos negativos de las fallas superficiales y mejorar la calidad de la infraestructura vial en la región.

Palabras clave: Fallas superficiales, transitabilidad, infraestructura vial, pavimento flexible, rehabilitación vial

ABSTRACT

Surface Faults Affecting the Trafficability of the Caspizapa–San Hilarión, Picota–San Martín Section of the Highway by Architect Fernando Belaúnde Terry

The thesis "Surface Faults Affecting the Trafficability of the Caspizapa–San Hilarión, Picota–San Martín Section of the Highway by Architect Fernando Belaúnde Terry" investigates the impact of surface faults on the road infrastructure and their influence on trafficability on a specific section of the Fernando Belaúnde Terry Highway. The study focuses on analyzing the damage caused by these faults, determining their severity on the flexible pavement, and proposing appropriate mitigation and road rehabilitation measures. The study is located on the Caspizapa–San Hilarión section, in the province of Picota, San Martín region. During the evaluation period, the objective is to identify and classify the different types of surface faults present on the road, such as potholes, cracks, deformations, and detachments, assessing their extent, depth, and severity. The expected results include a detailed characterization of the most frequent surface defects along the section, and a quantitative evaluation of their impact on trafficability, considering aspects such as road safety, transportation efficiency, and vehicle maintenance costs. Finally, the thesis seeks to conclude with the formulation of specific recommendations for road rehabilitation and maintenance, proposing viable technical and economic solutions to mitigate the negative effects of surface defects and improve the quality of road infrastructure in the region.

Keywords: Surface defects, trafficability, road infrastructure, flexible pavement, road rehabilitation



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN A LA INVESTIGACIÓN

1.1. Marco General al Problema

La carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa - San Hilarión, en la provincia de Picota, región San Martín, presenta un crítico problema de transitabilidad debido a la presencia de fallas superficiales. Estas fallas, de diversa naturaleza y origen, generan daños significativos a la infraestructura vial, interrumpiendo el flujo vehicular, incrementando los costos de mantenimiento y transporte, y afectando la seguridad de los usuarios. Esta situación impacta negativamente en el desarrollo socioeconómico de la región, limitando el acceso a mercados, servicios básicos y oportunidades de desarrollo para las comunidades locales. La falta de estudios detallados sobre la naturaleza y magnitud de estas fallas impide la implementación de soluciones efectivas y sostenibles. Por lo tanto, es necesario realizar una investigación exhaustiva que permita comprender la problemática, identificar las causas y proponer soluciones para mejorar la transitabilidad y seguridad de la carretera.

Por tal razón se desarrollará una metodología de tipo Investigación Aplicada, por cuanto a través del levantamiento del inventario de deterioros se podrá determinar las causas y efectos, información que nos permitirá determinar si se realiza obras de rehabilitación o de mantenimiento, en las zonas afectadas, siguiendo los lineamientos desarrollados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (M.T.C.).

1.2. Formulación del problema de investigación

1.2.1. Problema general

¿Cómo las fallas superficiales afectan la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa - San Hilarión, provincia de Picota, región San Martín, y qué medidas de mitigación se pueden implementar para mejorar su condición?

1.3. Hipótesis de la Investigación

Las fallas superficiales en el tramo Caspizapa - San Hilarión de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry están asociadas a factores geológicos, climáticos y antrópicos, y que su mitigación requiere la implementación de estrategias de ingeniería vial específicas, adaptadas a las características locales de las fallas.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Identificar, caracterizar y evaluar el impacto de las fallas superficiales en la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa - San Hilarión, provincia de Picota, región San Martín, proponiendo medidas de mitigación para mejorar su condición.

1.4.2. Objetivos específicos

1. Analizar el impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial, evaluando los daños y su influencia en la transitabilidad.
2. Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión, en la provincia de Picota.
3. Proponer medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Nivel Internacional

Gavilanes (2023), Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, en su tesis “Evaluación de las vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la avenida real audiencia de Quito, avenida bolivariana, avenida Galo Vela y calle Sócrates”, concluye en lo siguiente: Se examinó el estado actual de las calles, avenidas, aceras y bordillos en el área de estudio, registrándose un total de 236 imperfecciones en el pavimento de las vías. El área analizada no presenta deterioros que requieran intervención en aceras y bordillos. Asimismo, la región cuenta con 4 calles pavimentadas y 4 calles de tierra que requieren una capa de rodadura de pavimento flexible.

Barrera (2014), Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, en su tesis para optar el título de Ingeniero Civil, denominada “Fallas en pavimentos flexibles: causas, efectos y soluciones”, se llegó a la conclusión: Una elección inadecuada del método de reparación conlleva a pérdidas financieras debido a que los problemas se presentarían de manera repetida. Sin embargo, la elección del método no solo depende de la clase de falla, sino que también está influenciada por consideraciones económicas, y es en este aspecto donde surge una divergencia que necesita ser abordada.

2.1.2. Nivel Nacional

Ortega (2021), Universidad Católica San Pablo, Arequipa, en su trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero Civil, denominado “Software para la evaluación superficial de pavimentos flexibles basado en la metodología Pavement Condition Index” concluye: Debido que el software se fundamenta y basa en la metodología Pavement Condition Index (PCI) para el análisis superficial de pavimentos flexibles, se logró el desarrollo y entendimiento de la metodología PCI con fundamento en el estándar ASTM D6433 en el Capítulo 04, del cual se consideraron los tipos de fallas, niveles de severidad, forma de mediciones y proceso de cálculos.

Mechato (2020), Universidad César Vallejo, Piura, en su trabajo de investigación para obtener el grado académico de bachiller en ingeniería civil, denominado “Análisis del estado físico y fallas del pavimento flexible, utilizando el método del PCI en la avenida principal Santa Margarita, Piura, Perú”; concluye en lo siguiente: Las imperfecciones superficiales observadas en el pavimento flexible de la Avenida Principal de Santa

Margarita incluyen: piel de cocodrilo, protuberancias, hundimientos y exudación, entre otros. Se llegó a la conclusión de que, debido a la cantidad de defectos presentes, el nivel de confort de la vía se ve afectado negativamente. Asimismo, se determina que la principal patología del pavimento flexible es la peladura por intemperismo, ya que se presenta en la mayoría de los tramos, abarcando un área de 4138.9 m² del total del pavimento. Esto podría provocar un rápido deterioro de la vía y, posteriormente, una disminución en su transitabilidad.

2.1.3. Nivel Local

Arpasi (2023), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. en su tesis "Identificación de patologías en la carretera vecinal Morales – San Pedro, L = 8.00 km", concluye en lo siguiente: Con el fin de asegurar la viabilidad operativa de la carretera local a largo plazo, se diseñó un plan de actividades de mantenimiento continuo, aplicando una planificación a través de un gráfico de red PERT-CPM, acompañado de un diagrama de Gantt, donde se especifica un lapso de trabajo que abarca desde enero hasta diciembre de cada año.

Gonzales (2022), Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto, en su tesis: Evaluación del nivel de transitabilidad del tramo San José de Sisa - San Martín de Alao, El Dorado 2022, concluye que: La transitabilidad del tramo San José de Sisa – San Martín de Alao se ve considerablemente afecta por la limitación para el acceso del sistema de transporte debido que gran parte de estos usuarios siendo el 36% quienes consideran que es riesgoso el movilizarse de esta forma incrementando las dificultades del transporte, al mismo tiempo que el 29% no se encuentra cómodo por el nivel de daño que este presenta.

2.2. Fundamentos Teóricos

2.2.1. Pavimento

El pavimento es una estructura que se apoya en su totalidad sobre el suelo de fundación, conocido como subrasante.

Esta capa necesita estar adecuada para aguantar un conjunto de capas de diferentes grosores, llamado paquete estructural, que está diseñado para sostener cargas externas durante un tiempo específico (Velásquez, 2009).

El pavimento consiste en una construcción de múltiples capas que se coloca sobre la subrasante de la vía, con el objetivo de resistir y distribuir las fuerzas generadas por los vehículos, al mismo tiempo que mejora la seguridad y comodidad del tránsito. Normalmente, está compuesto por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (MTC, 2013).

Capa de Rodadura: Se trata de la sección superior de un pavimento, que puede estar hecha de asfalto (flexible), concreto de cemento Portland (rígido) o bloque de piedra, y su propósito es soportar directamente el tráfico (MTC, 2013).

24 Base: Esta es la capa ubicada por debajo de la capa de rodadura, cuya función principal es soportar, distribuir y transmitir las cargas provocadas por la circulación. Esta capa estará compuesta de material granular drenante ($\text{CBR} \geq 80\%$) o será mezclada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2013).

11 Subbase: Se trata de una capa de material específico con un grosor determinado, que sirve de soporte para la base y la capa de rodadura. También actúa como una capa de drenaje y regula la capilaridad del agua. Según el tipo, el diseño y las dimensiones del pavimento, esta capa puede no ser necesaria. Puede estar formada por materiales granulares ($\text{CBR} \geq 40\%$) o por una mezcla tratada con asfalto, cal o cemento (MTC, 2013).

