

# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

Influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo vía nacional San Salvador - Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021

Marco Antonio Holgado Palma

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil

Cusco, 2022

# Repositorio Institucional Continental Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional".

### **AGRADECIMIENTO**

Mi agradecimiento a Dios, por guiarme y protegerme en este proyecto de vida.

A la Universidad Continental por acogernos en sus aulas y brindarnos la oportunidad de poder desarrollarnos como estudiantes.

Al director Académico, docentes y personal administrativo de la universidad continental quienes me brindaron su apoyo incondicional en el proceso de mi formación académica,

A mi asesor de tesis el Ing. Gorki F. Ascue Salas, por colaborar en el sostenimiento de la idea principal de y original de la investigación, dedicando su tiempo para poder realizar de la mejor manera este trabajo de investigación, por su perseverancia y aliento en los momentos de flaqueza.

A mis padres Sebastián y Francisca, quienes me acompañaron durante este proceso de superación.

A mi esposa Faviola, mis hijos Erick Antonio y Ademar Sebastián, quienes fueron el soporte emocional en los momentos de fragilidad en el transcurso de toda mi formación profesional.

A mis hermanos Violeta, Fabián, Juan Carlos, Royer y Ernesto, quienes me apoyaron y estuvieron en los momentos más difíciles.

A mis suegros y cuñados, quienes estuvieron presentes en cada momento.

Mi gratitud a todos y cada uno de ellos, muchas gracias.

Marco Antonio

# **DEDICATORIA**

Al Director, docentes de la universidad continental, a mi Asesor de tesis, quienes estuvieron a lado mío durante el tiempo de estudios.

A mis padres, Sebastián y Francisca, quienes me inculcaron los valores y estuvieron en los momentos más difíciles.

A mi esposa Faviola, mis hijos Erick Antonio y Ademar Sebastián. quienes son mi motivo de superación.

A mis hermanos Violeta, Fabián, Juan Carlos, Royer y Ernesto, quienes me apoyaron y estuvieron en los momentos más difíciles.

A mis suegros y cuñados, por su apoyo incondicional en los momentos de flaqueza en el transcurso de mis estudios.

**Marco Antonio** 

# ÍNDICE

Agr	adecimiento	ii
Ded	licatoria	. iii
Índi	ce	. iv
Índi	ce de tablas	. vi
Índi	ce de figuras	vii
Res	umen	. ix
Abs	tract	x
Intro	oducción	. xi
CA	PÍTULO I	14
PLA	ANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	14
1.1.	Planteamiento y formulación del problema	16
	1.1.1. Problema general	16
	1.1.2. Problemas específicos	16
1.2.	Objetivos	16
	1.2.1. Objetivo general	16
	1.2.2. Objetivos específicos	17
1.3.	Justificación e importancia	17
	1.3.1. Justificación teórica	17
	1.3.2. Justificación práctica	17
	1.3.3. Justificación metodológica	18
	1.3.4. Justificación técnica	18
	1.3.5. Justificación social	18
	1.3.6. Justificación por viabilidad	18
	1.3.7. Limitación de la investigación	18
	1.3.8. Limitación de datos	19
1.4.	Hipótesis y descripción de variables	19
	1.4.1. Hipótesis general	19
	1.4.2. Hipótesis específicas	19
	1.4.3. Operacionalización de variables	20
CA	PÍTULO II	21
MA	RCO TEÓRICO	21
2.1.	Antecedentes del problema	21
	2.1.1. Antecedentes internacionales	21
	2.1.2. Antecedentes nacionales	23
	2.1.3. Antecedentes locales	25

2.2.	Bases teóricas	26
	2.2.1. Pavimentos	26
	2.2.2. Pavimentos flexibles	27
2.3.	Definición de términos básicos	49
CAI	PÍTULO III	50
ME'	TODOLOGÍA	50
3.1.	Método y alcance de la investigación	50
	3.1.1. Métodos de investigación	50
	3.1.2. Tipo y nivel de investigación	50
	3.1.3. Procedimiento de recolección de datos	51
3.2.	Diseño de la investigación	52
3.3.	Población y muestra	52
	3.3.1. Población	52
	3.3.2. Muestra	52
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	54
	3.4.1. Recolección documentaria	54
	3.4.2. Validación de instrumentos	54
	3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos	54
3.5.	Procedimiento de análisis de datos	55
CAI	PÍTULO IV	57
RES	SULTADOS Y DISCUSIÓN	57
4.1.	Resultados del tratamiento y análisis de la información	57
4.2.	Prueba de hipótesis	72
Con	clusiones	<b>75</b>
Rec	omendaciones	<b>76</b>
List	a de referencias	77
Ane	xos	<b>79</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables	20
Tabla 2. Tipo de carpeta asfáltica según intensidad de tránsito	28
Tabla 3. Etapas de deterioro del pavimento flexible	29
Tabla 4. Cuadro del tipo de material asfáltico	31
Tabla 5. Influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad	del
tramo: vía nacional San Salvador – Pisac	58
Tabla 6. Resumen de resultados de PCI, tramo 1	62
Tabla 7. Porcentaje de condición de pavimento flexible	62
Tabla 8. Resumen de resultados de PCI, tramo 2	63
Tabla 9. Porcentaje de condición de pavimento flexible	63
Tabla 10. Volumen de tráfico promedio diario	64
Tabla 11. Resumen del volumen de tráfico promedio de salida y entrada	68
Tabla 12. Volumen de tráfico promedio diario	69
Tabla 13. Pruebas de significación de la hipótesis de investigación	72
Tabla 14. Matriz de consistencia	80
Tabla 15. Operacionalización de variables	82

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Plano de limitación de estudio	19
Figura 2. Etapas de deterioro en pavimento flexible	29
Figura 3. Longitudinal (FL Unid: m)	33
Figura 4. Fisura transversal (FT Und: m)	
Figura 5. Fisura longitudinal de junta de construcción (FCL Und: m)	34
Figura 6. Fisura transversal de junta de construcción (FCT, Und: m)	34
Figura 7. Fisura por reflexión de juntas en placa de concreto (FJL o FJT, Uni	idad de medida:
m)	35
Figura 8. Fisura en media luna (FML, Und: m²)	
Figura 9. Fisura de borde (FBD, unidad de medida: m)	36
Figura 10. Fisura por bloque (FB, Und: m²)	37
Figura 11. Fisura de piel de cocodrilo (FC, Und: m²)	38
Figura 12. Fisura por deslizamiento de capas (FDC, und: m²)	39
Figura 13. Fisura incipiente (FIN, und: m²)	40
Figura 14. Fisura incipiente (FIN, und: m²)	40
Figura 15. Abultamiento (AB, und: m)	41
Figura 16. Hundimiento (HUN, und: m)	42
Figura 17. Ahuellamiento (AHU, und: m²)	43
Figura 18. Descascaramiento (DC, und: m <sup>2</sup> )	44
Figura 19. Bache (BCH, und: und)	45
Figura 20. Parche (PCH, unidad de medida: m²)	46
Figura 21. Pérdida de agregado (PA, und: m²)	47
Figura 22. Pulimento de agregado (PU, unidad de medida: m²)	48
Figura 23. Exudación (EX, und.: m²)	48
Figura 24. Ficha de campo (00+00 - 00+05)	59
Figura 25. Ficha de campo (00+35 - 00+40)	60
Figura 26. Ficha de Campo (11+70 - 11+75)	61
Figura 27. Cuadro estadístico del PCI	62
Figura 28. Cuadro estadístico del PCI	64
Figura 29. Variación horaria	69
Figura 30. Porcentaje de vehículos.	70
Figura 31. Cantidad por tipo de vehículos	70
Figura 32. Variación diaria de vehículos	72
Figura 33. Composición del tráfico	71
Figura 34. Tipos de fallas y calidad de pavimento	73

Figura 35. Correspondencia de tipo de fallas y calidad
Figura 36. Instrumentos utilizados en el trabajo de investigación
Figura 37. Falla: parcheo, piel de cocodrilo
Figura 38. Falla: desprendimiento de agregado
Figura 39. Falla: hueco, agrietamiento longitudinal y transversal
Figura 40. Falla: ahuellamiento, desprendimiento de agregado
Figura 41. Fallas: bache
Figura 42. Falla: piel de cocodrilo, parcheo
Figura 43. Fallas: desprendimiento de agregado, ahuellamiento
Figura 44. Falla: piel de cocodrilo, hundimiento
Figura 45. Falla: agrietamiento longitudinal
Figura 46. Falla: parcheo, agrietamiento longitudinal, ahuellamiento
Figura 47. Falla: piel de cocodrilo, desprendimiento de agregado
Figura 48. Falla: piel de cocodrilo, ahuellamiento, parcheo, bache
Figura 49. Falla: ahuellamiento, hundimiento y abultamiento, desprendimiento de agregado
Figura 50. Falla: parcheo, desprendimiento de agregado, piel de cocodrilo105
Figura 51. Fallas: piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, ahuellamiento 105
Figura 52. Fallas: desprendimiento de agregado, piel de cocodrilo, ahuellamiento 106
Figura 53. Fallas: piel de cocodrilo, ahuellamiento, baches, abultamiento 106
Figura 54. Falla: ahuellamiento, abultamiento en toda la capa asfáltica

### **RESUMEN**

La presente investigación tiene por finalidad de analizar la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador – Pisac, ubicado en la provincia de Calca, Departamento del Cusco – 2021, la infraestructura vial es un factor importante en el progreso de las regiones, el mal estado de las vías ocasiona una mala calidad en este servicio público, lo que afecta la seguridad vial y aumenta los costos de transporte.

Esta investigación es de gran beneficio público, ya que servirá de fuente de información para futuros proyectos debido a que contendrá data verídica. Asimismo, servirá para la toma de decisiones en futuros acuerdos municipales sobre fallas superficiales del pavimento flexible.

La metodología que se utilizó para la evaluación de las fallas superficiales fue el método de PCI, y para comprobar la evaluación también se utilizó el método de VIZIR, el método PCI identifica la severidad de las fallas en el pavimento, cuyos resultados fueron procesados con el programa SPSS, para determinar la influencia de las fallas en la transitabilidad. Por otro lado, el cálculo del índice medio diario vehicular (IMD), fue generado por la cantidad de vehículos en general y las cargas que estas ejercen en el pavimento, ocasionando las fallas superficiales del pavimento.

El resultado obtenido mediante el método PCI de 35.40% el cual indica que el pavimento se encuentra con severidad de grado malo, y con el método del VIZIR el resultado es un pavimento regular. Por lo tanto, se concluye que las fallas influyen significativamente en la transitabilidad vehicular y peatonal por encontrarse en mal estado la vía. Por lo cual se recomienda realizar el mantenimiento de la vía periódicamente y reposición en un 35%.

**Palabras clave:** condición del pavimento (PCI), flexible, índice, pavimento, transitabilidad

ABSTRACT

The purpose of this research is to analyze the influence of superficial failures of the

flexible pavement on the passability of the national highway 28B of the San Salvador

- Pisac section, located in the province of Calca, Department of Cusco - 2021, the road

infrastructure is a An important factor in the progress of the regions, the poor state of

the roads causes poor quality in this public service, which affects road safety and

increases transportation costs.

This research is of great public benefit, since it will serve as a source of information

for future projects because it will contain true data. Likewise, it will serve for decision-

making in future municipal agreements on superficial failures of the flexible pavement.

The methodology used for the evaluation of surface failures was the PCI method, and

to verify the evaluation the VIZIR method was also used. The PCI method identifies

the severity of pavement failures, the results of which were processed with the SPSS

program, to determine the influence of faults on trafficability. On the other hand, the

calculation of the average daily vehicular index (IMD) was generated by the number of

vehicles in general and the loads that they exert on the pavement, causing surface

failures of the pavement.

The result obtained through the PCI method of 35.40% which indicates that the

pavement is severely bad grade, and with the VIZIR method the result is a regular

pavement. Therefore, it is concluded that the failures significantly influence the

vehicular and pedestrian trafficability because the road is in poor condition. Therefore,

it is recommended to carry out maintenance of the road periodically and replacement

by 35%.

Keywords: pavement condition (PCI), flexible, index, pavement, walkability

Х

# INTRODUCCIÓN

La importancia del estudio de investigación consiste, la identificación de la influencia de las fallas en la transitabilidad, para ello se determinan las fallas superficiales en el pavimento flexible en la vía nacional 28B tramo San Salvador – Pisac, haciendo uso del método Paviment Condition Index (PCI) y el método del VIZIR, ubicado en la provincia de Calca, departamento del Cusco.

La finalidad de la investigación es de señalar la influencia de las fallas superficiales en la transitabilidad del tramo indicado, determinar si la vía se encuentra en condiciones de transitabilidad, para el buen servicio, permite recomendar alternativas de solución para su buen funcionamiento.

Para la presente investigación se utilizó los métodos de evaluación superficial del pavimento flexible como el PCI, VIZIR, cabe indicar que no se cuenta con un método específico que reglamente estos métodos, en oportunidades no se realiza su adecuado uso; siendo estos, trabajos predecesores y obligatorios que son tomados en consideración para realizar adecuadamente los planteamientos de solución como el mantenimiento, rehabilitación, y mejoramiento de las vías afectadas superficialmente y que influyen en la transitabilidad tanto vehicular como peatonal; de tal manera que, generen conclusiones económicamente viables que funcione y permitan efectividad para identificar de manera oportuna los problemas que afectan al pavimento flexible, de no identificarse no se podrá realizar la intervención de manera oportuna las cuales afectarían con el tiempo provocando incremento de costos para su tratamiento y reparación.

Este estudio de investigación tiene por finalidad identificar la severidad de las fallas superficiales del pavimento para actuar con eficiencia ante el deterioro del pavimento, también permitira utilizarlas como guía en las entidades gubernamentales de su competencia y que puedan establecer las políticas y estrategias para su ejecución en las vías nacionales, regionales o locales, con el propósito de conseguir que estas metodologías se traduzcan en inversiones eficientes y eficaces frente al alicaído presupuesto público que se le asigna a este rubro.