22 2.2.2. Pavimento flexible

El pavimento flexible consiste en una estructura que incluye capas granulares (subbase, base) y una superficie de rodadura compuesta por materiales bituminosos, que incluyen aglomerantes, agregados y, si es necesario, aditivos. Principalmente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, tratamiento superficial bicapa, mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente (MTC, 2013).

En las combinaciones de asfalto, es crucial alcanzar un nivel ideal de asfalto, puesto que este componente es el que crea una capa con las dimensiones apropiadas para soportar las fuerzas generadas por el tráfico y las condiciones climáticas (Gamboa, 2009).

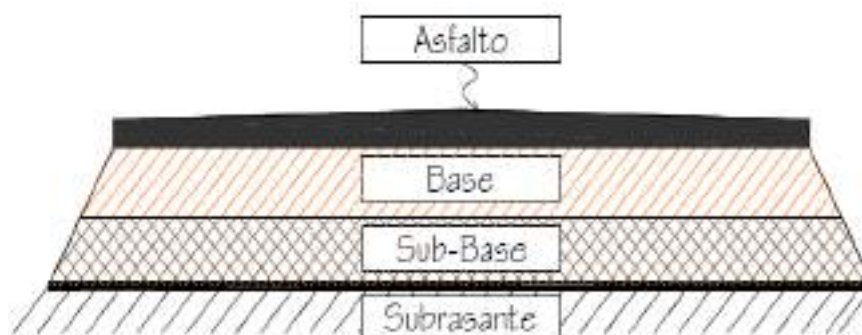


Figura 1

Estructura de un Pavimentos Flexible

Fuente: Armijos 2009

2.2.2.1. Composición de pavimento flexible

a) Pavimentos de asfalto

Son estructuras viales formadas por una capa de asfalto, la cual se apoya comúnmente en dos capas rígidas: la base y la subbase. Dependiendo de las especificaciones del proyecto, es posible prescindir de alguna de estas dos capas (Minaya y Ordóñez, 2006).

b) La capa de asfalto

Conocida también como superficie de rodadura, ofrece una superficie estable y uniforme para el tránsito, con un color y textura apropiados, cuya función es soportar las fuerzas y los efectos perjudiciales que provienen tanto del tráfico como del entorno (Minaya y Ordóñez, 2006).

c) La capa de base

Es una capa que descansa sobre la sub base y está formada por grava triturada, compactada al cien por cien de la densidad seca según la prueba Proctor modificada. Su objetivo es conducir los esfuerzos efectuados del tránsito a la sub base y subrasante. (Minaya & Ordóñez, 2006).

d) La sub base

Se trata de una capa que se coloca sobre la subrasante; los materiales que la integran son menos estrictos, ya que los esfuerzos verticales disminuyen a medida que se descende. Esta capa, dependiendo del diseño, puede ser opcional y está hecha de material seleccionado, siendo la más profunda dentro de la estructura del pavimento. (Minaya y Ordóñez, 2006, p. 2)

e) Sub rasante

Está formada por terreno natural o un terraplén, y la cota geométrica superior se define como la subrasante. El módulo resiliente está relacionado con el terreno de fundación, que también se conoce como módulo elástico. (Minaya y Ordóñez, 2006, p. 2).

2.2.2.2. Tipos de deterioros / fallas y niveles de gravedad

El Manual de Carreteras Peruano: Mantenimiento o Conservación Vial (2014, p. 86-101) nos señala:

Según Calzada: La categorización de los daños o imperfecciones se presenta de la siguiente manera: Las dos grandes clases de deterioro o fallas en asfaltos flexibles son las estructuras y los problemas superficiales. Las averías estructurales se dividen de acuerdo con sus orígenes y clases. El daño estructural es un inconveniente que impacta a todas las capas del asfalto, o en ocasiones solo a la capa más externa. El deterioro de la superficie suele ser el resultado de una falla en la estructura, un problema con los

materiales utilizados o una condición local particular del segmento afectado por el tráfico. Es posible que se produzcan como resultado de daños o fallas estructurales.

Tabla 1
Clasificación del nivel de las fallas en el pavimento asfáltico

Clasificación de los deterioros / fallas	Código de deterioro / fallas	Deterioro / Fallas	Gravedad
Deterioros o fallas Estructurales	1	Piel de cocodrilo	1: Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto 2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto 3: Malla pequeña (>0.3 m) sin o con material suelto
	2	Fisuras longitudinales	1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.
	3	Deformación por deficiencia estructural	1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm 2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm 3: Profundidad > 4 cm
	4	Ahuellamiento	1: Profundidad sensible al usuario, pero ≤ 6 mm 2: Profundidad > 6 mm y ≤ 12 mm 3: Profundidad > 12 mm
	5	Reparaciones o parchados	1: Reparación o parchado para deterioros superficiales 2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado 3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado
Deterioros o fallas superficiales	6	Peladura y Desprendimiento	1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial) 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular 3: Continuo con aparición de la base granular
	7	Baches (Huecos)	1: Diámetro < 0.2 m 2: Diámetro entre 0.2 m y 0.5 m 3: Diámetro > 0.5
	8	Fisuras transversales	1: Fisuras Finas (ancho ≤ 1 mm) 2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y ≤ 3 mm) 3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificación (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.

Fuente: Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial (2014, p. 86-101)

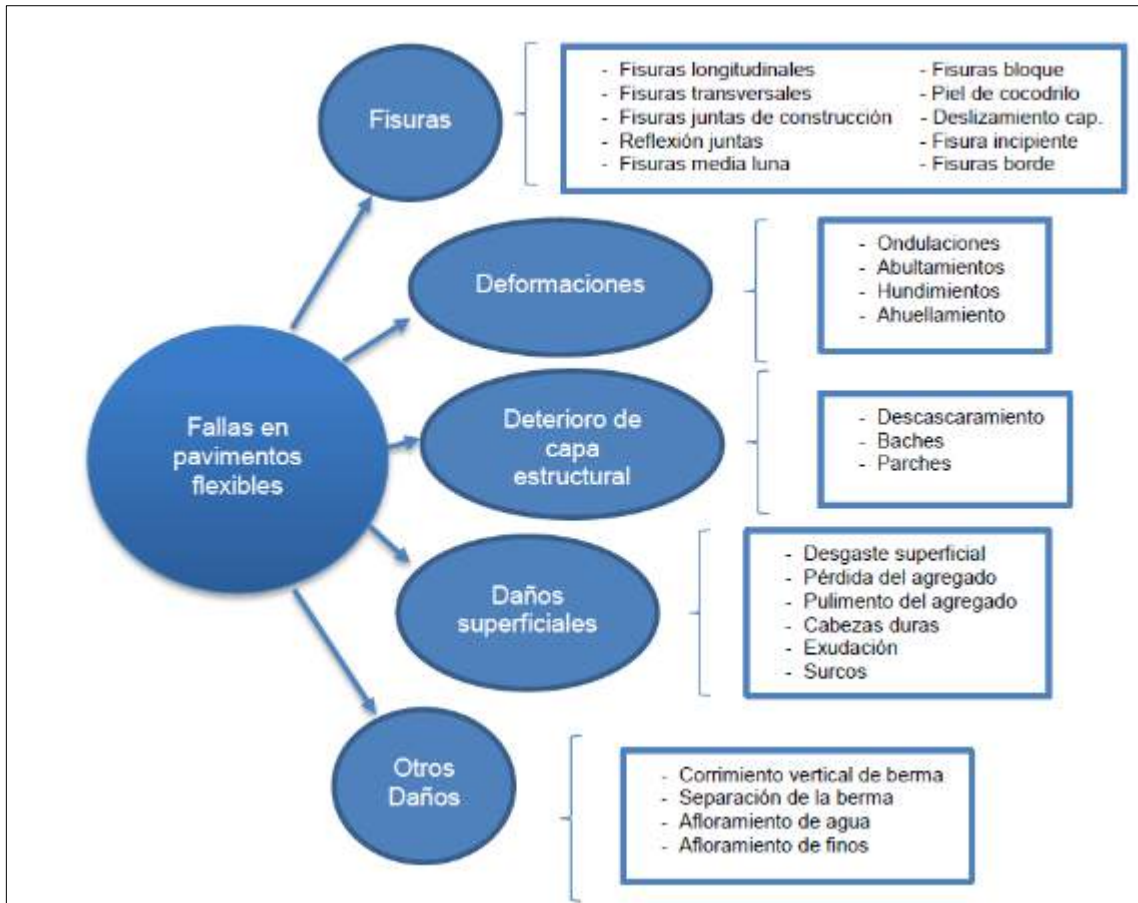


Figura 2
Tipos de fallas en pavimentos flexibles
 Fuente: Adaptación Bogotá, 2006.

a) Falla 1: Piel de cocodrilo

Son fisuras en la piel de cocodrilo agrupadas en polígonos con formas irregulares y ángulos reducidos o agudos. Se pueden ver grietas ligeramente profundas o cerradas en la etapa inicial, lo que indica que la separación de sus paredes es prácticamente nula. Las formaciones de polígonos incompletos en la carpeta superficial demuestran esto.

La falla o deterioro es producido como resultado de la fatiga a la que es sometida cada una de las capas a la repetida y/o constante variaciones de cargas elevadas. Esto evidencia que la estructura de la carpeta asfáltica es inadecuada, siendo evidente que la integridad de la base no desempeña su rol de forma adecuada y esto repercute en la superficie con la formación de los agrietamientos.

Escalas o nivel de Gravedad, para esto tenemos como principal criterio la amplitud o área de la zona afectada de acuerdo a ello podemos organizarlo.

1.- Área o malla con o sin material suelto pequeña tiene una longitud afectada menor a los 0.3 metros.

2.- Área o malla con o sin material suelto mediana el cual tiene una longitud afectada entre los 0.3 a 0.5 metros.

3.- Área o malla sin material suelto grande la cual tiene una longitud afectada mayor a los 0.5 metros.

En el nivel 3 es muy notorio en la carpeta superficial por las formaciones de los polígonos, siendo estas la etapa de inicio entre los niveles del 1 al 2.

b) Falla 2: Fisuras longitudinales

Esta imperfección presenta hendiduras a lo largo. En un comienzo, tienden a ser variables, pero se desarrollan con el tiempo hacia una fisura continua, a menudo con ramificaciones, y poco a poco aumentan en cantidad debido al paso de vehículos hasta volverse muy apretadas.

c) Falla 3: Deformación por deficiencia estructural

Las deformaciones intrínsecas de los pavimentos flexibles suelen tener las siguientes características:

1. Alteraciones provocadas por defectos en la construcción del pavimento, como hundimientos ocasionales o permanentes.
2. Se encontró que el desgaste en la superficie estaba vinculado con el comportamiento inestable de la capa superior.
3. Se emplea un instrumento de 1,5 metros de longitud situado de forma horizontal sobre la carretera para evaluar la severidad.

d) Falla 4: Ahuellamiento

El ahuellamiento se manifiesta como una deformación permanente en la capa de rodadura, resultante del comportamiento viscoelástico del asfalto bajo cargas de tráfico elevadas y canalizadas. Este fenómeno se caracteriza por la formación de depresiones longitudinales coincidentes con las trayectorias de las ruedas, con un ancho inferior a 0.8 metros. Adicionalmente, pueden observarse deformaciones laterales en el pavimento, ubicadas entre 0.5 y 0.8 metros desde el borde de la calzada.

e) Falla 5: Reparación o parchado

El proceso de diagnóstico implica la evaluación cuantitativa y cualitativa de las reparaciones necesarias para mitigar las fallas estructurales del pavimento. Se determina la extensión, frecuencia y tipo de intervención, ya sean soluciones provisionales o definitivas, con el fin de optimizar la vida útil del firme.

f) Falla 6: Peladura y desprendimientos

Es el momento en que el ligante asfáltico se desprende de la superficie como resultado de la pérdida de ligante bituminoso o árido y de la capa de rodadura, ya sea completa o parcial.

g) Falla 7: Baches (Huecos)

La destrucción o el desgaste de la capa de rodadura son las principales causas de grietas o grietas. Son diminutos cuando aparecen por primera vez. Se multiplican y se expanden hasta que alcanzan la circunferencia de la rueda de un camión debido a la falta de mantenimiento regular.

h) Falla 8: Fisuras transversales

Las fisuras transversales son grietas que aparecen en la superficie del pavimento, extendiéndose de un lado a otro de la carretera o muy cerca de hacerlo. Su orientación es perpendicular o casi perpendicular al eje longitudinal de la vía.

i) Fallas en Bermas:

Las bermas pavimentadas pueden presentar diversos tipos de deterioros o fallas, tales como grietas, hundimientos, desprendimientos de material, baches o huecos, así como diferencias de elevación notables entre la berma y la calzada principal.

Tabla 2

Nivel del deterioro presentado para el caso de las bermas

Tipo de berma	Código de deterioro / falla	Gravedad
Pavimentadas y No pavimentadas	10	1: Daños puntuales baches o huecos, erosión 2: Daños en menos del 30% del área de bermas en la longitud evaluada de 200m 3: Deterioros en más del 30% del área de bermas en la longitud evaluada de 200m
	11	1: Desnivel leve < 15 mm 2: Desnivel moderado entre 15 mm y 50 mm 3: Desnivel severo > 50 mm

Fuente: Manual de Carreteras: - Mantenimiento o Conservación Vial (2013, p. 86-101)

2.2.3. Definición de términos básicos

Berma: Es una franja de tierra elevada a lo largo de un camino o carretera, que sirve como barrera de seguridad para evitar que los vehículos salgan de la vía. También puede servir como drenaje para evitar inundaciones.

Fallas superficiales: Son grietas o roturas en la superficie del pavimento, que indican la presencia de problemas estructurales en la base del camino. Pueden ser causadas por varios factores, como la expansión y contracción del suelo, el paso de vehículos pesados, la falta de mantenimiento, etc.

Fisuras: Son grietas o hendiduras en la superficie del pavimento que pueden ser pequeñas o grandes, y pueden indicar la presencia de problemas estructurales. Pueden ser causadas por varios factores, como la expansión y contracción del suelo, el paso de vehículos pesados, la falta de mantenimiento, etc.

Pavimento: Es la superficie de una carretera, camino o calle, que está diseñada para soportar el tráfico vehicular. Puede estar hecho de diferentes materiales, como asfalto, concreto, adoquines, etc.

Piel de cocodrilo: Es un tipo de daño en el pavimento que se caracteriza por la aparición de pequeñas grietas o hendiduras en forma de escamas de cocodrilo. Se produce debido a la degradación del asfalto por el calor del sol y el paso de vehículos.

Transitabilidad: Se refiere a la capacidad de un camino o carretera para ser transitable por vehículos. Se mide en función de la velocidad máxima permitida, el ancho del camino, la calidad del pavimento, etc.

Tránsito: Se refiere al movimiento de vehículos o personas por un camino, carretera o calle. Se puede medir en términos de volumen de tráfico, velocidad media, tiempo de viaje, etc.

2

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. **Ámbito y condiciones de la investigación**

3.1.1. **Contexto de la investigación**

3.1.1.1. **Ubicación Política**

Departamento: **San Martín**

Provincia : **Picota**

Distritos : Caspizapa – San Hilarión

Tramo : Caspizapa – San Hilarión

Altitud : Caspizapa : 229 m.s.n.m.

San Hilarión : 197 m.s.n.m.

2

3.1.1.2. **Ubicación geográfica**

El proyecto de investigación se ubica en los distritos de Caspizapa y San Hilarión, en la provincia de Picota, en el departamento de San Martín.

3

a) **Ubicación del Proyecto**



Figura 3

Mapa del Perú

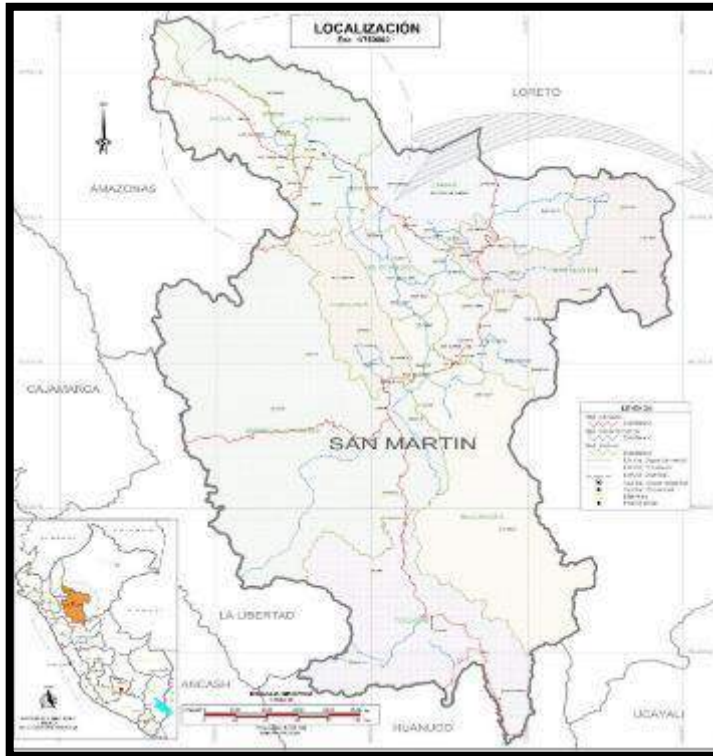


Figura 4
 Departamento de San Martín



Figura 5
 Mapa de la ubicación del proyecto: provincia de Picota: Distritos Caspizapa – San Hilarión

b) Vías de acceso

El acceso de la ciudad de Tarapoto hacia la localidad de Caspizapa donde se inicia el tramo en estudio es mediante la carretera Arq. Fernando Belaúnde Terry que los conecta y por la misma vía se llega a la localidad de San Hilarión donde termina el tramo en estudio.

c) Sistema de transporte

Es posible llegar al lugar del estudio de tres maneras diferentes: por tierra desde Lima, Chiclayo, Olmos, Bagua, Rioja, Moyobamba, Tarapoto, Picota Caspizapa por las carreteras Panamericana Norte y Arq. Fernando Belaunde Terry (antes Marginal de la Selva) en autobús toma las 16 horas; por tierra desde Lima, por Huánuco, Tingo María, Tocache, Juanjui Bellavista, San Hilarión, Caspizapa, Buenos Aires; y por vía aérea

d) Clima**• Caspizapa**

Caspizapa, ubicada en la provincia de Picota, región San Martín, Perú, tiene un clima tropical seco o un clima semiárido cálido. La temperatura promedio anual es de 27°C. Las precipitaciones son moderadas, con presencia de granizo.