Las metas específicas de este trabajo de investigación son; determinar la influencia de las fallas superficiales en el pavimento flexible, las cuales se tuvo que realizar una evaluación superficial del pavimento, identificando las diferentes fallas y los paramentos de severidad de acuerdo con el método de PCI, procediendo a realizar el cálculo del índice de condición del

pavimento y obtener el estado superficial de la vía nacional en el tramo San Salvador – Pisac, determinando el estado de transitabilidad de la vía.

El presente trabajo de investigación consta de 4 capítulos:

**Capítulo I. Planteamiento del estudio**, en este capítulo se muestra el planteamiento y la formulación del problema, los objetivos o metas, la justificación del trabajo de investigación, la hipótesis y descripción de las variables.

Capítulo II. Marco teórico, en este capítulo se muestran los antecedentes de la investigación, bases teóricas del estudio, definición de términos básicos, y la correspondiente formulación de la hipótesis.

Capítulo III. Metodología, se hace un detalle del método y alcances de la investigación, diseño de la investigación, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Capítulo IV. Resultados y discusiones, en este capítulo se presentan los resultados obtenidos en la investigación, para realizar el análisis e interpretación, discusión de los resultados con los obtenidos en las referencias de los antecedentes.

Para que una región progrese se tienen en cuenta muchos factores sociales, económicos y ambientales. Tal es el caso de la infraestructura vial, que constituye un factor influyente. Las vías en mal estado ocasionan una baja calidad en el servicio, afecta la seguridad vial, también ocasiona el alza de precios de transporte.

Existen diversas investigaciones alrededor del mundo sobre el tema de estudio con resultados importantes. Sin embargo, existe la posibilidad de encontrar mejores opciones para mejorar su rendimiento.

Desde finales de los años ochenta se ha venido estudiando la relación que tiene la inversión en infraestructura y el crecimiento económico, fue un tema de discusión de economistas y políticos. En países latinoamericanos donde se hicieron inversiones en ferrocarriles, puertos, carreteras y aeropuertos las personas mejoraron su calidad de vida y los índices de pobreza tuvieron un descenso.

Se concluye que las fallas influyen significativamente en la transitabilidad vehicular y peatonal por el mal estado de la vía que tiene como resultado a la evaluación con un PCI del 35.40 % considerado como un pavimento malo, por lo que se recomienda realzar trabajos de mantenimiento periódico de la vía.

# **CAPÍTULO I**

### PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

De acuerdo al Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la vía nacional 28 B es considerado camino nacional en este caso se evaluó el tramo San Salvador - Pisac de la provincia de Calca del departamento del Cusco, el cual es considerado una vía con considerable afluencia vehicular de cargas altas. Por lo tanto, no es extraño a la incierta del deterioro del pavimento flexible en donde se pueden apreciar muchas deficiencias en el pavimento como hundimientos, encalaminados, rajaduras entre otros, el cual perjudica a los transportista y usuarios de la zona que hacen uso de esta vía (1).

Los usuarios de esta vía vienen atravesando momentos de mucha dificultad por las malformaciones y deterioros de la vía, afectando así a los vehículos que son la herramienta de trabajo y sustento de muchas familias, motivo del entusiasmo para poder realizar el proyecto de la evaluación de dicho tramo con el propósito de poder contribuir con la mejora del servicio para los usuarios de esta vía (1).

A nivel nacional, no existe una adecuada proyección para soportar cargas abrumadoras en el pavimento, esto ocasiona fallas de funcionalidad en su estructura, el Perú manifiesta una variedad de dificultades en sus dominios. Sus cifras de deterioro de carreteras conforman un desafío inalterable; el Perú es poseedor de altas cifras de carreteras deterioradas y se observa que no existe mucha información sobre las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco (1).

RÍOS COTAZO, Norma Ximena, et al. (2020), En la revista, se llegó a la conclusión que el rendimiento del sistema en estudio está por 2 factores: el procesamiento y la recopilación de datos. Se recomienda el desarrollo de sistemas que aprovechen cualidades de distintos sensores en la adquisición de datos, así mismo, que integren la detección y clasificación de variedad de fallas (2).

Por otro lado, **CERÓN BERMÚDEZ, Viviana G. (2006),** Este trabajo de investigación establece una diferencia entre fallas estructurales, como grietas longitudinales, ahuellamiento, piel de cocodrilo, parcheos y bacheos. En la metodología PCI se encontró más evaluaciones de daños, a diferencia que la metodología Vizir (3).

SALAZAR TELLO, Anghelo Alexis (2019), En este trabajo de investigación, se llegó a la conclusión que los niveles de severidad de fallas son exudación media, hundimiento bajo, abultamiento y hundimiento bajo. Como recomendación se aconseja realizar mantenimiento rutinario para las fallas localizadas en la carretera Pomalca (4).

MUÑOZ SALAZAR, Luis Angel (2018), Este trabajo de investigación trata de las fallas más comunes que sobresaltan en el pavimento urbano flexibles. En esta investigación se detalla el procedimiento de uso del método del PCI, la identificación de unidades muestrales, el cálculo del PCI, los criterios de verificación, etc. Preservar las vías existentes en la ciudad de Barranca (5).

En efecto, la importancia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, demanda realizar un estudio.

En consecuencia, se ha observado la problemática de conocer la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco.

PINEDO VELIZ, Juan Carlos Dimas (2017), El trabajo de investigación determina que el 100 % de la vía no ha sido evaluado; por lo tanto, con la aplicación de la metodología PCI, identificando los parámetros de evaluación, determinando el índice de condición y obteniendo la condición del pavimento, finalmente se puede realizar la evaluación superficial del pavimento para obtener el estado de conservación de la vía en estudio. Al realizar la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método *Pavement Condition Index*, se conoce que el estado de conservación de la Av. La Cultura es "Bueno" con un PCI de 63 para la sección 1 y para la sección 2 de 46 (6).

MOZO BARRANTES, Wilder Vidal; QUISPE MENDOZA, Arnold Johnny (20119), Esta tesis centra su estudio en la evaluación superficial del pavimento flexible en el circuito humedal Lucre-Huacarpay, para este fin se hizo uso de dos métodos muy confiables que hoy en día son muy utilizados para la evaluación de pavimentos, el primero es el método PCI (*Pavement Condition Index*) el cual proporciona un valor numérico de la condición actual del pavimento flexible y un segundo método innovador mediante el aplicativo *Roadroid* para determinar el índice de serviciabilidad. Para la correcta evaluación se hizo uso de formatos de recolección de datos e instrumentos de ingeniería. Los resultados de la evaluación del pavimento flexible en esta investigación expresan que, en los 8.27 km de pavimento se tiene un

valor numérico de PCI = 22.87 lo cual significa que la carpeta de rodadura del pavimento flexible se encuentra en un estado "Muy Malo" según el rango de calificación de la metodología PCI. Así mismo, haciendo uso de la sistemática del índice de serviciabilidad presente (PSI) mediante el aplicativo *Roadroid* se obtuvieron los siguientes valores numéricos de serviciabilidad: PSI = 2.814 (sentido de ida) y PSI =2.813 (sentido de vuelta) enunciando de esta manera un índice de serviciabilidad "Regular". Haciendo la valoración adecuada de los resultados obtenidos se propone como alternativa de solución una "Rehabilitación Superficial" la cual consiste en la incorporación de una carpeta delgada de mezcla asfáltica en caliente sobre la superficie existente (7).

## 1.1. Planteamiento y formulación del problema

### 1.1.1. Problema general

¿Cuál es la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021?

### 1.1.2. Problemas específicos

¿De qué manera los tipos de falla del pavimento flexible influyen en la transitabilidad del tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021?

¿Cuál es grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para el mantenimiento del tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021?

¿Cuál será el Índice de Condición del pavimento flexible en la vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021?

### 1.2. Objetivos

# 1.2.1. Objetivo general

Analizar la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador — Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco — 2021.

### 1.2.2. Objetivos específicos

Determinar la influencia de los tipos de falla del pavimento flexible en la transitabilidad tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021.

Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para el mantenimiento del tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021.

Analizar el índice de condición del pavimento flexible actual para determinar la transitabilidad de la vía nacional tramo San Salvador - Pisac de la provincia de Calca del departamento del Cusco – 2021.

# 1.3. Justificación e importancia

La comunidad científica nacional e internacional requiere ampliar conocimientos sobre las fallas superficiales del pavimento. Así mismo, el reto del profesional que labora en el área de Ingeniería Civil es brindar un análisis sobre las fallas superficiales del pavimento flexible y la influencia que tiene sobre la transitabilidad. Los datos o resultados se obtuvieron mediante la aplicación de las metodologías PCI y Vizir.

La infraestructura vial es un factor importante en el progreso de las regiones, el mal estado de las vías ocasiona una mala calidad en este servicio público, afecta la seguridad vial y aumenta los costos de transporte. La presente investigación es de gran beneficio público, ya que servirá de fuente de información para futuros proyectos debido a que contendrá la data verídica. Asimismo, servirá para la toma de decisiones en futuros acuerdos municipales sobre fallas superficiales del pavimento flexible (8).

### 1.3.1. Justificación teórica

En el presente trabajo de investigación se propone determinar la influencia que tienen las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad, por lo que se considera que la evaluación realizada en este trabajo sirva para poder tener en consideración que las vías o caminos vehiculares deben tener un mantenimiento adecuado y oportuno con la finalidad de que el usuario tenga un confort adecuado (9).

### 1.3.2. Justificación práctica

Se basa en el afán de mejorar la transitabilidad de este tramo de la vía San Salvador – Pisac, los resultados basados en el trabajo de investigación permitirán

ayudar a determinar estrategias objetivas para mejorar la transitabilidad y los servicios de transporte de manera sustancial, logrando un impacto en la población beneficiaria que hace uso de esta vía (9).

### 1.3.3. Justificación metodológica

Para obtener los objetivos indicados en este trabajo de investigación, se recurrirá a técnicas de investigación como las fichas de evaluación, para luego, realizar el procesamiento, haciendo uso del software Excel y SPSS, para poder medir la influencia que tienen las fallas superficiales del pavimento en la transitabilidad. Con estos resultados se podrán determinar las acciones para su intervención (9).

#### 1.3.4. Justificación técnica

Tiene como prioridad poder realizar una evaluación tipo superficial de los deterioros ocurridos en todo el tramo de investigación y la de su funcionabilidad en la actualidad, con el objetivo de emplear las actividades de mejoras para conservar la infraestructura vial en buenas condiciones de transitabilidad.

### 1.3.5. Justificación social

La utilidad y aplicabilidad de los efectos de la investigación, así como la importancia objetiva de las conclusiones que se logren en el presente proyecto aportan un criterio sobre el uso adecuado por parte de algunos vehículos, así como también la comodidad y seguridad para todos los usuarios de esta infraestructura vial.

### 1.3.6. Justificación por viabilidad

La investigación es viable, debido a que se cuenta con acceso a la información basada en los estudios de campo y laboratorio realizados, por otro lado, los investigadores financian el estudio, también se cuenta con acceso a los equipos que permitan la obtención de datos.

### 1.3.7. Limitación de la investigación

Este trabajo se desarrolla es la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, en la línea de ingeniería de transportes.

El trabajo de investigación tiene un enfoque, particularmente, para ser puntuales en la evaluación de las severidades de las fallas superficiales y el efecto, el cual ocasiona en la transitabilidad, mediante cálculos del Índice de Condición de Pavimento (PCI), la extensión del trabajo de investigación se realizó en la vía nacional tramo San Salvador – Pisac en una longitud de 12 km.

### 1.3.8. Limitación Espacial (ubicación)

Las limitaciones encontradas en esta investigación fueron la falta de datos de los vehículos pesados que transitaron por esta vía en el periodo de la construcción del gaseoducto sur peruano.

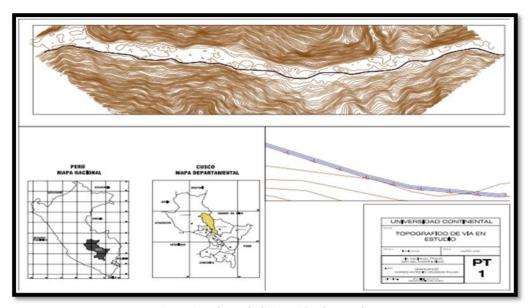


Figura 1. Plano de limitación de estudio

## 1.4. Hipótesis y descripción de variables

## 1.4.1. Hipótesis general

La influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible es significativa en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021.

### 1.4.2. Hipótesis específicas

Los tipos de falla del pavimento flexible influyen significativamente en la transitabilidad del tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021.

El grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible influyen significativamente el mantenimiento del tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021.

El índice de condición del pavimento flexible actual se considera regular de la vía nacional tramo Pisac - San Salvador de la provincia de Calca del departamento del Cusco- 2021.

# 1.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Und. medida	Instrumento	
		Ahuellamientos Hundimientos			
Fallas superficiales	Tipos de falla	Corrugación Fisura Longitudinal	Porcentaje		
-		Fisura transversal		Ficha de evaluación	
del		Fisura tipo piel de cocodrilo Baches		evaluación	
Pavimento flexible		Peladuras rotura de bordes			
	Grado de severidad	Bajo Medio Alto		PCI	
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Und. medida	Instrumento	
_	Tiempo de viaje	Demora en la transitabilidad vehicular	Minutos	Cronómetro	
Transitabilidad	Mantenimiento para la calidad de servicio	Bueno Regular Malo	porcentaje	PCI	

# CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes del problema

### 2.1.1. Antecedentes internacionales

RÍOS COTAZO, Norma Ximena, et al. (2020), En un artículo se indica que, el objetivo del artículo fue revisar y analizar aportes de investigaciones sobre detección automática de fallas superficiales en pavimentos flexibles a través de técnicas de procesamiento de imágenes. Su metodología fue de revisión sistemática. Se llegó a la conclusión que el rendimiento del sistema en estudio pasa por dos factores: el procesamiento y la recopilación de datos. Se recomienda el desarrollo de sistemas que aprovechen cualidades de distintos sensores en la adquisición de datos, así mismo, que integren la detección y clasificación de variedad de fallas (2).