- **Clima tropical seco:** Se caracteriza por temperaturas altas durante todo el año y precipitaciones escasas, con una estación seca prolongada.

- **Clima semiárido cálido:** Se caracteriza por temperaturas altas durante todo el año y precipitaciones escasas, con una estación seca más corta que el clima tropical seco.

• San Hilarión

San Hilarión (también conocido como San Cristóbal de Sisa) presenta un clima seco y cálido. La localidad se encuentra a orillas del río Huallaga, lo que influye en sus características climáticas.

El clima seco y cálido de San Hilarión, significa que la temperatura y la humedad son relativamente constantes durante el año, con una concentración térmica de verano normal

e) Precipitaciones**• Caspizapa**

- Las precipitaciones son moderadas.
- También se indica la presencia de granizo.

• San Hilarión

- El clima es seco y cálido, sin exceso de agua durante el año.

- El clima es seco y cálido.
- Las actividades agropecuarias se ven limitadas por la deficiencia de lluvias, lo que se ha subsanado con riego artificial

3.1.2. Período de Ejecución

Se consideró un periodo de siete (7) meses, desde Enero 2025 hasta Julio de 2025, desde la presentación del proyecto de tesis hasta la presentación y sustentación del Informe final de la tesis.

3.1.3. Autorizaciones y permisos

No aplica.

3.1.4. Control ambiental y protocolos de bioseguridad

3.1.4.1. Control ambiental

El control ambiental en este proyecto debe enfocarse en minimizar el impacto de las obras de reparación y mantenimiento de la carretera sobre el entorno natural. Es importante considerar los siguientes puntos:

- **Evaluación del Impacto Ambiental (EIA):** Un EIA completo es esencial para identificar los posibles impactos negativos de las obras sobre la flora, fauna, suelo, agua y aire de la zona. El EIA debe incluir una línea base ambiental que describa el estado actual del ecosistema antes de la intervención.
- **Manejo de Residuos:** Se deben implementar medidas para la gestión adecuada de los residuos sólidos y líquidos generados durante las obras. Esto incluye la clasificación, el tratamiento y la disposición final de los residuos, evitando la contaminación del suelo y las fuentes de agua.
- **Control de la Erosión y Sedimentación:** Las obras de reparación pueden generar erosión del suelo y sedimentación en las quebradas y ríos cercanos. Se deben implementar medidas para controlar la erosión, como la revegetación, la construcción de barreras de sedimentos y la estabilización de taludes.
- **Manejo de Aguas Residuales:** Es importante controlar la descarga de aguas residuales de las obras, evitando la contaminación de las fuentes de agua. Se deben implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales o la reutilización de las mismas para riego.
- **Control de la Contaminación Atmosférica:** Las obras de reparación pueden generar polvo y emisiones de gases contaminantes. Se deben implementar medidas para controlar la contaminación atmosférica, como el uso de equipos de bajo impacto

ambiental, la humectación de las áreas de trabajo y la instalación de sistemas de captación de polvo.

3.1.4.2. Bioseguridad

La bioseguridad en este proyecto debe enfocarse en la **protección de la salud de los trabajadores y la prevención de la propagación de enfermedades**. Es importante considerar los siguientes puntos:

- **Medidas de Prevención de Accidentes:** Se deben implementar medidas para prevenir accidentes laborales, **como el uso de equipos de protección personal (EPP), la capacitación en seguridad y la señalización adecuada de las áreas de trabajo**.
- **Control de Plagas y Vectores:** Se deben implementar medidas para **controlar las plagas y vectores que puedan afectar la salud de los trabajadores**, como mosquitos, roedores y serpientes. Esto incluye la eliminación de criaderos de mosquitos, la fumigación y la colocación de trampas.
- **Manejo de Residuos Biológicos:** Se deben implementar medidas para la gestión adecuada de los residuos biológicos, como los residuos de alimentos y los residuos de materiales contaminados con sangre o fluidos corporales. Esto incluye la clasificación, **el tratamiento y la disposición final de los residuos**, evitando **la contaminación del ambiente y la propagación de enfermedades**.
- **Atención Médica:** Se debe garantizar la disponibilidad de atención médica de emergencia para los trabajadores en caso de accidentes o enfermedades. Esto incluye la contratación de un servicio de ambulancia o la designación de un médico de planta.

3.1.5. Aplicación de principios éticos

La aplicación de **principios éticos en un proyecto de tesis sobre las fallas superficiales que afectan la transitabilidad de la carretera Caspizapa - San Hilarión en la provincia de Picota, región San Martín**, es fundamental **para garantizar que la investigación se lleve a cabo de manera responsable y con respeto a las personas y al medio ambiente**.

3.1.5.1. Principios Éticos Relevantes:

- **Beneficencia:** El proyecto debe buscar beneficiar a la comunidad local y al medio ambiente. Esto implica que las soluciones propuestas para las fallas superficiales deben ser seguras, sostenibles y **mejorar la calidad de vida de los habitantes de la zona**.
- **No maleficencia:** El proyecto no debe causar daño a las personas o al medio ambiente. Es importante evaluar cuidadosamente los posibles impactos negativos de las soluciones propuestas y tomar medidas para mitigarlos.

- **Autonomía:** La investigación debe respetar la autonomía de las personas involucradas. Esto implica obtener el consentimiento informado de los habitantes de la zona antes de realizar cualquier estudio o intervención.

- **Justicia:** Los beneficios y riesgos del proyecto deben distribuirse de manera justa entre las personas involucradas. Es importante considerar las necesidades especiales de los grupos más vulnerables de la comunidad, como **los niños, las personas mayores y las personas con discapacidad.**

3.1.5.2. Aplicación Práctica de los Principios Éticos:

- **Participación Comunitaria:** Es fundamental involucrar a la comunidad local **en todas las etapas del proyecto.** Esto incluye la realización de talleres de información, la consulta sobre las necesidades y prioridades de la comunidad, y la participación en la toma de decisiones.

- **Consentimiento Informado:** Se debe obtener el consentimiento informado de los habitantes de la zona antes de realizar cualquier estudio o intervención. El consentimiento debe ser libre, voluntario e informado, y debe estar escrito en un lenguaje claro y comprensible.

- **Confidencialidad:** Se debe **proteger la privacidad y confidencialidad de la información personal de los participantes en el** proyecto. Los datos recopilados deben ser utilizados únicamente para los fines del proyecto y deben ser almacenados de forma segura.

- **Transparencia:** El proyecto debe ser transparente en sus métodos, resultados y conclusiones. Se debe publicar un informe completo de la investigación, incluyendo los métodos utilizados, los resultados obtenidos y las conclusiones alcanzadas.

- **Responsabilidad:** Los investigadores son responsables de las consecuencias de su trabajo. Deben estar preparados para responder a las preguntas de la comunidad y para tomar medidas para corregir cualquier error o daño que se produzca.

3.2. Sistemas de variables

3.2.1. Variables principales

Fallas Superficiales **del** tramo Caspizapa – San Hilarión

3.2.2. Variables secundarias

Transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión.

Tabla 3

Descripción de variables por objetivo específico

Objetivo específico 1: Analizar el impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial, evaluando los daños y su influencia en la transitabilidad

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Influencia del estado en que se encuentra la transitabilidad de la vía	La vía del tramo Caspizapa – San Hilarión	Encuesta poblacional al usuario	Nivel de transitabilidad

Objetivo específico 2: Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión, en la provincia de Picota

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Fallas superficiales ocasionados en la vía en estudio	Observación en pista	Identificación	Observación
	Marcado en pista	Ubicaciones superficiales	cm , m
	Mediciones	Uso de wincha	mm , cm , m
	Obtención de resultados	Ficha de evaluación	Nivel de gravedad de las fallas

Objetivo específico 3: Proponer medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada

Variable abstracta	Variable concreta	Medio de registro	Unidad de medida
Plantear medidas correctivas a la vía	Mejorar la transitabilidad del Tramo Caspizapa – San Hilarión	Aplicación de metodologías de mantenimiento y reparación	Solución en función de al nivel de severidad de las fallas superficiales

3.3. Procedimientos de la investigación

3.3.1. Diseño de Investigación

La presente investigación se clasifica como aplicada, dado que tiene como objetivo describir la condición actual del pavimento flexible en el tramo Caspizapa – San Hilarión. En este contexto, se detallarán las diversas fallas superficiales identificadas y se evaluará su nivel de severidad.

El diseño metodológico empleado en este trabajo de investigación es de tipo descriptivo y no experimental. Se define como descriptivo, en concordancia con (Hernández et al., 2019), debido a que se enfoca en la caracterización de la situación existente sin introducir modificaciones. Asimismo, se considera no experimental, ya que el análisis se

centra en la descripción de las fallas superficiales presentes en el tramo de estudio, basándose en su estado actual y sin requerir la realización de pruebas de laboratorio.

Población: Carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry lado sur.

Muestra: Tramo Caspizapa – San Hilarión

La investigación que se presenta fue conducida a través de una metodología que involucró la recolección de datos in situ como el análisis ex situ.

El diseño del estudio se articula en la siguiente estructura:

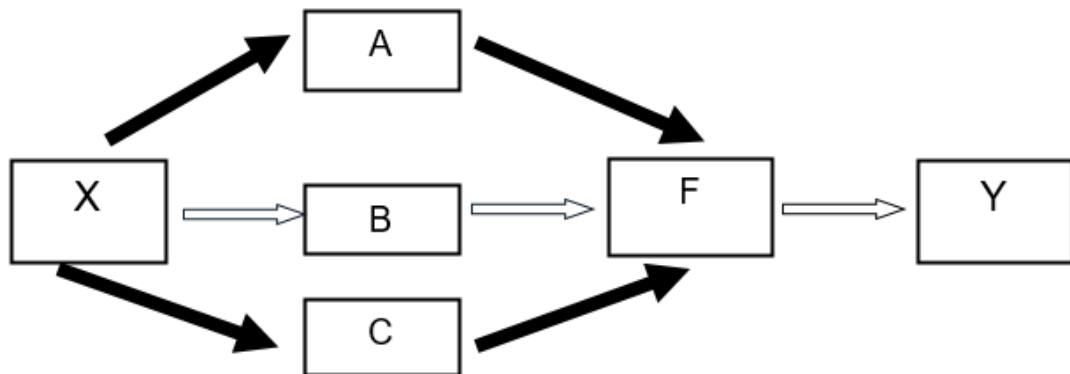


Figura 6

Estructura del Diseño del estudio

X: Situación problemática de partida que requiere la intervención de la investigación.

A: Estado en el que se encuentra el tramo Caspizapa – San Hilarión y la influencia en la transitabilidad de la vía.

B: Identificar el grado de severidad de las fallas superficiales en el tramo Caspizapa – San Hilarión

C: Plantear soluciones correctivas potenciales para mejorar la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión

F: Procesos de apoyo a la toma de decisiones para identificar alternativas de solución y estudios de compatibilidad.

Y: el resultado de una intervención que proporciona una solución alternativa al estudio final.

Se utilizaron para la investigación bibliografías de ingeniería y revistas profesionales privadas, proyectos de tesis sobre Evaluación de transitabilidad en pavimentos flexibles, bibliotecas virtuales (Internet) y, reglamentos.

Recursos técnicos:

- Investigar los antecedentes y los datos.
- Estado en el que se encuentra el tramo Caspizapa – San Hilarión y la influencia en

la transitabilidad de la vía.

- Identificar las fallas superficiales existentes en el tramo Caspizapa – San Hilarión
- Procesar toda la información recopilada en el campo.
- -Plantear soluciones correctivas potenciales para mejorar la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión

Los datos se procesaron y presentaron de acuerdo con el Reglamento Nacional de Infraestructura Vial y el Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación vial (2013) del Ministerio de Transporte.

Procedimientos de recopilación de Datos.

1. Recopilar datos teóricos sobre el tema investigado.
2. La información correspondiente a las fallas superficiales que presenta el tramo Caspizapa – San Hilarión, se obtuvo en el sitio.
3. La información obtenida en el campo fué procesada.
4. Cada material creado en la oficina se organizó en grupos.
5. Por último, se elaboró el documento final.

3.3.2. Actividades del Objetivo específico 1: Analizar el impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial, evaluando los daños y su influencia en la transitabilidad

- Recopilación de información histórica para identificar las fallas superficiales y las posibles causas del estado actual del tramo en estudio.
- Recopilación de datos, mapas, información sobre la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry en el tramo Caspizapa – San Hilarión.
- Recopilación de Información sobre la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry en el tramo Caspizapa – San Hilarión.

3.3.3. Actividades del Objetivo específico 2: Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión, en la provincia de Picota

- Realizar una inspección visual del pavimento, identificando los diferentes tipos de fallas superficiales presentes (baches, grietas, hundimientos, etc.) y registrando su ubicación, tamaño, forma y profundidad, utilizando el formato elaborado para tal fin.
- Asignación de niveles de severidad: Asignar niveles de severidad a las fallas superficiales identificadas del tramo Caspizapa – San Hilarión, utilizando los criterios

establecidos según el Manual de Carreteras – Mantenimiento o Conservación Vial (2013).

3.3.4. Actividades del Objetivo específico 3: Proponer medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada

- **Análisis de las fallas superficiales:**

Identificación: Clasificar y categorizar las fallas superficiales encontradas en el tramo de la carretera Caspizapa – San Hilarión.

Caracterización: Describir las características de cada falla

- **Investigación de las causas de las fallas:**
- **Diseño de medidas de mitigación y rehabilitación:**

Propuesta de soluciones específicas: Para cada tipo de falla identificada, proponer soluciones de mitigación y rehabilitación adecuadas, considerando:

- **Mitigación:** Medidas para prevenir la aparición o el agravamiento de las fallas.
- **Rehabilitación:** Medidas para reparar las fallas existentes y restaurar la funcionalidad del pavimento.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados del Objetivo Específico 1: Impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial

El análisis del impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial, específicamente en la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa – San Hilarión, Picota - San Martín, implica evaluar los daños ocasionados y su influencia en la transitabilidad. Las fallas superficiales, como baches y grietas, deterioran las carreteras, afectando negativamente la seguridad vial, la eficiencia del transporte y la economía local.

4.1.1. Tipos de daños en la infraestructura vial

- **Baches y grietas:** Irregularidades que pueden causar pérdida de tracción, derrapes (pérdida de adherencia de los neumáticos) y dificultades en el frenado, incrementando el riesgo de accidentes.
- **Desgaste de la superficie:** Reduce la visibilidad de las señales de tráfico, especialmente en condiciones de poca luz, complicando la conducción segura.
- **Vibraciones:** Dañan la carrocería y estructura de los vehículos, deforman los neumáticos y aumentan el consumo de combustible.

4.1.2. Influencia en la Transitabilidad

- **Seguridad vial:** Las fallas superficiales aumentan el riesgo de accidentes debido a la pérdida de control del vehículo y la dificultad para frenar.
- **Eficiencia del transporte:** El mal estado de las carreteras disminuye la eficiencia del transporte, afectando negativamente el comercio y la economía local.
- **Costos de mantenimiento:** El deterioro de la infraestructura vial incrementa la frecuencia de las revisiones vehiculares y el consumo de combustible, generando costos adicionales para los usuarios.

4.1.3. Factores de riesgo y mitigación

- **Infraestructura vial como factor de riesgo:** La infraestructura vial influye en la seguridad y el riesgo en las vías de tránsito; un sistema vial deficiente puede comprometer la seguridad de los usuarios.
- **Diseños Indulgentes:** Implementar diseños que permitan reducir el riesgo en caso de errores del conductor, como sistemas de contención y rotondas, puede mitigar las consecuencias de los siniestros viales.
- **Vías perdonadoras:** Construir carreteras con criterios de seguridad vial que

permitan a los vehículos maniobrar sin colisionar en caso de pérdida de control es fundamental para reducir accidentes

Para mejorar la transitabilidad y reducir los riesgos asociados a las fallas superficiales, es crucial realizar evaluaciones de impacto ambiental y aplicar medidas correctivas y preventivas en la infraestructura vial.

4.2. Resultados del Objetivo Específico 2: Grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible

4.2.1. Tipos de fallas observadas en el pavimento flexible de la carretera fernando belaúnde terry tramo caspizapa – san hilarión

4.2.1.1. Bache

Tabla 4

Las fallas se encuentran en las siguiente progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 694 + 632	0.32 m ²	Bajo
Km 695 + 630	0.14 m ²	Bajo
Km 695 + 635	0.03 m ²	Bajo
Km 696 + 550	0.01 m ²	Bajo
Km 697 + 660	3.68 m ²	Alto
Km 698 + 470	0.04 m ²	Bajo

Los resultados se muestran en el anexo 2 – a.

Los baches se definen como irregularidades depresivas en la superficie de rodadura, producto de la degradación y pérdida de material asfáltico o granular inducida por las cargas vehiculares, la infiltración de agua y la falta de mantenimiento. La severidad aumenta con el tamaño y la profundidad del bache.

Factores influyentes:

- **Infiltración de agua:** El agua que se filtra en la estructura del pavimento debilita las capas subyacentes, facilitando la formación de baches.
- **Tráfico pesado:** Cargas excesivas aceleran el deterioro del pavimento, especialmente en áreas ya debilitadas.
- **Materiales de baja calidad:** El uso de asfalto o agregados de calidad inferior reduce la resistencia del pavimento al desgaste.
- **Mantenimiento inadecuado:** La falta de sellado de grietas y la reparación tardía de pequeñas fallas permiten que el problema se agrave.