**ARMAS GIL, Irwing Junior Holyfield (2018),** También, en otro trabajo de investigación se indica como objetivo principal que, se determinó el estado de conservación de la carretera Cajabamba – Rio Negro. Se aplicó la metodología Vizir. Se llegó a la conclusión que el estado de conservación de la carretera es regular (10).

Por otro lado, **CERÓN BERMÚDEZ, Viviana G** (2017), en su tesis, indica el comparativo realizado entre los métodos de Vizir y PCI el cual tiene como objetivo principal comparar los resultados de la evaluación superficial de la capa de rodadura flexible en el tramo escogido mediante las metodologías PCI y Vizir y aplicar el método PCI a la capa de rodadura rígida en el tramo escogido. El estudio se realizó en dos tramos de Armeria, cuadra 19, sobre pavimento flexible y pavimento rígido. Para el tramo 1 se aplicaron 2 metodologías diferentes, pero la metodología Vizir presentó facilidades, estableció una diferencia entre fallas estructurales, como grietas longitudinales, ahuellamiento, piel de cocodrilo, parcheos y bacheos. En la metodología PCI se encontraron más evaluaciones de daños, a diferencia que la metodología Vizir (3).

CRUZ DUARTE y RESTREPO GARCÍA (2017), indican que, el municipio de La Calera tiene la malla vial urbana de 30 km/carril, la mayoría de estas son pavimentos rígidos y de menor cantidad son pavimentos flexibles. Se sabe que la administración municipal tiene de conocimiento la extensión de sus vías, no cuenta con información sobre su estado, este trabajo de investigación tiene como objetivo el de realizar una

evaluación superficial del pavimento flexible de todo el sector urbano de La Calera. Para hacer el estudio del pavimento se hiso uso del método *Pavement Condition Índex* (PCI), este método es utilizado a nivel mundial y en Colombia. Teniendo como resultados que el estado del pavimento es homogéneo de PCI, en gran parte de la vía evaluada está en un estado fallido donde el 11.1 %, muy malo, 22.2 % malo, 22.2 % en un estado regular, con el 16.6 % en buen estado, el 11.1 % en un estado muy bueno y el 5.6 % en excelente estado, las fallas encontradas en la vía evaluada en La Calera son grietas longitudinales, transversales, piel de cocodrilo y huecos. Obtenidas estas informaciones se puede promover actividades de mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible (8).

ARMAS GIL, Irwing Junior Holyfield (2018), realizó una investigación donde se monitorea el estado superficial del pavimento, teniendo como objetivo mostrar que los índices de las condiciones superficiales de los pavimentos asfálticos generados a través de imágenes hiperespectrales pueden compararse con los indicadores actuales utilizados por la agencia reguladora nacional. En el actual sistema de concesiones viales en Brasil, tanto los concesionarios como los organismos reguladores tienen la misión de mejorar la calidad de los pavimentos viales en el país, esta situación requiere de investigación e identificación de nuevas herramientas que faciliten el levantamiento de las condiciones de los pavimentos viales en un tiempo y costos más bajos que los métodos habituales. Recientemente, ha habido un gran aumento en la disponibilidad de imágenes de teledetección con alta resolución espacial, siguiendo una tendencia del mercado hacia nuevos satélites de teledetección y sensores aerotransportados. De manera similar, las imágenes multiespectrales e hiperespectrales están disponibles tanto comercialmente como para investigación científica. El artículo presenta una nueva metodología para la identificación de las condiciones del asfalto en superficies pavimentadas y una clasificación de los tipos de defectos identificables a partir de imágenes hiperespectrales adquiridas por sensores aerotransportados (10).

YAN, Wai Yeung; YUAN, X. X, realizaron un estudio sobre el uso de una cámara de video para el consumidor para desarrollar un sistema de detección de fallas en el pavimento de bajo costo, con un enfoque particular en caminos de bajo volumen. Debido a la vista oblicua de los datos de video capturados en la parte delantera del automóvil, los algoritmos de detección de grietas existentes que están hechos a medida para la vista, no se pueden usar directamente. En su lugar, se propuso y desarrolló un sistema de detección de peligro de pavimento basado en video (VPADS), que incluye un flujo de trabajo de procesamiento automático de datos al definir primero una región

de interés (RoI) a través de un ajuste de línea sólido de los dos carriles laterales. La condición del pavimento se puede evaluar dentro del RoI mediante la implementación de un filtro de detección de crestas de múltiples escalas seguido de un análisis de contorno de límites. Dado que el sistema VPADS propuesto está diseñado para fines de detección preliminar, cada escena de imagen de video examina si existe alguna característica potencial de grietas o fallas. Se probó el sistema propuesto en datos de video recopilados para dos carreteras de bajo volumen (autopista 624 y 668) en la región del norte de Ontario, Canadá. La precisión general de detección de grietas y fallas arrojó un 80 %. En lugar de reemplazar la inspección de campo tradicional o el sistema de evaluación de pavimentos multisensor de gama alta, el sistema VPADS propuesto tiene como objetivo proporcionar una solución de detección asistida por computadora para las autoridades de transporte de una vasta red de carreteras / carreteras rurales y con un presupuesto de inspección limitado. El alcance del trabajo se puede ampliar aún más mediante el desarrollo de una red de inspección de detección colectiva creada por cualquier usuario habitual de la carretera, que también puede actuar como proveedor de datos para el sistema de detección de daños en el pavimento regional o municipal (11).

### 2.1.2. Antecedentes nacionales

Por otro lado, **SALAZAR TELLO**, **Anghelo Alexis** (2019), Trabajos de suficiencia profesional, 2018. 117Salazar (4), en su tesis, evaluó el pavimento flexible mediante el método PCI cuya finalidad fue proponer alternativas de mejora para la transitabilidad de la carretera Pomalca. El objetivo del estudio fue la evaluación de las patologías del pavimento flexible. En la metodología se utilizaron fichas de evaluación para el pavimento flexible. Se llegó a la conclusión que los niveles de severidad de fallas son exudación media, hundimiento bajo, abultamiento y hundimiento bajo. Como recomendación se aconseja realizar mantenimiento rutinario para las fallas localizadas en la carretera Pomalca (4).

Así mismo, MUÑOZ SALAZAR, Luis AngeL (2018), realizó su tesis, cuyo objetivo fue establecer el diagnóstico del pavimento flexible del tramo 3 de la carretera interoceánica Norte Perú - Brasil, mediante la aplicación del método del PCI. Como metodología se aplicó la metodología PCI para diagnosticar el pavimento flexible del tramo 3 de una carretera al norte del Perú. Se identificaron 10 tipos de fallas en el pavimento, el 98 % corresponde a las fallas de tipos transversales y longitudinales, parches, desnivel, grietas de borde. Se llegó a la conclusión que el pavimento se encontraba en un estado bueno. Se recomendó realizar ensayos de evaluación

estructural para verificar la información de la evaluación realizada con ensayos destructivos (5).

ZEVALLOS GAMARRA, Rafael Ernesto (2017), realizó un estudio que tiene como objetivo explicar el método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en algunas vías de la ciudad de Barranca, y así poder identificar y evaluar el tipo de fallas o patologías existentes y cuantificar el estado de las vías. La tesis define los conceptos de pavimento, su clasificación y explica las metodologías para el uso del método PCI. Así también, trata de las fallas más comunes que afectan a los pavimentos urbanos flexibles. Se explica el procedimiento del método: el muestreo de unidades, el cálculo del PCI, los criterios de inspección, etc. Preservar las vías existentes en la ciudad de Barranca, es de suma importancia y más que eso, es responsabilidad de los ingenieros brindar métodos que permitan cumplir con esta misión; es de esta manera que, la presente tesis, pretende mostrar un método de cuantificación de los deterioros superficiales existente en algunas calles de la ciudad de Barranca; pudiendo ser aplicado a la mayoría de calles de la ciudad, lo que permitirá que se pueda implementar y planificar políticas de mantenimiento adecuadas (12).

En su tesis, RODRÍGUEZ VELÁSQUEZ, Edgar DanieL (2017), indica que conocer el estado de deterioro que tiene una vía es un componente vital en el sistema de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante este se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento. Existe un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de índice de condición actual se conseguirá una proyección exacta; es así, que luego de investigar varias metodologías para la cuantificación del estado actual de un pavimento, se ha decidido aplicar la que se encuentra estandarizada por medio de la norma ASTM D 6433, "Standart practice for roads and parking lots pavement condition index surveys", o PCI (13).

VÁSQUEZ VARELA, Luis Ricardo (2002), en su manual indica que el PCI fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Srs. Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, con el objeto de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles a través del PCI. Esta metodología tiene como objetivo primordial establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos y concreto simple o reforzado. Se

basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, donde se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro (14).

LEGUÍA; PACHECO (2016), los trabajos de investigación tienen como finalidad evaluar la superficie del pavimento flexible de las vías Cincuentenario, Colon y Miguel Grau haciendo uso del método PCI, para identificar en qué condiciones se encuentra dicho pavimento. El método PCI establece el modo más eficiente para poder evaluar y calificar de mejor manera el estado del pavimento, estando largamente aceptada de dónde se adopta como un método normalizado, publicándose por ASTM como método de análisis y evaluación. Realizándose con la finalidad de poder contar con un Índice de integridad estructural del pavimento flexible y del estado operativo de la plataforma de rodadura, índice que cuantifica la condición en la que el pavimento se encuentra para su posterior mantenimiento. Los resultados obtenidos luego de realizar la evaluación superficial del pavimento haciendo uso del método PCI, se deduce que el estado de preservación de la Av. Cincuentenario registra un PCI de 51.84, el cual se considera como Regular, por otro lado, la Av. Colón y Miguel Grau registra un PCI de 59.29 el cual es considerado como Bueno (15).

### 2.1.3. Antecedentes locales

PINEDO VELIZ, Juan Carlos Dimas (2017), plantea, en su trabajo de investigación, su objetivo central, es la de realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de la vía mencionadas aplicando el método PCI, con la finalidad de poder determinar la condición del pavimento flexible existente. El método del PCI, es el método más completo para la evaluación de y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, así mismo ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación. Se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie, valor que cuantifica el estado en que se encuentra el pavimento para su respectivo tratamiento y mantenimiento. Se determinó que el 100 % de la vía no ha sido evaluada; por otro lado, con la aplicación del método PCI, identificando los parámetros de evaluación, estableciendo el índice de condición el pavimento, por último, se puede realizar la evaluación superficial del pavimento para obtener el estado de conservación de la vía en estudio. En conclusión, una vez realizada la evaluación superficial del pavimento flexible mediante el método PCI se tiene como resultados que el estado de conservación del pavimento en la Av. La Cultura es "Bueno" con un PCI de 63 para la sección 1 y para la sección 2 de 46 (6).

MOZO BARRANTES, Wilder Vidal; QUISPE MENDOZA, Arnold Johnny (2019), en su trabajo de investigación lo realiza en la evaluación superficial del pavimento flexible en el circuito humedal Lucre-Huacarpay, el cual es muy importante por ser un lugar de preservación natural de ecosistemas y diversidad biológica, por otro lado, este lugar es conocida internacionalmente, Lo que lo categoriza como un destino atractivo de viajes. El pavimento presenta deterioros y fallas, el cual no permite una condijo de Operacionalidad buena ni una servicialdad adecuada para transitabilidad vehicular, es por tal motivo que nace la necesidad de determinar el grado de deterioro del pavimento flexible y su índice de severidad. Para este fin se hizo uso de dos métodos muy confiables que hoy en día son muy utilizados para la evaluación de pavimentos, el primero es el método PCI que proporciona un valor numérico de la condición actual del pavimento flexible y un segundo método innovador mediante el aplicativo Roadroid para determinar el índice de serviciabilidad. Los resultados de la evaluación del pavimento flexible en esta investigación expresan que, en los 8.27 km de pavimento se tiene un valor numérico de PCI = 22.87, lo que representa que la carpeta de rodadura del pavimento flexible se halla en un estado "Muy Malo" según la condición de calificación de la metodología PCI. Así mismo, haciendo uso de la sistemática del índice de serviciabilidad presente (PSI) mediante el aplicativo Roadroid se alcanzaron los siguientes valores numéricos de serviciabilidad: PSI = 2.814 (sentido de ida) y PSI = 2.813 (sentido de vuelta) manifestando de esta forma un índice de serviciabilidad "Regular". Haciendo la valoración adecuada de los resultados obtenidos se plantea como alternativa de solución una "Rehabilitación Superficial" la cual consiste en la incorporación de una carpeta delgada de mezcla asfáltica en caliente sobre la superficie existente (7).

# 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. Pavimentos

Se denomina pavimento a la estructura que está formada por varias capas de material seleccionado y se ubican una sobre otra quienes captan directamente las cargas ejercidas por vehículos que transitan, para luego transmitirlas uniformemente al suelo disipándose, las capas convienen compactarlas adecuadamente hasta obtener la resistencia requerida; los pavimentos proporcionan una superficie de rodadura óptimas para el buen funcionamiento, donde tenga la capacidad de resistir las cargas en el transcurso de su vida útil a la que fue diseñado (16).

Las condiciones mínimas necesarias para el buen funcionamiento deberán contar con lo siguiente:

- Los anchos de vías apropiadas
- Resistencia al deslizamiento y cargas del tráfico
- La adherencia excelente y conducción del agua buena

Por otro lado, protegerá a las plataformas de las precipitaciones y la agresividad climática.

Los esfuerzos al que son sometidos el pavimento, debido al tránsito vehicular disminuye a medida que detalla, es por lo que los materiales que se utilizan deben ser de mayor resistencia y son las que se colocan en la parte superior y en parte inferior las de menor resistencia a las cargas, de modo que se obtienen pavimentos de bajo costo.

La estructura del pavimento está formada por diferentes capas, como son la base y sub base, ya que al indicar el espesor de la carpeta de rodadura se busca que este sea el recomendado por las normas para poder disminuir las cargas en las capas siguientes (16).

El espesor de las capas que conforman el pavimento dependerá del material del cual estará conformada, del grado de compactación y la humedad necesaria, de donde estas últimas dependerá el grado de resistencia que alcance el pavimento, ya que la mayoría de las fallas y deformaciones se generan por una mala compactación y abundante presencia de humedad, fundamentalmente se conocen dos tipos de pavimentos, los rígidos y los flexibles (16).