4.2.1.2. Desintegración de Bordes

Tabla 5

Las fallas se encuentran en la siguiente progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 696 + 950	6.30 m ²	Medio

Los resultados se muestran en el anexo 2 – b.

La desintegración de bordes se refiere al deterioro y la fragmentación de los bordes del pavimento.

Factores influyentes:

- **Falta de soporte lateral:** Los bordes del pavimento, al no contar con soporte lateral adecuado (como bermas bien compactadas), son más susceptibles a la desintegración.
- **Tráfico:** El tráfico que circula cerca de los bordes ejerce presión adicional, contribuyendo a su deterioro.
- **Erosión:** La erosión causada por el agua y el viento puede socavar los bordes del pavimento.

4.2.1.3. Fisuras en Arco

Tabla 6

Las fallas se encuentran en la siguiente progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 693 + 863	0.02 m ²	Bajo
Km 693 + 893	0.84 m ²	Bajo
Km 693 + 901.3	0.07 m ²	Bajo
Km 693 + 901.9	0.05 m ²	Bajo
Km 693 + 974	0.04 m ²	Bajo
Km 694 + 020	0.09 m ²	Bajo
Km 694 + 040	0.06 m ²	Bajo
Km 696 + 020	0.12 m ²	Medio
Km 696 + 040	0.02 m ²	Bajo
Km 696 + 700	0.02 m ²	Bajo

Los resultados se muestran en el anexo 2 – c.

Las fisuras en arco, denominadas también como piel de cocodrilo, se caracterizan por una red de grietas interconectadas que presentan una morfología similar a la textura cutánea de un cocodrilo.

Factores Influyentes:

- **Fatiga del asfalto:** Cargas repetidas causan fatiga en la capa asfáltica, resultando en la formación de estas fisuras.

- **Base o subrasante débil:** Una base o subrasante inadecuada no proporciona el soporte necesario, aumentando la tensión en la capa asfáltica.
- **Drenaje deficiente:** La acumulación de agua en la estructura del pavimento acelera el proceso de fatiga.

4.2.1.4. Fisura en Bloque

Tabla 7

Las fallas se encuentran en las siguiente progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 693 + 070	2.52 m ²	Medio
Km 693 + 908	0.01 m ²	Bajo
Km 693 + 929	1.36 m ²	Medio
Km 693 + 996	0.11 m ²	Bajo
Km 694 + 035	0.12 m ²	Bajo
Km 694 + 102	3.40 m ²	Medio
Km 694 + 112	3.60 m ²	Medio
Km 696 + 070	1.00 m ²	Medio
Km 696 + 130	0.52 m ²	Bajo
Km 696 + 558	0.18 m ²	Bajo
Km 696 + 600	0.18 m ²	Bajo
Km 696 + 680	0.69 m ²	Medio
Km 696 + 690	0.03 m ²	Bajo
Km 697 + 020	0.21 m ²	Bajo
Km 697 + 030	0.17 m ²	Bajo
Km 697 + 050	1.68 m ²	Medio

Los resultados se muestran en el anexo 2 – c

Las fisuras en bloque se definen como una red de grietas interconectadas que segmentan la superficie del pavimento en áreas de forma rectangular o cuadrada.

Factores influyentes:

- **Contracción térmica:** Las variaciones de temperatura causan expansión y contracción del asfalto, generando tensiones que resultan en fisuras.
- **Envejecimiento del asfalto:** Con el tiempo, el asfalto se vuelve más rígido y quebradizo, aumentando su susceptibilidad a la fisuración.
- **Espesor inadecuado de la capa de asfalto:** Una capa asfáltica delgada no puede resistir las tensiones inducidas por la contracción térmica.

Las demás fallas superficiales y la severidad se encuentran detalladas en el **ANEXO 2**

4.3. Resultados del Objetivo Específico 3: Medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada

Para mejorar la transitabilidad de la carretera Arq. Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa-San Hilarión, Picota, San Martín, es crucial aplicar soluciones correctivas específicas para cada tipo de falla identificada. A continuación, se presentan las

soluciones más adecuadas para cada caso:

4.3.1. Baches (severidad baja y alta)

- **Baches de baja severidad:** Limpieza del bache, aplicación de un riego de adherencia y relleno con mezcla asfáltica en caliente, compactando por capas para asegurar la densidad adecuada.
- **Baches de alta severidad:** Excavación del área afectada hasta encontrar material firme, reemplazo de las capas de base y sub-base si están deterioradas, imprimación y colocación de mezcla asfáltica en caliente, compactando por capas.

4.3.2. Desintegración de bordes (severidad media)

- **Reconstrucción de bordes:** Retiro del material desintegrado, compactación del material de base expuesto, construcción de un nuevo borde con mezcla asfáltica o concreto, asegurando una buena unión con el pavimento existente.
- **Construcción de bermas:** Implementación de bermas compactadas a los lados del pavimento para proporcionar soporte lateral y evitar la erosión.

4.3.3. Fisuras en arco (severidad baja y media)

- **Sello de fisuras:** Limpieza de la superficie, aplicación de un riego de sello con emulsión asfáltica o un sellador de grietas, seguido de una capa de arena para evitar que se pegue a los neumáticos.
- **Fresado y repavimentación:** En áreas con fisuración extensa, fresado de la capa superficial dañada y reemplazo con una nueva capa de mezcla asfáltica.

4.3.4. Fisuras en bloque (severidad baja y media)

- **Sello de fisuras:** Similar a las fisuras en arco, limpiar y sellar las grietas para evitar la infiltración de agua.
- **Refuerzo estructural:** Aplicación de una capa de refuerzo con geotextiles antes de repavimentar para distribuir las tensiones y prevenir la reaparición de fisuras.

4.3.5. Fisuras longitudinales y transversales (severidad baja)

- **Sello de fisuras:** Limpieza y sellado de las fisuras con materiales flexibles para permitir la expansión y contracción del pavimento sin agrietarse nuevamente.
- **Parqueo localizado:** Si las fisuras son extensas, se puede realizar un parqueo localizado removiendo el área afectada y reemplazándola con mezcla asfáltica nueva.

4.3.6. Hundimiento (severidad baja y media)

- **Levantamiento y nivelación:** Remover el pavimento hundido, corregir y compactar la base subyacente, y luego colocar una nueva capa de pavimento.

- **Inyección de lechada:** Inyectar lechada de cemento o espuma de poliuretano debajo del pavimento para estabilizar y levantar la losa a su nivel original.

4.3.7. Pérdida de agregado (severidad media)

- **Riego de sello:** Aplicación de un riego de sello con emulsión asfáltica modificado con polímeros, seguido de la extensión de agregados pétreos y compactación.
- **Riego de sello:** Aplicación de una capa delgada de micro-pavimento (mezcla de asfalto, agregados finos y polímeros) para sellar la superficie y proporcionar una nueva capa de rodadura

Además, un programa de mantenimiento preventivo regular, que incluya el sellado de grietas y la reparación oportuna de pequeñas fallas, es esencial para **prolongar la vida útil del pavimento y mantener la transitabilidad de la carretera.**

CONCLUSIONES

Las conclusiones principales, considerando las fallas superficiales encontradas en la carretera Arq. Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa-San Hilarión, Picota-San Martín, serían las siguientes:

Deterioro generalizado del pavimento: La presencia de baches, desintegración de bordes, fisuras de diversos tipos (arco, bloque, longitudinal, transversal), hundimientos y pérdida de agregado indica un deterioro generalizado de la capa de rodadura y, posiblemente, de las capas inferiores del pavimento.

Problemas de durabilidad: Las fallas observadas sugieren que el pavimento no está resistiendo adecuadamente las cargas de tráfico, las condiciones climáticas y otros factores ambientales. Esto puede deberse a una mala calidad de los materiales, un diseño inadecuado de la estructura del pavimento o una construcción deficiente.

Impacto en la transitabilidad y seguridad vial: Todas estas fallas superficiales afectan negativamente la transitabilidad de la carretera, generando incomodidad para los usuarios, aumentando los costos de operación de los vehículos y, lo que es más importante, comprometiendo la seguridad vial. Los baches y hundimientos, en particular, pueden causar accidentes si no se reparan a tiempo.

Necesidad de mantenimiento y rehabilitación: Es evidente la necesidad de implementar un programa de mantenimiento y rehabilitación integral para corregir las fallas existentes y prevenir su recurrencia. Este programa debe incluir actividades de sellado de fisuras, parcheo de baches, reconstrucción de bordes, refuerzo estructural y, en casos severos, la rehabilitación completa de algunos tramos de la carretera.

Importancia de estudios de evaluación: Para diseñar un programa de mantenimiento y rehabilitación efectivo, es fundamental realizar estudios de evaluación detallados de la condición del pavimento, incluyendo ensayos de laboratorio para determinar las propiedades de los materiales y análisis estructurales para evaluar la capacidad portante de la carretera.

Consideraciones sobre el diseño y construcción: Dada la recurrencia de fallas en algunas carreteras de la región, es importante revisar los criterios de diseño y construcción utilizados, asegurando que se seleccionen materiales de calidad y se sigan las mejores prácticas de ingeniería.

Esta investigación ofrece una advertencia clara: el deterioro avanzado de la carretera

Arq. Fernando Belaúnde Terry en el tramo Caspizapa-San Hilarión, no solo está afectando la calidad **de vida de miles de personas que dependen de** ella para **su** transporte y comercio, sino que también está poniendo en riesgo su seguridad. Es imperativo que las autoridades tomen medidas urgentes para rehabilitar esta vía, invirtiendo en un futuro donde la conectividad y la seguridad vial sean una realidad para todos los habitantes de la región.



68

RECOMENDACIONES

Considerando las fallas superficiales encontradas en la carretera Arq. Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa-San Hilarión, Picota-San Martín, las siguientes recomendaciones están orientadas a mejorar la transitabilidad y prolongar la vida útil del pavimento:

- Reparación de baches de alta severidad (urgente) para reducir el riesgo de accidentes.
- Sellado de fisuras activas (alta prioridad) para prevenir la infiltración de agua y el deterioro acelerado del pavimento.
- Reconstrucción de bordes desintegrados (prioridad media) para mejorar la estabilidad lateral del pavimento.
- Implementación de un sistema de drenaje (prioridad alta) en las zonas con acumulación de agua.
- Establecer un programa de inspección visual mensual para identificar nuevas fallas y evaluar la efectividad de las reparaciones realizadas.
- Considera las condiciones climáticas de la zona (temperatura, humedad, precipitaciones) al seleccionar los materiales y las técnicas de construcción.
- Implementar un programa de mantenimiento preventivo que incluya el sellado de fisuras con un sellador asfáltico de bajo costo, el bacheo de pequeños baches con mezcla asfáltica en frío, y la limpieza regular de las cunetas y los desagües.
- Capacitar a un equipo de trabajadores locales en estas técnicas y proporcionarles el equipo y los materiales necesarios para realizar el mantenimiento de forma eficiente y oportuna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2004). Standard test method for airport pavement condition index surveys. American Society for Testing and Materials.
- Cardoso, S., & Fernández, M. (1999). Aplicaciones prácticas del Método PCI para el mantenimiento de pavimentos de aeropuertos. Lima, Perú.
- Ameratunga, J. (2015). Correlations of soil and rock properties in geotechnical engineering. Springer. ISBN 813222629.
- American Society for Testing and Materials. (2004). Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos (ASTM D6433-03).
- Arévalo. (2021). Gestión de la red vial Morales – San Roque y su efecto en la calidad de vida del poblador beneficiado [Tesis de licenciatura, Universidad Científica del Perú]. Tarapoto, Perú.
- Arpasi Vega, R. (2023). Identificación de patologías en la carretera vecinal Morales – San Pedro, L = 8.00 km [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. Tarapoto, Perú.
- Barrera Gómez, J. P. (2014). Fallas en pavimentos flexibles: causas, efectos y soluciones [Tesis de licenciatura, Universidad Pontificia Bolivariana]. Bucaramanga, Colombia.
- Calle, Díaz, Manayay, & Mejía. (2020). Evaluación superficial del pavimento flexible de la calle El Carmen intersección Av. Pacífico y Av. Nacionalismo, Urb. Las Brisas del Distrito de Chiclayo, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque [Trabajo de investigación, Universidad César Vallejo]. Chiclayo, Perú.
- Cardinali, M., Reichenbach, P., Guzzetti, F., Ardizzone, F., Antonini, G., Galli, M., Cacciano, M., Castellani, M., & Salvati, P. (2002). A geomorphological approach to the estimation of landslide hazards and risks in Umbria, central Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2(1), 57–72. <https://doi.org/10.5194/nhess-2-57-2002>
- Carrasco, P. P. (2017). Evaluación estructural de pavimentos aeroportuarios. Centro de Documentación y Publicaciones de AENA. ISBN 849249917.
- Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, República Dominicana. (1990). Catálogo de fallas: Identificación de fallas en pavimentos y técnicas de reparación.
- Gaber, M., Diab, A., Elbeltagi, E., & Wahaballa, A. M. (2023). Integrated safety-pavement maintenance management system (SPMS) for local authorities in Egypt. *Journal of Engineering Sciences*.
- Gavilanes Pérez, S. D. (2023). Evaluación de las vías urbanas en el cantón Ambato del sector comprendido entre la Avenida Real Audiencia de Quito, Avenida

- Bolivariana, Avenida Galo Vela y calle Sócrates [Tesis de licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. Ecuador.
- Gonzales, & Sicha. (2022). Evaluación del nivel de transitabilidad del tramo San José de Sisa - San Martín de Alao, El Dorado [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de San Martín]. Tarapoto, Perú.
- Menéndez, J. (2003). Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas. Organización Internacional del Trabajo. Lima, Perú.
- Minaya, S., & Ordoñez, A. (2019). Manual de laboratorio: Ensayos para pavimentos. Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/2416949/MANUAL-DE-ENSAYOS-PARA-PAVIMENTOS>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). (2016). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (R.D. N°10-MTC). INN.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). (2016). Manual de ensayos de materiales (R.D. N°25 213/14). INN.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). (2013). Manual de diseños geométricos (R.D. N°034-MTC). INN.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). (2014). Manual de ensayos clasificatorios E-101 (R.D. N°13-MTC). INN.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). (2006). Manual técnico de mantenimiento periódico para la red vial departamental no pavimentada. Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (Perú). (2013). Manual de carreteras: Mantenimiento o conservación vial. Lima, Perú.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). (2010). Norma técnica CE 0.10 pavimentos urbanos del Reglamento Nacional de Edificaciones. Lima, Perú.
- Moreno Ceballos, C. A. (2019). Índice de qualidade de encostas: uma metodologia de suscetibilidade ao deslizamento para corredores de transporte [Tesis de doctorado, Universidade de Brasília]. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/37715>
- Obando, W. (2014). La conservación vial por niveles de servicio. Recuperado de <https://www.academia.edu/6288437/>
- Ortega Alarcón, D. (2021). Software para la evaluación superficial de pavimentos flexibles basado en la metodología Pavement Condition Index [Tesis de licenciatura, Universidad Católica San Pablo]. Arequipa, Perú.
- Shaafan Abdullah, T., Sheyan, A., & Hussein Jalal, A. H. (2020). Comparative study of using flexible and rigid pavements. Journal of University of Duhok.
- U.S. Army Engineer Research and Development Center. (2001). Manual Paver asphalt surfaced airfields pavement condition index (PCI). Estados Unidos.

- Vásquez, L. (2002). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. Primera edición. Colombia.
- Vivar, G. (1995). Diseño y construcción de pavimentos (2ª ed.). Colegio de Ingenieros del Perú.
- Vásquez, L. (2019). Pavement condition index (PCI) para pavimentos asfálticos. Ingeniería de Pavimentos. Recuperado de <http://www.camineros.com/docs/cam036.pdf>
- Weather Spark. (2022). El clima y el tiempo promedio en todo el año en Rioja, Perú. Recuperado de <https://weatherspark.com>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Técnica e Instrumentos
<p>Problema general</p> <p>¿Cómo las fallas superficiales afectan la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa - San Hilarión, provincia de Picota, región San Martín, y qué medidas de mitigación se pueden implementar para mejorar su condición?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Identificar, caracterizar y evaluar el impacto de las fallas superficiales en la transitabilidad de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry, tramo Caspizapa - San Hilarión, provincia de Picota, región San Martín, proponiendo medidas de mitigación para mejorar su condición.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Analizar el impacto de las fallas superficiales en la infraestructura vial, evaluando los daños y su influencia en la transitabilidad.</p> <p>Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para la transitabilidad del tramo Caspizapa – San Hilarión, en la provincia de Picota.</p> <p>Proponer medidas de mitigación y rehabilitación vial adecuadas para cada tipo de falla identificada.</p>	<p>Hipótesis de la Investigación</p> <p>Las fallas superficiales en el tramo Caspizapa - San Hilarión de la carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry están asociadas a factores geológicos, climáticos y antrópicos, y que su mitigación requiere la implementación de estrategias de ingeniería vial específicas, adaptadas a las características locales de las fallas.</p>	<p>Técnica</p> <p>Análisis y observación analítica.</p>
Diseño de investigación	Población y muestra	Variables y dimensiones	
<p>Tipo de Investigación. Aplicada:</p> <p>Se analizan las problemáticas y las complicaciones en el área de estudio, lo que nos permite generar aportes</p>	<p>Población:</p> <p>Carretera Arq° Fernando Belaúnde Terry lado sur.</p> <p>Muestra:</p>	<p>Variables Independiente:</p> <p>Fallas Superficiales del tramo Caspizapa – San Hilarión</p> <p>Variables Dependiente:</p> <p>Transitabilidad del tramo Caspizapa – San</p>	

teóricos y prácticos positivos.

Nivel de Investigación. Explicativo: Tramo Caspizapa – San Hilarión

Hilarión

Instrumentos

Encuestas a usuarios de la vía.