La diferencia entre estos dos tipos de pavimentos se encuentra básicamente en el material empleado y su comportamiento frente a las cargas (16).

Como se conoce, el pavimento rígido es una mezcla de concreto hidráulico, por otro lado, el pavimento flexible está compuesto por una mezcla bituminosa o concreto asfáltico en su superficie (16).

### 2.2.2. Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles o asfálticos están conformados por capas granulares (base, subbase), cubiertas por una superficie de concreto asfaltico (carpeta asfáltica) (17).

La parte superior de la vía se denomina carpeta asfáltica o pavimento flexible, que está conformada por una mezcla bituminosa, se coloca hasta en dos capas sobre la superficie granular conformada, compactada y pavimento, donde toma el nombre de capa de rodadura o área intermedia, en el bitumen asfáltico es esencial contar con la cantidad adecuada de asfalto, ya que mediante este elemento se forma la membrana que contenga las características necesarias para ser resistente a la carga de transitabilidad y los abruptos cambios climáticos (17).

Por otro lado, la carpeta intermedia ofrece al pavimento las características necesarias para su funcionabilidad, la cual es disipar los esfuerzos horizontales y verticales, las características de pavimento flexible como la altura y el tipo del asfalto depende de la transitabilidad que circulará por el lugar de donde se tiene en cuenta (17).

Tabla 2. Tipo de carpeta asfáltica según intensidad de tránsito

Intensidad del tránsito pesado en un solo sentido	Tipo de carpeta		
Mayor de 2000 veh./día	Mezcla en planta de 7.5 cm de espesor mínimo.		
1000 a 2000 veh./día	Mezcla en planta de 5 cm de espesor mínimo.		
500 a 1000 veh./día	Mezcla en planta de 5 cm de espesor como mínimo.		
Menos de 500 veh./día Tratamiento superficial simple o m			

Nota: tomada de Asfaltos IH, 2017

La altura de la base que se recomienda para pavimentos con una capacidad de transitabilidad menor a 1000 vehículos es de 12 cm, para pavimentos con tránsito mayores es de 15 cm.

La subbase se encuentra entre la base y la subrasante, la cual tiene la función de un apoyo óptimo para la siguiente capa, que impermeabiliza evitando que la humedad del suelo aflore a la superficie (17).

### A. Ciclo de vida de los pavimentos

Los pavimentos son muy costosos que requieren mantenimiento y reparación en el transcurso de vida con la finalidad de poder conservar los niveles de calidad y así poder extender el periodo de su vida útil, la falla de un pavimento se genera desde la capa inicial, con fallas progresivas, llegando a causar un deterioro total. Por tal motivo, los pavimentos tienen un periodo de servicio programado, a esta programación se llama ciclo de vida útil (6).

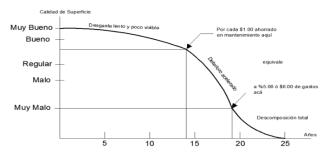


Figura 2. Etapas de deterioro en pavimento flexible (6)

El ciclo de vida del pavimento puede clasificarse en cuatro etapas, estas son:

Tabla 3. Etapas de deterioro del pavimento flexible

	Es la etapa en la que el pavimento se encuentra en excelente estado
Etapa 1:	cumpliendo así los requerimientos técnicos de calidad indispensables
construcción	que satisfaga a los usuarios. Los costos de ejecución hasta esta etapa
	es la conformación del paquete estructural.
	Es la etapa en la que el pavimento presenta fallas superficiales leves
	progresivas con el paso de los años, las fallas de esta etapa ya son
Etapa 2:	consideradas poco viables, imperceptible para los usuarios.
deterioro	Normalmente las fallas de mayor severidad se producen en la
imperceptible	superficie por motivos que están expuestas a la inclemencia del
	tiempo. Para aminorar la severidad de las fallas se hace ineludible
	ejecutar trabajos de mantenimiento y conservación.
Etono 2.	Es la etapa más corta, porque la severidad de la falla acelera.
Etapa 3:	La calidad del pavimento: esta etapa es corta, ya que la destrucción del
deterioro	pavimento es muy rápida. El estado del pavimento se altera de regular
acelerado	a muy grave.
Etomo 1.	Es la última etapa en donde resalta la falla más grave del pavimento,
Etapa 4:	periodo en la que el tránsito es muy bajo y los vehículos empiezan a
deterioro total	presentar daños en las llantas.

Nota: tomada de Evaluación superficial de la condición y serviciabilidad del pavimento flexible (7)

## B. Factores que afectan de forma directa a los pavimentos

Los componentes que, aparte de los procedimientos y la garantía de un pavimento, que influyen de manera sobresaliente al pavimento se toman en cuenta en las siguientes tres características

# Características de los materiales que construyen la capa subrasante

El material del que está compuesto la capa subrasante de una vía juegan un papel importante al momento del comportamiento de la vía con relación a la altura requerida del pavimento. Por lo que se tiene que definir la estructura de los materiales para lo que se aplicará información sobre mecánica de suelos, ya que el pavimento se encuentra dentro de la especialidad desde el terraplén hasta la base, del cual su características mecánicas e hidráulicas determinan un inconveniente en el proceso de pavimentación.

### a) El clima

El elemento climatológico que daña a los pavimentos son las precipitaciones pluviales directamente y aumento de los niveles freáticos (1).

Normalmente en los proyectos de pavimentación se toman los diseños, considerando las obras de arte adicionales de evacuación de aguas pluviales y drenajes, muy a parte de los ya proyectados, esto con la finalidad de poder garantizar la vida útil del pavimento (1).

Las temperaturas y cambios bruscos ocasionan daños en los diseños de los pavimentos, por lo que provocan cargas mayores sobre la estructura (1).

En el Perú, el servicio vial viene trabajando con datos climáticos a nivel nacional emanada por el Sistema Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi). De donde se obtienen los datos proporcionados de la metodología de diseño habitual, de las temperaturas por sectores de acuerdo a los pisos ecológicos que se encuentran cubiertas (1).

### b) El tránsito

La transitabilidad de los vehículos genera las cargas a las cuales el pavimento se encuentra sometido, con relación a los diseños del pavimento en necesario saber la dimensión de las cargas, las presiones de las llantas, como la superficie afectada, conocer las frecuencias, el aforo y las fricciones que serán ejercidas (1).

### c) Conocimiento de la demanda para estudio

La necesidad de los usuarios es importante donde el profesional debería tener conocimiento con exactitud, con la finalidad de poder plantear y diseñar de mejor manera las formas viables, dentro de todos el de diseñar un pavimento y la plataforma de la vía (1).

La evaluación de la transitabilidad vehicular facilitará los datos del índice medio anual (IMDA), de los tramos del camino que se encuentra en evaluación (1).

### d) Temperatura

Uno de los discernimientos más importantes a tener en consideración será que regularmente en los lugares de mayor altitud en el Perú, los cambios bruscos de temperatura en los pavimentos en los meses de abril a octubre varían en el rango de 30

grados centígrados, mayormente con presencia de heladas e intensa radiación solar y ventiscas frígidas (1).

Los cabios bruscos del clima ayudan en las malformaciones de las superficies asfálticas, produciendo tensiones en los pavimentos flexibles. Donde las temperaturas bajas ayudan en la formación de agrietamientos por fatiga, además de que las altas temperaturas y con el apoyo de vehículos de alto tonelaje ayudan a generar el ahuellamiento en la superficie del pavimento flexible (1).

En relación a los diferentes pisos altitudinales del país se tendrá que elegir la colocación del asfalto con diferentes condiciones de penetración, de acuerdo al cuadro que se indica sobre la elección de la calidad de material asfaltico del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (1).

Tabla 4. Cuadro del tipo de material asfáltico

		Temperatura media	anual	
24 °C a más 40 - 50	24 °C a 15 °C	15 °C a 5 °C	Menos de 5 °C	
10 30		85 - 100		
60 - 70	60 - 70	120 - 150	Asfalto modificado	
Modificado				

Nota: tomada del MTC (1)

## e) Las precipitaciones de lluvias

Las precipitaciones pluviales dañan de sobre manera las capas de un pavimento, de forma directa por la presencia sobre la superficie del pavimento, filtrando a las capas posteriores, esto sucede por la ubicación de recursos hídricos cerca a la vía o discurrimientos por la superficie o subterráneas, que incrementan el nivel freático en el pavimento de la vía, que puede ser modificado de acuerdo al de lluvias. El alto nivel hidráulico con la que se puede contar cerca de la estructura del pavimento ocasiona desestabilización por capilaridad del material en uso (3).

## C. Tipos de daños en pavimentos flexibles

De acuerdo a los documentos de verificación ocular de los pavimentos flexibles se clasifican de la siguiente manera (3).

### a) Definición de los tipos de daños en pavimentos flexibles

Las fallas observables en la superficie de una carpeta asfáltica se pueden encontrar cinco grandes grupos:

**Fisuras** 

Deformaciones

Pérdidas de capas estructurales

Daños superficiales

Otros daños

En cada grupo se pueden identificar diferentes fallas que son originados por diferentes factores, una parte de estos se han identificado bibliográficamente, gran parte de estas fallas se han identificado por trabajos en campo y laboratorios. En el presente documento se indican y definen singularmente cada una de las fallas y su gravedad que son categorizadas como Baja, Media y Alta, la manera de medir las fallas y su cuantificación de las medidas, añadido a estos datos un panel de figuras que ayuden a los lectores contar con la mayor información posible sobre las fallas superficiales que se puedan identificar en el proceso de evaluación típica (3).

### **Fisuras**

### Fisuras longitudinales y transversales (FL, FT)

Son consideradas las discontinuidades en la superficie asfáltica, en la misma dirección del tránsito o transversales a él. Son indicadores que existen esfuerzos en tensión en sectores de la estructura del pavimento, quienes superan la resistencia del material afectado, la identificación de las fallas dentro de la plataforma es un indicio del motivo de su concepción, por lo que se hallan en lugares que se encuentran sujetas a cargas que son concernientes con la problemática de la fatiga del pavimento (18).

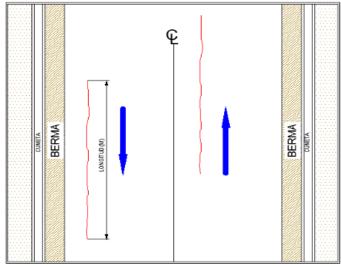


Figura 3. Longitudinal (FL Unid: m) (18)

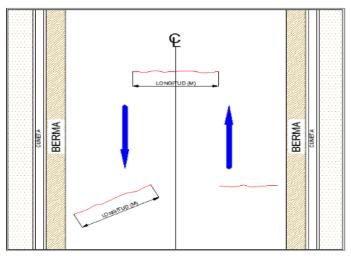


Figura 4. Fisura transversal (FT Und: m) (18)

## **Severidades**

**Baja**: son consideradas las grietas menores a 1 mm, cubiertas o selladas y en buen estado.

**Media**: son consideradas las grietas que tienen entre 1 mm y 3 mm, donde se puede encontrar agrietamientos con modelos de diferente severidad baja en los costados de la carpeta asfáltica, las cuales pueden producirse los desportillamientos, existiendo una alta probabilidad de filtración de agua a través de estas.

Alta: son consideradas las grietas mayores a 3 mm, las cuales generan los agrietamientos considerables con modelos irregulares de severidad entre media y alta las cuales generan movimientos abruptos de los vehículos.

### Unidad de medición

Su unidad de medida es el metro (m).

## Fisuras en juntas de construcción (FCL, FCT)

Se refiere a los agrietamientos longitudinales, ocasionados por la inadecuada construcción de las juntas de construcción del pavimento flexible u ocasionadas por los tramos de continuidad, que se ubican normalmente en los ejes de la vía concordando los anchos de los carriles de la superficie asfáltica.

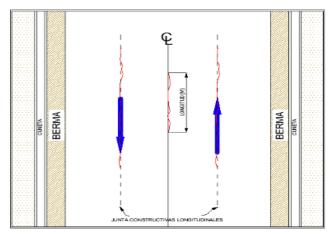


Figura 5. Fisura longitudinal de junta de construcción (FCL Und: m) (18)

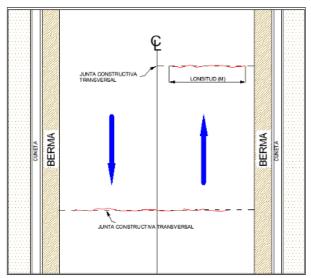


Figura 6. Fisura transversal de junta de construcción (FCT, Und: m) (18)

## Severidades y unidades de medición

Las severidades se consideran igual que los agrietamientos.

Fisura por reflexión de juntas o grietas en placas de concreto (FJL o FJT)

Las fisuras de deflexión de juntas se observan en lugares donde se instala el pavimento flexible sobre la superficie de un pavimento rígido, estas fisuras se manifiestan por la continuidad de las juntas del pavimento rígido, en este caso se observa una base regular de las juntas, por otro lado, también se manifiestan las grietas que cuenta la placa del pavimento rígido, que son prolongadas al pavimento flexible, estas se consideran como matriz irregular.

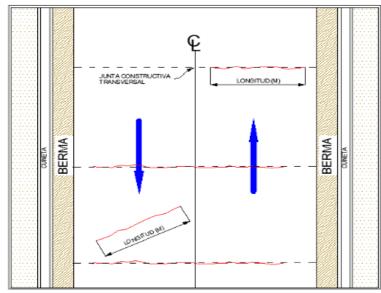


Figura 7. Fisura por reflexión de juntas en placa de concreto (FJL o FJT, Unidad de medida: m) (18)

# Severidades y unidad de medición

En el caso de la severidad se tendrán los mismos criterios aplicados en las grietas longitudinal y transversal.

# Fisuras en medialuna (FML)

Este tipo de agrietamientos o fisuras cuentan con una forma de arco o parabólico, generalmente se encuentran junto con los hundimientos.

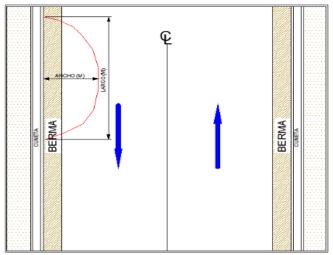


Figura 8. Fisura en media luna (FML, Und: m²) (18)

En el caso de la severidad se tendrán los mismos criterios aplicados en las grietas longitudinal y transversal.