Fichas de evaluación

Esto se debe a que los estudios planteados nos permitirán determinar de manera detallada o explicativa el motivo de la condición de la carpeta de rodadura, así como los efectos de estos en la transitabilidad y la proporción de seguridad vial para los usuarios, al mismo tiempo que se cumple con lo planteado. para llegar a las conclusiones correspondientes basadas en las interpretaciones de los resultados.

Anexo 2: Grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible.

a. BACHE



Km 695 + 630



Km 694 + 632



Km 695 + 550



Km 696 + 635



Km 697 + 660



Km 698 + 470

b. Desintegración de Bordes



Km 697 + 660

c. Fisuras en Arco



Km 693 + 863



Km 693 + 893



Km 693 + 901.9



Km 693 + 901.3



Km 693 + 974



Km 694 + 020



Km 694 + 040



Km 696 + 020



Km 696 + 040



Km 696 + 700

d. Fisura en Bloque



Km 693 + 070



Km 693+ 078



Km 693 + 929



Km 693 + 996



Km 694 + 020



Km 694+ 035



Km 696 + 130



Km 696 + 558



Km 694 + 112



Km 696 + 070



Km 696 + 600



Km 696 + 680



Km 696 + 690



Km 697 + 020



Km 697 + 030



Km 697 + 050

e. FISURA LONGITUDINAL

Descripción

Tabla 8

Las fallas se encuentran en las siguiente progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 692 + 200	2.04 m ²	Medio
Km 693 + 050	0.01 m ²	Bajo
Km 693 + 770	2.40 m ²	Medio
Km 693 + 820	0.44 m ²	Bajo
Km 693 + 893	1.44 m ²	Medio
Km 693 + 897	0.11 m ²	Bajo
Km 693 + 910	1.55 m ²	Medio
Km 693 + 934	1.56 m ²	Medio

Km 693 + 956	0.54 m ²	Bajo
Km 693 + 967	1.44 m ²	Medio
Km 693 + 986	2.22 m ²	Medio
Km 693 + 992	0.54 m ²	Bajo
Km 693 + 995	0.52 m ²	Bajo
Km 694 + 000	1.04 m ²	Bajo
Km 694 + 133	1.44 m ²	Medio
Km 694 + 142	3.36 m ²	Medio
Km 695 + 682	0.15 m ²	Bajo
Km 696 + 030	0.05 m ²	Bajo
Km 696 + 410	0.15 m ²	Bajo
Km 696 + 440	0.14 m ²	Bajo
Km 696 + 612	0.11 m ²	Bajo
Km 696 + 622	0.08 m ²	Bajo
Km 696 + 716	0.24 m ²	Bajo
Km 696 + 780	0.08 m ²	Bajo
Km 696 + 820	0.04 m ²	Bajo
Km 696 + 855	0.14 m ²	Bajo
Km 698 + 140	0.03 m ²	Bajo
Km 698 + 750	0.06 m ²	Bajo



Km 692 + 200



Km 693 + 050



Km 693 + 770



Km 693 + 820



Km 693 + 893



Km 693 + 897



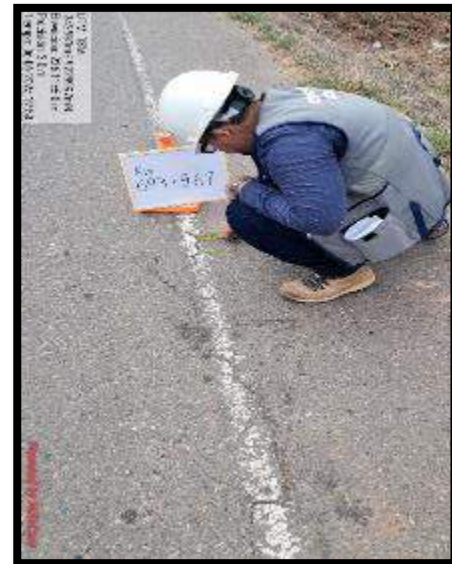
Km 693 + 910



Km 693 + 934



Km 693 + 956



Km 693 + 967





Km 693 + 995



Km 694 + 000



Km 694 + 133



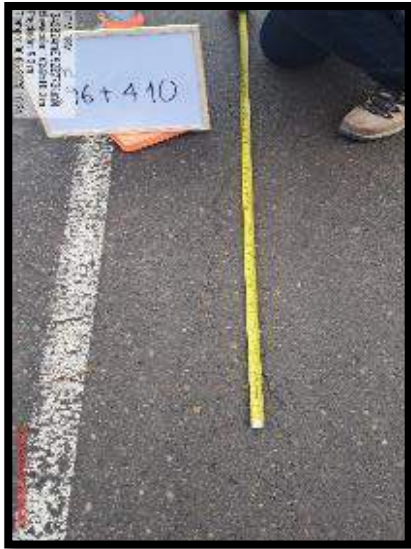
Km 694 + 142



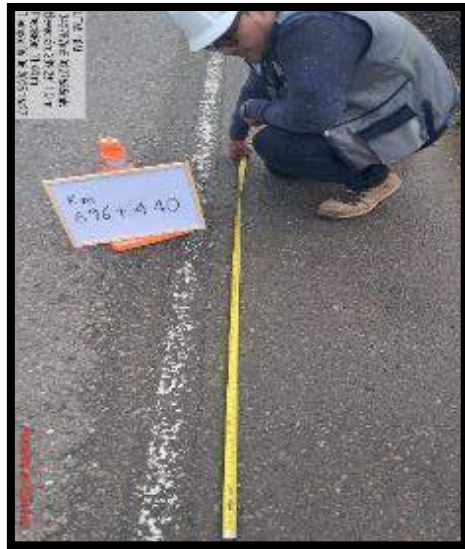
Km 695 + 682



Km 696 + 030



Km 696 + 410



Km 696 + 440



Km 696 + 612



Km 696 + 622



Km 696 + 716



Km 696 + 780



Km 696 + 820



Km 696 + 855



Km 698 + 140



Km 698 + 750

Causas

1 Las fisuras longitudinales son grietas que corren paralelas al eje de la carretera.

Factores influyentes

- **Juntas de construcción:** Las juntas de construcción mal ejecutadas pueden convertirse en puntos débiles donde se inician las fisuras.
- **Asentamiento diferencial:** Diferencias en la compactación o en la capacidad de soporte de las capas subyacentes pueden causar asentamientos desiguales y fisuras longitudinales.
- **Reflexión de fisuras:** Las fisuras en capas inferiores pueden reflejarse en la superficie del pavimento.

f. Fisura Transversal

Descripción:

Tabla 9

Las fallas se encuentran en las siguientes progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 693 + 903	0.02 m ²	Bajo
Km 693 + 971	0.03 m ²	Bajo
Km 696 + 470	0.01 m ²	Bajo
Km 696 + 578	0.02 m ²	Bajo
Km 696 + 740	0.02 m ²	Bajo
Km 698 + 620	0.01 m ²	Bajo



Figura 68
Km 693 + 903



Figura 69
Km 693 + 971



Figura 71
Km 696 + 470



Figura 70
Km 696 + 578



Figura 72
Km 696 + 740



Figura 73
Km 698+620

Causas

Las fisuras transversales son grietas que se extienden perpendicularmente al eje de la carretera.

Factores influyentes

- **Contracción térmica:** Similar a las fisuras en bloque, la contracción térmica es una causa principal de fisuras transversales.
- **Movimientos del terreno:** Movimientos del suelo subyacente pueden inducir

tensiones que resultan en fisuras transversales.

g. Hundimiento

Descripción

Tabla 10

Las fallas se encuentran en las siguientes progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 692 + 300	0.03 m ²	Bajo
Km 692 + 955	0.17 m ²	Bajo
Km 699 + 080	1.95 m ²	Medio



Figura 75
Km 692 + 300



Figura 74
Km 692 + 955



Figura 76
Km 699 + 080

Causas

El hundimiento se refiere a la depresión gradual de la superficie del pavimento en un área localizada.

Factores influyentes

- **Compactación insuficiente:** Una compactación inadecuada de las capas subyacentes puede resultar en asentamientos y hundimientos con el tiempo.
- **Suelos blandos:** La presencia de suelos blandos o saturados en la subrasante puede causar hundimientos bajo cargas de tráfico.
- **Fallas en la estructura del pavimento:** El deterioro de las capas inferiores del pavimento puede llevar al hundimiento de la superficie.

h. Perdida de Agregado

Descripción

Tabla 11

Las fallas se encuentran en las siguientes progresivas

PROGRESIVA	ÁREA AFECTADA	SEVERIDAD
Km 696 + 650	6.30 m ²	Medio



Figura 77
Km 696 + 650

Causas

La pérdida de agregado se refiere al desprendimiento de las partículas de agregado de la superficie del pavimento

Factores contribuyentes

- **Asfalto de mala calidad:** Un asfalto que no tiene la capacidad de mantener los agregados unidos resulta en la pérdida de estos.
- **Envejecimiento del asfalto:** El asfalto envejecido pierde su capacidad de adherencia, permitiendo que los agregados se desprendan.
- **Tráfico:** El tráfico, especialmente el pesado, ejerce fuerzas que pueden desalojar los agregados sueltos.