## Unidad de medición

La unidad de medida tendrá que registrarse por metro cuadrado (m²)

## Fisuras de borde (FBD)

Este tipo de falla se refiere a los agrietamientos que tienen una forma longitudinal o semicircular ubicado en los bordes de la vía, esta se observa generalmente a falta de bermas o por desniveles del pavimento y la berma.

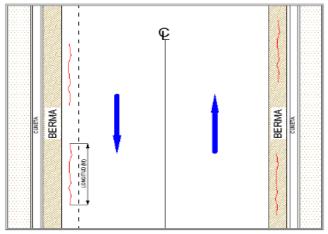


Figura 9. Fisura de borde (FBD, unidad de medida: m) (18)

## Severidades y unidad de medición

En el caso de la severidad se tendrán los mismos criterios aplicados en las grietas longitudinal y transversal.

### Fisuras del bloque (FB)

Este tipo de fallas se refiere cuando se observa la fragmentación en bloque de forma rectangular.

Esta falla es diferente a la de la piel de cocodrilo en que este se manifiesta en áreas que se encuentran sometidas a cargas, a diferencia de las fallas en bloque desarrolla piel de cocodrilo por efecto de la transitabilidad.

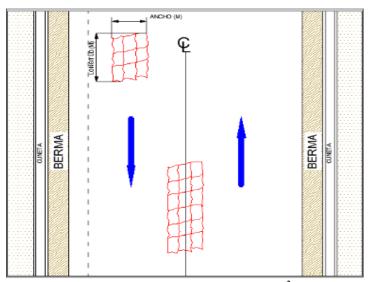


Figura 10. Fisura por bloque (FB, Und: m<sup>2</sup>) (18)

#### **Severidades**

**Baja**: se identifica de esta manera cuando apenas se pueden identificar los bloques, con grietas de 1 mm.

**Media**: se clasifica así cuando se observa que los bloques se encuentran caracterizados con grietas de 1 mm a 3 mm, pudiendo tener grietas en el borde.

**Alta**: se clasificará de esta manera cuando los bloques presentan agrietamientos mayores de 3 mm, observándose desprendimiento de borde.

#### Unidad de medición

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²)

### Piel de cocodrilo (PC)

Corresponden a grietas conectadas a matrices desiguales, normalmente ubicadas en zonas que se encuentran en constante esfuerzo a carga, las grietas se inician en la parte inferior de la carpeta asfáltica lugar en donde los esfuerzos a tracción son mayores cuando se tienen trabajos de cargas. Las grietas se extienden hacia la parte superficial del pavimento a manera de grietas longitudinales paralelas. Frente a la constante caga de tránsito, las grietas consolidan, generando figuras anguladas, que se asemejan a la piel de cocodrilo, estas grietas generalmente llegan a tener menos de 30 cm. Por otro lado, estas fallas se observan en lugares donde se tiene presencia de deformaciones en el pavimento que no se relaciona con fallas estructurales.

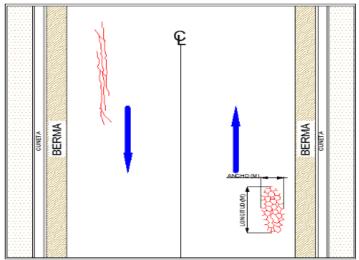


Figura 11. Fisura de piel de cocodrilo (FC, Und: m²) (18)

#### **Severidades**

**Baja**: se considera de esta manera a las grietas que tienen hasta 3 mm.

**Media**: serán consideradas las grietas que cuentan con formas de polígonos y cuentan con ángulos, con grietas pronunciadas mayores a 3 mm.

**Alta**: se considera a las fallas que tienen más 5 mm, donde se observa mayor desgaste en los bordes y bloques.

#### Unidad de medición

La unidad de medida será el metro cuadrado (m²)

## Fisuración por deslizamiento de capas (FDC)

Estas fisuras se presentan en forma de semicírculo o en media luna, con arcos identificados y en relación con los esfuerzos de tracción que es generada por los neumáticos de los vehículos sobre la carpeta asfáltica, estas fallas se producen por los actos de aceleración y frenados de los vehículos, lo que genera que la carpeta asfáltica se deslice y deforme. Normalmente se puede observar en lugares de mayor pendiente, curvas o cruces.

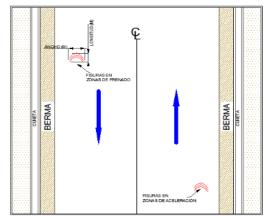


Figura 12. Fisura por deslizamiento de capas (FDC, und: m²) (18)

#### **Severidades**

Los niveles de severidad serán parecidos a las de los agrietamientos longitudinales y transversales.

**Bajas**: se calificará de esta manera a las grietas que tenga menor a 1 mm de espesor.

**Media**: se considera de esta manera a grietas que cuenten entre 1 mm a 3 mm de espesor.

Alta: se considerará a grietas que sean mayores a 3 mm de espesor.

#### Unidad de medición

La unidad de medida de esta falla será en metros cuadrados (m<sup>2</sup>).

## Fisuración incipiente (FIN)

Se considera de esta manera a las fallas que se observan de forma continua y cerrada donde, normalmente, no se conectan entre sí, la falla se genera

superficialmente. Este se considera como un daño leve, que no cuenta con grado de severidad.

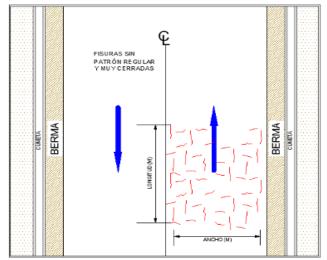


Figura 13. Fisura incipiente (FIN, und: m²) (18)

## Unidad de medición

La unidad de medida para esta falla será el metro cuadrado (m²).

## **Deformaciones**

## **Ondulaciones (OND)**

Estas fallas se conocen como corrugación o rizado, esta falla se caracteriza por contar con ondulaciones en la carpeta asfáltica normalmente paralelas al eje de la vía, con dimensiones menores a 1.0 m.

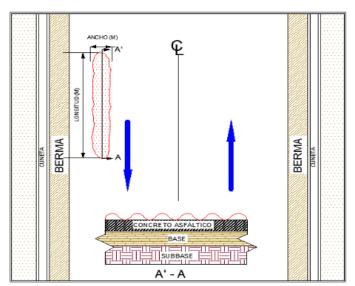


Figura 14. Fisura incipiente (FIN, und: m²) (18)

En este caso la severidad se indicará de la siguiente manera.

**Baja**: se considera de esta manera las fallas que presenten profundidades menores de 10 mm, las cuales generan mínima intensidad de vibración al vehículo.

**Media**: se considera de esta manera las fallas que presenten profundidades entre de 10 mm y 20 mm, las cuales generan considerable intensidad de vibración al vehículo.

Alta: se considera de esta manera las fallas que presenten profundidades mayores de 20 mm, las cuales generan vibración excesiva que genera la incomodidad de los usuarios, teniendo la necesidad de reducir la velocidad.

#### Unidad de medición

La unidad de medida de esta falla será el metro cuadrado (m²).

## Abultamiento (AB)

Esta falla se caracteriza por los abultamientos o prominencias que se observa en la superficie de rodadura, estas se presentan abruptamente invadiendo áreas considerables, en algunos casos acompañados por grietas.

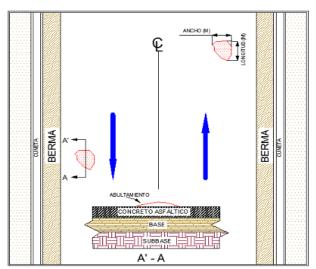


Figura 15. Abultamiento (AB, und: m) (18)

## Severidades y unidad de medición

Para estas fallas se aplicarán las mismas características de severidad de las ondulaciones.

## **Hundimiento (HUN)**

Estas fallas se caracterizan por contar con depresiones identificadas en la superficie de la carpeta asfáltica con relación a la rasante. Este tipo de fallas puede crear problemas de estabilidad a los vehículos con mayor severidad si estos poseen agua, estas fallas tienen una orientación longitudinal o paralela a la dirección del tránsito.

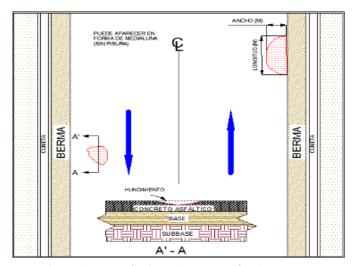


Figura 16. Hundimiento (HUN, und: m) (18)

#### **Severidades**

**Baja**: se calificará de este modo a fallas que presenten hundimientos menores a 20 mm, que genera mínima vibración a los vehículos.

**Media**: se calificará de este modo a fallas que presenten hundimientos entre 20 mm a 40 mm, que genera mayor vibración a los vehículos.

Alta: se calificará de este modo a fallas que presenten hundimientos mayores a 40 mm, que genera un alto grado de vibración a los vehículos, incomodando al usuario y teniendo que reducir la velocidad.

#### Unidad de medición

La unidad de medida que se utilizará para este tipo de falla será el metro (m).

#### Ahuellamiento (AHU)

Este tipo de falla se caracteriza por depresión generada en el lugar donde se ubica el neumático de los vehículos. Normalmente se observa elevaciones de material asfáltico en lugares paralelos a la falla.

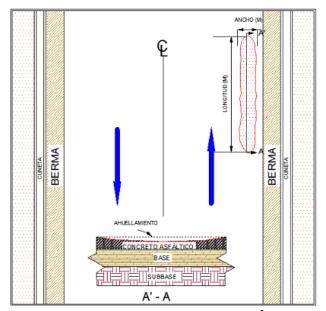


Figura 17. Ahuellamiento (AHU, und: m²) (18)

**Baja**: se considera de esta manera a fallas con profundidades menores a 10 mm.

 $\mathbf{Media}$ : se considera de esta manera a fallas con profundidades entre 10 mm a 25 mm.

Alta: se considera de esta manera a fallas con profundidades mayores a 25 mm.

## Unidad de medición

La unidad de medida que se considera para este tipo de falla será el metro cuadrado  $(m^2)$ .

## Pérdida de las capas de la estructura

## a) Descascaramientos (DC)

Este tipo de fallas se caracterizan por el desprendimiento de la superficie de la carpeta asfáltica, sin afectar a las capas inferiores.

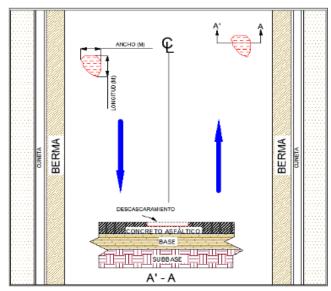


Figura 18. Descascaramiento (DC, und: m<sup>2</sup>) (18)

**Baja**: se considera de esta forma a las fallas con profundidades menores a 10 mm.

**Media**: se considera de esta forma a las fallas con profundidades entre 10 mm y 25 mm.

**Alta**: se considera de esta forma a las fallas con profundidades mayores a 25 mm.

#### Unidad de medición

La unidad de medida para este tipo de fallas será el metro cuadrado (m²).

## Baches (BCH)

Este tipo de fallas se caracteriza por la desintegración del pavimento flexible en el cual se puede evidenciar el material granular, el cual conlleva a la severidad de esa falla.

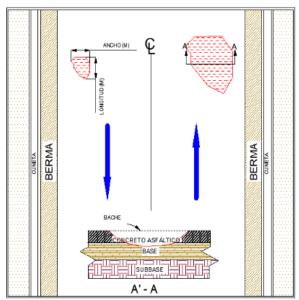


Figura 19. Bache (BCH, und: und) (18)

**Baja**: se considera de esta forma a las fallas con profundidades menores a 25 mm, que consta por el desprendimiento de capas delgadas del pavimento.

**Media**: se considera de esta forma a las fallas con profundidades entre 25 mm a 50 mm, en este grado de severidad se observa expuesta el material de la base.

**Alta**: se considera de esta forma a las fallas con profundidades mayores a 50 mm, en este grado de severidad se puede observar con mayor intensidad el material granular.

#### Unidad de medición

La unidad de medida de esta falla es unidad (Und.).

#### Parche (PCH)

Este tipo de falla se caracteriza por ser sectores donde el pavimento inicial es eliminado para ser repuesto con material igual o diferente, por diferentes motivos sea para reparación de la estructura o colocación de servicios básicos.

Aun si esta área no presentara fallas al momento de la evaluación, será importante.

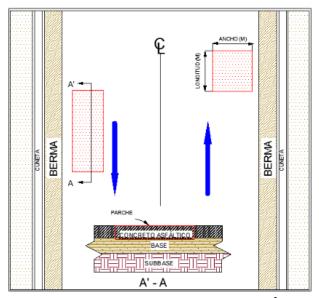


Figura 20. Parche (PCH, unidad de medida: m²) (18)

**Baja**: se considera de esta forma al parcheo que se encuentra en condiciones óptimas.

**Media**: se considera de esta forma al parcheo que presenta deterioros y malformaciones en los bordes.

Alta: se considera de esta forma al parcheo que se encuentra en malas condiciones de transitabilidad, el cual requerirá un nuevo reparado.

### Unidad de medición

La unidad de medida de este tipo de fallas es el metro cuadrado (m<sup>2</sup>).

#### Daños superficiales

### Pérdida de agregado o desprendimiento de agregado (PA)

Este tipo de fallas se caracteriza por la desintegración del material granular de la capa de rodadura, formando una plataforma más rugosa en donde se pueden observar los desprendimientos del agregado, exponiendo a los componentes del pavimento a esfuerzos de tracción propios de la transitabilidad vehicular y el interperismo.

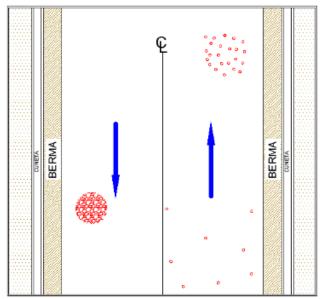


Figura 21. Pérdida de agregado (PA, und: m²) (18)

**Baja**: se considera de esta forma a las fallas donde se ha comenzado a tener pérdidas del agregado.

**Media**: se considera de esta forma a las fallas donde se observa mayor desprendimiento del agregado.

**Alta**: se considera de esta forma a las fallas donde se observa desprendimientos extensivos de material fino y grueso generando superficies rugosas.

## Unidad de medición

La unidad de medida de esta falla será el metro cuadrado (m²).

## Pulimento del agregado (PU)

Este tipo de fallas se caracteriza por contar con superficies planas del agregado o la falta de agregado angulados, en estos casos se cuenta con la falta de resistencia al deslizamiento.

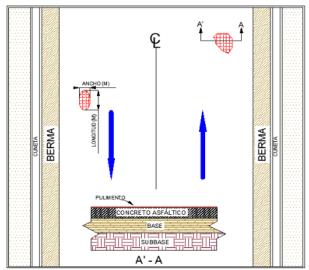


Figura 22. Pulimento de agregado (PU, unidad de medida: m²) (18)

## Unidad de medición

La unidad de medida para esta falla es el metro cuadrado (m²).

## Exudación (EX)

Esta falla se caracteriza por presentar películas o afloramiento del material ligante asfáltico a la superficie de la carpeta asfáltica, normalmente este tiende a brillar, siendo resbaladiza, esto puede afectar a la resistencia al deslizamiento.

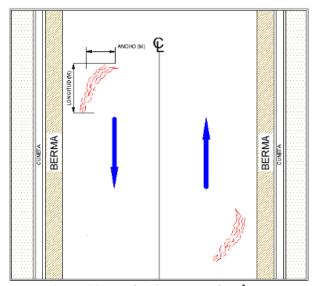


Figura 23. Exudación (EX, und.: m²) (18)

## Severidades

La severidad de esta falla se mide de acuerdo a la altura de la película del asfalto exudado.

**Baja**: Se considera de esta forma cuando la película de exudación de visibiliza donde su espesor es delgado que no llega a recubrir a los agregados.

**Media**: Se considera de esta forma cuando la superficie cuenta con exceso de asfalto libre conformando una película que recubre parcialmente el agregado, tornándose pegajoso en temporadas de mayor temperatura.

Alta: Se considera de esta forma cuando se tiene una cantidad mayor de asfalto en la superficie cubriendo la totalidad de los agregados grueso, el cual genera una apariencia húmeda de coloración tornándose pegajosa en temperaturas altas.

#### Unidad de medición:

La unidad de medida para esta falla será el metro cuadrado (m2).

#### 2.3. Definición de términos básicos

**Fallas superficiales:** las fallas son el resultado de interacciones complejas de diseño, materiales, construcción, tránsito vehicular y medio ambiente (12).

**Pavimento:** el pavimento es un elemento estructural que se encuentra apoyado en toda su superficie sobre el terreno de fundación llamado subrasante. Esta capa debe estar preparada para soportar un sistema de capas de espesores diferentes, denominado paquete estructural, diseñado para soportar cargas externas durante un determinado período de tiempo (12).

**Desplazamiento:** los desplazamientos son distorsiones de la superficie, originados por desplazamientos de mezcla. Son corrimientos longitudinales y permanentes de un área localizada del pavimento formando una especie de "cordones" laterales (12).

**Transitabilidad:** calidad aceptable de la superficie de rodadura, la estética de la pista y la seguridad que brinda al usuario (12).

**Grietas:** las grietas son manifestaciones muy frecuentes de fallas causadas por la contracción del concreto, expansión de las losas de pavimento, defectos de suelo de fundación, acción de cargas de tráfico, falta de juntas de expansión, contracción o de construcción (12).

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Método y alcance de la investigación

## 3.1.1. Métodos de investigación

La metodología de investigación son instrumentos que los investigadores hacen uso con la finalidad de obtener y analizar los datos. Donde se incluye el muestreo, los cuestionarios, los estudios de casos, los ensayos, y el enfoque, para la elección del método en un trabajo de investigación se predetermina por la problemática a resolver, y por los datos que se puedan obtener. De donde se pueden identificar los siguientes métodos de investigación: cuantitativos, cualitativos o mixtos, En este caso, en el trabajo de investigación se utilizó el método cuantitativo (19).

**Orientación de investigación:** la orientación que se le dio al trabajo de investigación es básica aplicada, porque se evaluaron los problemas que aqueja con respecto al estado de deterioro de la vía en investigación (20).

**Enfoque de investigación:** el enfoque que se le dio al trabajo de investigación fue el cuantitativo, fue así porque los datos obtenidos del análisis de PCI fueron categorizados en siete diferentes escalas que se identificaron numéricamente, donde estuvieron ubicados en un intervalo de 0 a 100 (20).

### 3.1.2. Tipo y nivel de investigación

**Tipo de investigación:** el tipo de investigación que se determinó es descriptiva, porque en este caso se describieron las fallas identificadas en el pavimento, Este trabajo de investigación se fundamentó en dar soluciones adecuadas para el problema identificado, que fue el de determinar la influencia de las fallas en la transitabilidad de la vía nacional tramo San Salvador – Pisac, también se consideró como descriptiva, puesto que identificaron las características de las fallas y su severidad en el pavimento flexible de manera objetiva en el campo, por lo que de esta evaluación objetiva del tramo en estudio se tuvo la posibilidad de poder tomar las mejores decisiones en cuanto a su mejoramiento y mantenimiento de la vía.

**Nivel o alcance:** el nivel que se consideró en este trabajo de investigación es relacional, porque las fallas estuvieron relacionadas con la calidad de la transitabilidad (20).

**Diseño de investigación:** el diseño planteado para esta investigación es la no experimental, porque no fue necesario realizar trabajos de laboratorio o trabajos experimentales para poder obtener los resultados (20).

#### 3.1.3. Procedimiento de recolección de datos

Para el proceso de ejecución del proyecto se contó con un diseño de investigación no experimental, por lo que no se modificó la variable PCI.

El tramo por evaluar constó de una distancia de 12 Km cada carril, teniendo un total de pavimento evaluado de 24 Km en ambos carriles.

Por lo tanto, fue necesario dividir por tramos con la finalidad de que el trabajo de investigación sea el adecuado para la evaluación y el análisis de la influencia de las fallas en la transitabilidad, por otro lado, poder identificar su severidad, afectando en el pavimento flexible.

Habiéndose tomado los datos de campo de la vía nacional tramo San Salvador – Pisac, tanto de ida como la vuelta, ubicándose en la parte central del tramo que viene a ser el Km 06+00 ubicado en la Comunidad de Pillahuara Sector Morro Blanco, se empezó con el trabajo de gabinete, iniciando con el ordenado de datos obtenidos en campo de investigación de acuerdo a los tipos de fallas y su severidad de daño en el pavimento.

Obtenidos los datos de campo de acuerdo a las fichas de evaluación, se continuó con la evaluación de las fallas y su severidad mediante el método del PCI, observándose que ambos tramos tienen diferente tipo de fallas y grado de severidad encontradas, procediendo a obtener los resultados para su análisis, conclusiones y recomendaciones que alteran la normal transitabilidad sobre el pavimento flexible.

Se realizó la evaluación del pavimento flexible mediante método del PCI.

Se realizó el estudio de tráfico con la ficha del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, con la finalidad de obtener y determinar el IMDA.

#### 3.2. Diseño de la investigación

Es una investigación aplicada, porque se fundamentó en dar soluciones adecuadas para el problema identificado, que es el de determinar la influencia de las fallas en la transitabilidad de la vía nacional tramo San Salvador – Pisac, también se considera descriptiva, puesto que se identificaron las características de las fallas y su severidad en el pavimento flexible de manera objetiva en el campo, por lo que de esta evaluación objetiva del tramo en estudio, se tiene la posibilidad de poder tomar las mejores decisiones en cuanto al mejoramiento y mantenimiento de la vía.

El trabajo de investigación se enfocó de manera cuantitativa, porque se determinó el PCI, se tomaron los resultados de excelente, muy bueno, bueno, regular, malo, muy malo, y fallado, de estos resultados se tuvo la determinación de la influencia de las fallas en la transitabilidad si es significativa o no; fue de forma cuantitativa, porque los datos obtenidos del análisis de PCI fueron categorizadas en siete diferentes escalas que se identificaron numéricamente, donde estuvieron ubicados en un intervalo de 0 a 100.

## 3.3. Población y muestra

#### 3.3.1. Población

La población se trata del universo o el total en el cual se enfoca el trabajo de investigación, en este caso es el tramo por evaluar que es Pisac - San Salvador en una longitud de 12 km, por un ancho de 7 m, con código de ruta PE – 28B (17).

#### 3.3.2. Muestra

La muestra es el conjunto o parte de un universo o población del cual se realizará el trabajo de investigación, esta muestra fue obtenida mediante fórmulas, es el caso de la investigación en el camino nacional Pisac – San Salvador, para su evaluación se dividieron en secciones, cada sección se dividió en unidades muestrales, sabiendo que el área total de evaluación es de 84000 m² (17).

Para determinar la cantidad de muestras se tiene:

Sección 1 punto de inicio 00+000 al 12+000

En ambos casos se cuenta con una longitud de  $12.0~\mathrm{Km}$ , considerándose N=240, teniéndose  $50~\mathrm{m}$  por sección, considerándose +/-5~% de error.

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2 N}{E^2 (N-1) + Z^2 \sigma^2}$$

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{\frac{e^2}{4} \times (N-1) + \sigma^2}$$

Utilizando la siguiente formula se tiene que:

Longitud por evaluar = 12000 ml

Z = grado de confianza que se establece = 1.64

n = cantidad mínima de unidades muestrales

N = cantidad total de muestras en la sección = 240

e = error tolerable en la obtención del PCI (<math>e = 5 %) = 5

 $\sigma$  = desviación estándar del PCI entre las muestras = 10

#### Donde se obtiene

Numero de muestra = 40

Kilómetro en estudio = 12+000 Km

Ancho de calzada = 7.00 m

Para el intervalo de muestreo se tiene la siguiente fórmula.

## **Donde**

N = cantidad de unidades = 240 Und.

n = cantidad de unidades muestrales = 40

 $i = \frac{N}{n}$  inferior = 6 i = intervalo de muestra, considerando la cantidad

de donde i = 6

Muestra: se realizaron N = 240 n = 40 unidades muestrales con 1 intervalo de i = 6

Las tomas de datos se tomaron una sola vez.

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

**Observación:** este método de recopilación de información se realizó por medio de registro metódico, válido y veraz de procedimientos y circunstancias observables, a través de un grupo de escalas y subescalas.

En las que se realizó la observación del tipo de deterioro del pavimento flexible.

Para este trabajo se realizó por medio de formatos de toma de datos.

Los instrumentos utilizados son:

- El flexómetro
- Regla
- Conos de seguridad
- Tablero de identificación
- Wincha métrica

#### 3.4.1. Recolección documentaria

Este método de recolección documentaria se realizó con los diferentes instrumentos literarios y tecnológicos como son:

- La Internet
- Libros
- Tesis
- Artículos científicos
- Manuales

#### 3.4.2. Validación de instrumentos

Los instrumentos para la elaboración del proyecto son las fichas de observación, que ya han sido validadas.

## 3.4.3. Técnicas para el procesamiento y análisis de datos

- La evaluación de datos se realizó con formato Excel, para los distintos análisis de los datos que se tomaron.
- De la misma manera se hace uso del diagrama de barras para el análisis estadístico de datos.
- La evaluación de datos se realizó con SPSS y Excel.

#### 3.5. Procedimiento de análisis de datos

El procedimiento de análisis de datos consistió en:

La primera etapa es el trabajo de campo donde se identifican las fallas, considerando el tipo, la severidad y su extensión, las cuales se anotaron en la ficha de evaluación.

Prosiguiendo con la segunda etapa que es la de determinar los siguiente:

La clase: esta se refiere al tipo de falla que se identifica en la capa superficial del pavimento evaluado, como son: exudación, agrietamiento en bloque, piel de cocodrilo, ahuellamiento, parcheo, hueco, corrugación, hinchamiento, entre otros, que se encuentran indicados en el manual de daños de la evaluación de la condición de pavimentos.

La severidad: es el indicador del grado de deterioro de cuán más severo se indica el daño, las medidas de corrección serán de mayor importancia, de tal manera que se tenga que valorar la transitabilidad o la percepción de usuario al transitar en una movilidad a velocidades normales, es de esta manera que se suscribe una guía general para poder establecer el grado de severidad de la calidad de la transitabilidad.

#### Nivel de daños en el pavimento.

**Bajo** (**L**): se determina nivel bajo con la letra (**L**) el cual indica que el vehículo puede percibir vibraciones leves, que no tendrán la necesidad de reducir la velocidad y, por ende, no provoca incomodidad.

**Medio** (M): se determina nivel medio con la letra (M), en este caso los vehículos perciben una vibración de significancia, que conduce a una reducción de velocidad progresiva, que genera incomodidad a los usuarios de la vía.

Alto (H): el nivel de daño alto se determina con la letra (H), en este caso las vibraciones son considerablemente excesivas, ocasionando que el usuario reduzca la velocidad considerablemente con la finalidad de generar comodidad y seguridad en el usuario, evitando así daños considerables en los vehículos, produciendo un mayor tiempo en la transitabilidad.

La transitabilidad se determina realizando un recorrido por una sección del pavimento sobre un vehículo, que está especificado por el límite legal.

En la tercera etapa se procede calcular el PCI del pavimento, introduciendo los datos tomados en campo al formato Excel, haciendo uso de las tablas de corrección de valores deducidos y densidades para pavimentos flexibles.

Se prosigue con la tabulación de los resultados indicando valores para el procesamiento en el software SPSS, de donde se obtiene la significancia de la falla encontrada en el pavimento en la transitabilidad.

Se procede a realizar la toma de datos para el volumen de tráfico medio diario o Índice Medio Diario. (IMD), para poder conocer si el espesor de pavimento es el correcto para la cantidad de vehículos que transitan por esta vía.

## CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. Resultados del tratamiento y análisis de la información

La determinación del PCI se realiza con los datos tomados en campo del proceso de evaluación visual del pavimento de las fallas en los tramos evaluados, procediendo al cálculo del PCI de cada unidad muestral a evaluar, utilizando las curvas de análisis del valor deducido, y las fotografías del trabajo de campo se ubican en los anexos de este informe.

Para la denostación de cálculo del PCI, se toma una unidad muestral aleatoriamente, con la finalidad de poder explicar el procedimiento de la evaluación del pavimento, como se obtiene el Índice de condición del pavimento y la condición en la que se ubica dicho pavimento.

Las muestras de la vía nacional 28B tramo Pisac – San salvador se analizó tomando en cuenta el grado de severidad que cuenta la vía sub dividiéndose en dos pequeños tramos iguales; uno desde el Km 00+000 hasta el Km 06+000, y el otro tramo desde el Km 06+000 al Km 12+000.

Para realizar el análisis de datos, mediante el método del PCI se excluyeron del procesamiento estadístico, las siguientes fallas; agrietamiento en bloque (BLO), depresión (DEP), grieta de reflexión de junta (GR), desnivel / carril (DN), y cruce de vía férrea (CVF), porque no se encontraron estas fallas en la vía nacional 28B tramo Pisac San Salvador.

En la tabla 5 se observa la descripción de la influencia de la falla superficial en la transitabilidad del tramo de vía en estudio, en él se puede observar, por ejemplo, que, de 32 fallas del tipo Piel de Cocodrilo (PC), casi en forma uniforme se calificaron como severidad baja (31.3 %), severidad medio (37.5 %) y severidad alta (31.3 %), de transitabilidad en el tramo vial.

Poe ejemplo; en el pavimento flexible de la vía nacional 28B del tramo Pisac - San Salvador para el tipo de falla de abultamiento (ABH), se encontraron 29 fallas en total, de las cuales 13 fallas se calificaron con severidad baja (44.8 %), 10 fallas se calificaron con severidad media (34.5 %), y 6 fallas se calificaron con severidad alta (20.7 %). De igual manera para la falla Corrosión (COR), el 85.7 % de la vía resultó ser de baja transitabilidad, mientras que para

la falla PU, el 100 % de las fallas en el pavimento, resultó siendo de baja transitabilidad de la vía.

Esto se ratifica con la tabla  $N^\circ$  6 y Tabla  $N^\circ$  8, donde se puede observar el resumen de las fallas y su posible relación de influencia sobre la transitabilidad de la vía.

Tabla 5. Influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad del tramo:

vía nacional San Salvador – Pisac de acuerdo al grado de severidad.

TIPOS DE FALLAS		Grado de	severidad d	e fallas	Total
THOS DE FALLAS		Bajo	Medio	Alto	
Piel de cocodrilo	PC	10	12	10	32
Tier de cocodino	1.0	31,3 %	37,5 %	31,3 %	100,0 %
Exudación	EX	6	1	0	7
		85,7 %	14,3 %	0,0 %	100,0 %
Abultamiento	ABH	13	10	6	29
		44,8 %	34,5 %	20,7 %	100,0 %
corrosión	COR	6	1	0	7
	COK	85,7 %	14,3 %	0,0 %	100,0 %
Grieta de borde	GB	16	12	2	30
		53,3 %	40,0 %	6,7 %	100,0 %
Grieta longitudinal y transversal	GLT	17	12	1	30
		56,7 %	40,0 %	3,3 %	100,0 %
Parcheo	PA	9	5	2	16
	171	56,3 %	31,3 %	12,5 %	100,0 %
Pulimientos de Agregados	PU	2	0	0	2
		100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Hueco (Bache)	HUE	22	1	0	23
		95,7 %	4,3 %	0,0 %	100,0 %
Ahuellamiento	AHU	11	7	6	24
		45,8 %	29,2 %	25,0 %	100,0 %
Desplazamiento	DES	3	0	0	3
	DLS	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
Grieta parabólica	GP	5	1	0	6
		83,3 %	16,7 %	0,0 %	100,0 %
Hinchamiento	HN	9	3	0	12
	TIN	75,0 %	25,0 %	0,0 %	100,0 %
Desprendimiento de	DAG	14	5	3	22
Agregado		63,6 %	22,7 %	13,6 %	100,0 %
		143	70	30	243
Total		58,8 %	28,8 %	12,3 %	100,0 %

	<b>—</b> 1	Iniver	sidad			UNI	/ERSIDA	D CONT	INENTAL		
((⊆			ental		EVA	LUACIÓN DE	LÍNDICE DE C	ONDICIÓN	DEL PAVIMENTO	PCI )	
	_ `			Vía:	PISAC -SAN	SALVADOR					
Evaluado	o por:		A. Holgado alma	PAVIMENTO FL	EXIBLE. CARI	PETA ASFÁLT	ICA			Área de tramo:	
echa:	23 de Novi	embre de	el 2020	Al	bscisa inicial:	00+000	Abscisa fina	l:	00+050	350	m2
l° Tipo de Fal	la			Código	Unidad		N° Tipo de F	alla		Código	Unidad
L. Piel de Coc	odrillo			PC	m2		11. Parcheo	)		PA	m2
. Exudacion				EX	m2	12. Pulimento de Agregados		ıdos	PU	m2	
. Agrietamier	nto en Blogi	ue		BLO	m2	13. Huecos (Baches)			HUE	und	
1. Abultamien				ABH	m2		14. Cruce de	e vía férrea		CVF	m2
5. Corrugacio				COR	m2		15. Ahuella	miento		AHU	m2
5. Depresion				DEP	m2		16. Desplaz	amiento		DES	m2
7. Grieta de B	orde			GB	m		17. Grieta P	arabólica		GP	m2
3. Grieta de R	eflexion de	Junta		GR	m		18. Hinchar	niento		HN	m2
Desnivel Ca				DN	m		+		e Agregados	DAG	m2
LO. Grietas Lo		s y Trans	versales	GLT	m		·				
FALLA-	SEVERIDA D				CANTIDAD		TOTAL		TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDE (VD)
PC	М	19.72	1.83	20.30	8.06	11.14			61.05	17.44	53.99
АВН	М	4.20	1.60	3.15					8.95	2.56	45.81
GLT	М	15.00							15.00	4.29	50.87
PA	L	4.80	3.36	1.35					9.51	2.72	21.60
Número de va Valor deducid	lo mas alto	( HVDI):		53.99	]				Malan da do sid	Total VD	172
Número máxi	imo de vaio	res aeauc	idos (mi):	5.23					Valor deducid	o corregido	
N°				1	DEDUCIDOS	1		1	VDT	q	VDC
1	53.99	50.87	45.81	21.60	2		1		174.27	4	91
2	53.99	50.87	45.81	2	2				154.67	3	90
3	53.99	50.87	2	2	2				110.86	2	76
4	53.99	2	2						61.99	1	61
5											
	PCI: INDIC	E DE CON	DICION DE PA	VIMENTO		PCI = 100	- (Máx VDC o	Total VD)	]	Máx VDC	91
	CONDICIO	n del est	ADO DE PAVI	MENTO		PCI =	FALLADO	72	]		

Figura 24. Ejemplo de ficha de campo (00+000 - 00+050)

	<b>–</b> u	niver	sidad			UNIVE	RSIDAI	CON	TINENTA	L	
			ental		EVA	LUACIÓN DE	L ÍNDICE DE C	ONDICIÓN	DEL PAVIMENTO	PCI)	
	<b>=</b> ~		CIICUI	Vía:	PISAC -SAN	SALVADOR					
Evaluado	o por:		A. Holgado alma	PAVIMENTO FL	EXIBLE. CARF	PETA ASFÁLT	ICA			Área de tramo:	
Fecha:	23 de No	viembre	del 2020	Abso	cisa inicial:	09+300 <b>Abscisa final</b> : 09+350			09+350	350	m2
N° Tipo de F				Código	Unidad		N° Tipo de			Código	Unidad
1. Piel de Co				PC	m2		11. Parche			PA	m2
2. Exudacion	1			EX	m2		12. Pulime	nto de Ag	gregados	PU	m2
3. Agrietamiento en Bloque				BLO	m2		13. Huecos			HUE	und
4. Abultamie	ento y Hun	dimient	OS	ABH	m2		14. Cruce o	le vía férr	ea	CVF	m2
5. Corrugacio	on			COR	m2		15. Ahuella	amiento		AHU	m2
6. Depresion	1			DEP	m2		16. Despla	zamiento		DES	m2
7. Grieta de I	Borde			GB	m		17. Grieta	Parabólic	a	GP	m2
8. Grieta de I	Reflexion	de Junta	1	GR	m		18. Hincha	miento		HN	m2
9. Desnivel C	Carril/Berr	na		DN	m		19. Despre	ndimient	os de Agregad	DAG	m2
10. Grietas L	ongitudina	ales y Tra	ansversales	GLT	m						
FALLA-	SEVERID AD			C	CANTIDAD		TOTAL			DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
PC	L	0.96	4.80						5.76	1.65	14.32
GLT	М	35.00	23.00	3.15					61.15	17.47	71.01
GB	L	13.00							13.00	3.71	22.20
										_	
										Total VD	107.53
Número de				7	,						
Valor dedu	cido mas	alto ( F	IVDI):	71.01							
Número ma	áximo de	valores	deducidos	3.66					Valor dedu	cido corregi	do
N°				VALORES D	EDUCIDO	S	VDT q V				VDC
1	71.01	14.32	22.20	2	2				111.53	3	88.33
2	71.01	14.32	2	2	2				91.33	2	88.10
3	71.01	2	2	2	2				79.01	1	86.51
										Máx VDC	88.33
	DCI. INIDI	CE DE 6	CANDICION	DE DAVARACA	ITO	DCI - 10	0 /044\/	)C - T-1-			
PCI: INDICE DE CONDICION DE PAVIMENTO  PCI = 100 - (Máx VDC o Total VD)											
						PCI =	11	.67	╛		
	CONDICION DEL ESTADO DE PAVIMENTO FALLADO										

Figura 25. Ejemplo de ficha de campo (09+300 - 09+350)

	<b>—</b> 11	niver	sidad			UNIVE	RSIDAD	CONT	INENTA	L	
(C			ental		EVALUA	CIÓN DEL Í	NDICE DE C	ONDICIÓN	DEL PAVIMEI	NTO (PCI )	
				Vía:		N SALVADO				1.	
Evaluad				PAVIMENTO						Área de	
Fecha: N° Tipo de F	23 de No	viembre	del 2020	Código	cisa inicial: Unidad	11+70	Abscisa fin N° Tipo de	_	11+75	Código	m2 Unidad
1. Piel de Co				PC	m2		11. Parcheo			PA	m2
2. Exudacion				EX	m2			nto de Agre	egados	PU	m2
3. Agrietami	ento en B	oque		BLO	m2		13. Huecos			HUE	und
4. Abultamie	ento y Hur	dimient	os	ABH	m2		14. Cruce d	le vía férrea	a	CVF	m2
5. Corrugacio	on			COR	m2		15. Ahuella			AHU	m2
6. Depresion				DEP	m2		16. Despla			DES	m2
7. Grieta de 8. Grieta de		do lumbo		GB GR	m		17. Grieta I 18. Hinchai			GP HN	m2 m2
9. Desnivel (			1	DN	m m				de Agregad		m2
10. Grietas L			ansversales	GLT	m		15. Despite	namme mee.	ac Agregad	DAG	1112
FALLA-	SEVERID AD	·		(	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
AHU	М	27.00	9.00	10.50	17.10				63.60	18.17	51.39
DAG	М	15.40	6.00						21.40	6.11	14.63
PA	М	4.80	5.60	12.80	5.95				29.15	8.33	28.86
PC	М	4.00	7.20	18.20					29.40	8.40	43.52
GB	Н	5.00	8.00						13.00	3.71	14.18
DAG	Н	10.20							10.20	2.91	24.25
GLT	Н	25.00	12.00						37.00	10.57	35.21
Número de	valores	deducid	los > 2(a):	7						Total VD	212.04
Valor dedu				51.39							
Número m		•	•		<u>l</u>				Valor dedu	cido corregi	do
N°				VALORES I	DEDUCIDO	S			VDT	q	VDC
1	51.39	43.52	35.21	28.86	24.25	14.63	14.18	2	214.04		84.00
2	51.39	43.52	35.21	28.86	24.25	14.63	2	2	201.86	6	90.00
3	51.39	43.52	35.21	28.86	24.25	2	2	2	189.23	5	90.77
4	51.39	43.52	35.21	28.86	2	2	2	2	166.98	4	88.79
5	51.39	43.52	35.21	2	2	2	2	2	140.12	3	84.05
6	51.39	43.52	2	2	2	2	2	2	106.91	2	60.46
7	51.39	2	2	2	2	2	2	2	65.39	1	65.39
8											
9											
10											
				DE PAVIMEN		PCI = 100 PCI =	- <b>(Máx VD</b> 9.:		VD)	Máx VDC	90.77
	CONDIC	ON DEL	ESTADO D	E PAVIMENT	0		FALLADO				

Figura 26. Ejemplo de ficha de campo (11+70 - 11+75)

## Resumen de resultados del PCI

Tabla 6. Resumen de resultados de PCI, tramo 1

	Índice de condición de pavimento-PCI tramo Km 00+00 al Km 06+00								
Muestra	Progresiva inicial km	Progresiva final km	VDT o máx VDC	PCI muestra	Condición muestra	PCI sección	Condición sección		
UM-01	00+000	00+050	91.28	8.72	Fallado				
UM-02	00+300	00+350	42.00	58.00	Regular				
UM-03	00+600	00+650	35.30	64.70	Bueno				
UM-04	00+900	00+950	48.50	51.50	Regular				
UM-05	01+200	01+250	50.60	49.40	Regular				
UM-06	01+500	01+550	55.80	44.20	Regular				
UM-07	01+800	01+850	22.60	77.40	Bueno				
UM-08	02+100	02+150	38.60	61.40	Bueno		<b>D</b>		
UM-09	02+400	02 + 450	48.20	51.80	Regular				
UM-10	02+700	02 + 750	37.20	62.80	Bueno	40.00			
UM-11	03+000	03+050	66.30	33.70	Malo	49.98	Regular		
UM-12	03+300	03+350	72.00	28.00	Malo				
UM-13	03+600	03+650	55.00	45.00	Regular				
UM-14	03+900	03+950	43.10	56.90	Bueno				
UM-15	04+200	04+250	63.80	36.20	Malo				
UM-16	04+500	04+550	48.30	51.70	Regular				
UM-17	04+800	04+850	18.30	81.70	Muy bueno				
UM-18	05+100	05+150	25.80	74.20	Bueno				
UM-19	05+400	05 + 450	62.40	37.60	Regular				
UM-20	05+700	05 + 750	75.30	24.70	Muy malo				

Tabla 7. Porcentaje de condición de pavimento flexible

Condición	Unidades de muestreo	Longitud (m)	Porcentaje
Excelente	0	0	0
Muy bueno	1	50	5
Bueno	6	300	30
Regular	8	400	40
Malo	3	150	15
Muy malo	1	50	5
Fallado	1	50	5
Total	20	1000	100

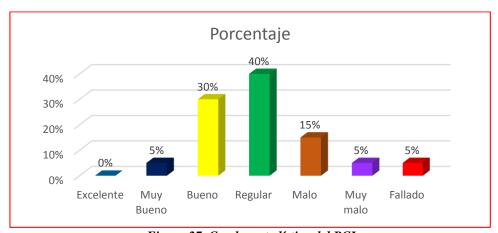


Figura 27. Cuadro estadístico del PCI

#### Análisis de resultados con el método PCI

De los resultados del tramo 1 (Km 00+000 al Km 06+000), se puede observar que el pavimento se encuentra en un estado regular teniendo un 40 %, el 30 % se encuentra en un estado bueno, el 15 % se encuentra en un estado malo, el 5 % se encuentra en un estado de muy bueno, el 5 % se encuentra en un estado muy malo y el otro 5 % se encuentra en un estado fallado, por lo que se puede considerar a este tramo como un pavimento regular.

**Tabla 8.** *Resumen de resultados de PCI*, *tramo 2* Índice de condición de pavimento-PCI tramo Km 06+000 al Km 12+000

Muestra	Progresiva inicial km	Progresiva final km	VDT o máx VDC	PCI muestra	Condición muestra	PCI sección	Condición sección
UM-21	06+000	06+050	85.56	14.44	Muy malo		
UM-22	06+300	06+350	75.80	24.20	Muy malo		
UM-23	06+600	06+650	89.56	10.44	Muy malo		
UM-24	06+900	06+950	92.00	8.00	Fallado		
UM-25	07+200	07+250	76.54	23.46	Muy malo		
UM-26	07 + 500	07 + 550	78.47	21.53	Muy malo		
UM-27	07+800	07+850	84.35	15.65	Muy malo		
UM-28	08+100	08+150	87.75	12.25	Muy malo		
UM-29	08 + 400	08 + 450	48.60	51.40	Regular		
UM-30	08+700	08+750	69.52	30.48	Malo	20.81	Muramala
UM-31	09+000	09+050	82.30	17.70	Muy malo	20.81	Muy malo
UM-32	09+300	09+350	88.65	11.67	Muy malo		
UM-33	09+600	09+650	90.75	9.25	Fallado		
UM-34	09+900	09+950	65.30	34.70	Malo		
UM-35	10+200	10+250	73.86	26.14	Malo		
UM-36	10+500	10+550	91.50	8.50	Fallado		
UM-37	10 + 800	10+850	86.45	13.55	Muy malo		
UM-38	11+100	11+150	43.50	56.50	Regular		
UM-39	11 + 400	11+450	81.64	18.36	Muy malo		
UM-40	11 + 700	11+750	90.77	9.23	Muy malo		

Tabla 9. Porcentaje de condición de pavimento flexible

Condición	Unidades de Muestreo	Longitud (m)	Porcentaje
Excelente	0	0	0
Muy Bueno	0	0	0
Bueno	0	0	0
Regular	2	100	10
Malo	3	150	15
Muy malo	12	600	60
Fallado	3	150	15
Total	20	1000	100

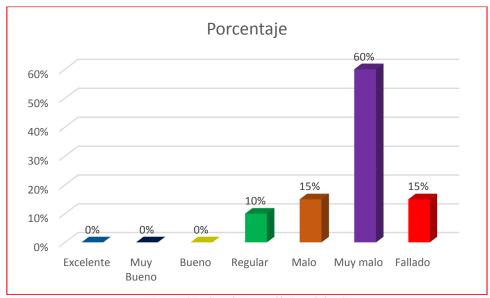


Figura 28. Cuadro estadístico del PCI

## Análisis de resultados con el método Vizir

Método de Vizir consiste en la calificación de la condición del pavimento superficial, este método se caracteriza por dar una calificación inicial de dos tipos de daños, de tipo A (daños estructurales) y tipo B (daños funcionales).

## Degradación del tipo A

NOMBRE DEL TERIORO	CODIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Ahuellamiento	AH	m
Depresiones o hundimientos longitudinales	DL	m
Depresiones o hundimientos transversales	DT	m
Fisuras longitudinales por fatiga	FLF	m
Fisuras piel de cocodrilo	FPC	m
Bacheos y zanjas reparadas	BZR	m

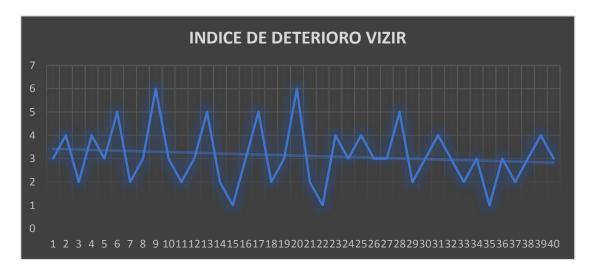
## Degradación del tipo B

NOMBRE DEL TERIORO	CODIGO	UNIDAD DE MEDIDA
Fisura longitudinal de junta de construcción	FLJ	m
Fisura transversal de junta de construcción	FTJ	m
Fisuras de contracción térmica	FCT	m
Fisuras parabólicas	FP	m
Fisura de borde	FB	m
Huecos	Н	und
Desplazamiento o abultamiento o ahuellamiento de la mezcia	DM	m
Pérdida de la película de ligante	PL	m
Pérdida de agregados	PA	m
Descascaramiento	D	m2
Pulimento de agregados	PU	m
Exudeción	EX	m
Afioramiento de mortero	AM	m
Afloramiento de agua	AA	m
Desintegración de los bordes del pavimento	DB	m
Escalonamiento entre calzada y berma	ECB	m
Erosión de las bermas	EB	m
Segregación	S	m

Los resultados por el método Vizir, se puede observar que el pavimento se encuentra en un estado regular. Este método es muy fácil de aplicar, y tiene la limitante de considerar en dos grupos de fallas; el tipo A y el tipo B.

Para la presente investigación solo se considera para el análisis los del tipo A, excluyendo a los del tipo B, por ser una evaluación superficial de un pavimento, cuyos resultados se muestran a continuación:

VIZIR	
Minimo	1
Maximo	6
promedio	3.125
Desviacion Estándar	1.24
Mediana	3



	RESUMEN DE EVALUACIÓN PAVIMENTO METODO VIZIR								
	PROGR	ESIVA	ANCHO DE VIA	A (m)		METODO VIZIR			
TRAMO	INICIO	FIN	INICIO	FIN	IS	CALIFICACIÓN			
1	00+000	00+100	7.00	7.00	3	Regular			
2	00+300	00+400	7.00	7.00	4	Regular			
3	00+600	00+700	7.00	7.00	2	Bueno			
4	00+900	00+1000	7.00	7.00	4	Regular			
5	01+200	00+1300	7.00	7.00	3	Regular			
6	01+500	00+1600	7.00	7.00	5	Malo			
7	01+800	00+1900	7.00	7.00	2	Bueno			
8	02+100	00+2200	7.00	7.00	3	Regular			
9	02+400	00+2500	7.00	7.00	6	Malo			
10	02+700	00+2800	7.00	7.00	3	Regular			
11	03+000	00+3100	7.00	7.00	2	Bueno			
12	03+300	00+3400	7.00	7.00	3	Regular			
13	03+600	00+3700	7.00	7.00	5	Malo			
14	03+900	00+4000	7.00	7.00	2	Bueno			
15	04+200	00+4300	7.00	7.00	1	Bueno			
16	04+500	00+4600	7.00	7.00	3	Regular			
17	04+800	00+4900	7.00	7.00	5	Malo			
18	05+100	00+5200	7.00	7.00	2	Bueno			
19	05+400	00+5500	7.00	7.00	3	Regular			
20	05+700	00+5800	7.00	7.00	6	Regular			
21	06+000	00+6100	7.00	7.00	2	Bueno			
22	06+300	00+6400	7.00	7.00	1	Bueno			
23	06+600	00+6700	7.00	7.00	4	Regular			
24	06+900	00+7000	7.00	7.00	3	Regular			
25	07+200	00+7300	7.00	7.00	4	Regular			
26	07+500	00+7600	7.00	7.00	3	Regular			
27	07+800	00+7900	7.00	7.00	3	Regular			
28	08+100	00+8200	7.00	7.00	5	Malo			
29	08+400	00+8500	7.00	7.00	2	Bueno			
30	08+700	00+8800	7.00	7.00	3	Regular			
31	09+000	00+9100	7.00	7.00	4	Regular			
32	09+300	00+9400	7.00	7.00	3	Regular			
33	09+600	00+9700	7.00	7.00	2	Bueno			
34	09+900	00+10000	7.00	7.00	3	Regular			
35	10+200	00+10300	7.00	7.00	1	Bueno			
36	10+500	00+10600	7.00	7.00	3	Regular			
37	10+800	00+10900	7.00	7.00	2	Bueno			
38	11+100	00+11200	7.00	7.00	3	Regular			
39	11+400	00+11500	7.00	7.00	4	Regular			
40	11+700	00+11800	7.00	7.00	3	Regular			

## Determinación del Índice Medio Diario Vehicular (IMD)

## Tabla 10. Volumen de tráfico promedio diario

#### **VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DIARIO**

Carretera: SAN SALVADOR - PISAC

 Tramo
 1
 Ubicacion
 COMUNIDAD DE PILLAHUARA

 Cod Estación
 E - 1
 Sentido
 TOTAL

tación km=25+00 Dia Del 17/01/2022 AL 23/01/20

Estación			km=25+00												Dia			Del 17/0	1/2022	AL 23/01/	2022
			STATION CAMIONETAS			В	us		CAMION			SEMIT	RAYLER		TRAYLERS						
HORA	MOTOS	AUTO	WAGON	PICK UP	PANEL	COMBI RURAL		2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	283	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	TOTAL
LUNES																					
17/01/2022																					
ENTRADA	6	28	8	0	0	56	3	0	0	11	22	0	6	5	0	2	0	5	0	5	157
SALIDA	4	23	11	2	0	39	5	2	2	28	26	7	0	0	1	11	0	0	0	0	161
Ambos	10	51	19	2	0	95	8	2	2	39	48	7	6	5	1	13	0	5	0	5	318
MARTES																					
18/01/2022	_	44	40			50			_	40	20		_				_	_	_	_	400
ENTRADA	7	44	12 8	0	0	50 57	0	8	2	19	20	0	5 6	6	0	4	2	1	5	5	190
SALIDA Ambos	6 13	31 <b>75</b>	8 20	0	0	107	3 <b>3</b>	8 8	2	11 <b>30</b>	22 42	0	11	5 <b>11</b>	0	2 6	0 <b>2</b>	5 6	0 <b>5</b>	5 <b>10</b>	161 <b>351</b>
MIERCOLES	13	73	20	U	U	107	3	•		30	42	U	- 11	- "	U	•		•	3	10	331
19/01/2022																					
ENTRADA	4	24	11	2	0	30	5	2	2	28	26	7	0	0	1	11	0	0	0	0	153
SALIDA	6	27	8	0	ő	54	3	0	0	11	0	o ,	6	5	0	2	0	5	0	5	132
Ambos	10	51	19	2	0	84	8	2	2	39	26	7	6	5	1	13	0	5	0	5	285
JUEVES			-					_													
20/01/2022																					
ENTRADA	4	29	13	2	1	32	5	2	1	23	28	6	0	0	3	8	0	0	1	1	159
SALIDA	6	29	8	0	0	56	3	0	0	11	22	0	6	5	0	2	0	5	0	5	158
Ambos	10	58	21	2	1	88	8	2	1	34	50	6	6	5	3	10	0	5	1	6	317
VIERNES																					
21/01/2022																					
ENTRADA	6	32	8	0	0	49	3	0	0	11	22	0	6	5	0	2	0	5	0	5	154
SALIDA	7	35	12	0	0	47	0	8	2	19	20	0	5	6	0	4	2	1	5	3	176
Ambos	13	67	20	0	0	96	3	8	2	30	42	0	11	11	0	6	2	6	5	8	330
SABADO																					
22/01/2022			1																		
ENTRADA	6	35	8	0	0	61	3	0	0	11	22	0	6	5	0	2	0	5	0	3	167
SALIDA	4	28	11	2	0	38	5	2	2	28	26	7	0	0	1	11	0	1	2	1	169
Ambos	10	63	19	2	0	99	8	2	2	39	48	7	6	5	1	13	0	6	2	4	336
DOMINGO			1	1																	
23/01/2022		-00			_	l	_			-00	-00	_	_				_	_			400
ENTRADA	4	28	21	2	0	41	5	2	2	28	26	7	0	0	1	11	0	0	1	1	180
SALIDA	4	28	14	2	0	35	5	2	2	28	26	7	0	0	1	11	0	0	0	0	165
Ambos TOTAL	8	56 421	35 153	4	1	76 645	10	4	4	56 267	52 308	14	0	0	2	22	0	0	1		345
IOIAL	74	421	153	12	1	645	48	28	15	267	308	41	46	42	8	83	4	33	14	39	2,282

Tabla 11. Resumen del volumen de tráfico promedio de salida y entrada

#### RESUMEN DEL VOLUMEN DE TRAFICO PROMEDIO DE SALIDA Y ENTRADA

Carretera: SAN SALVADOR - PISAC

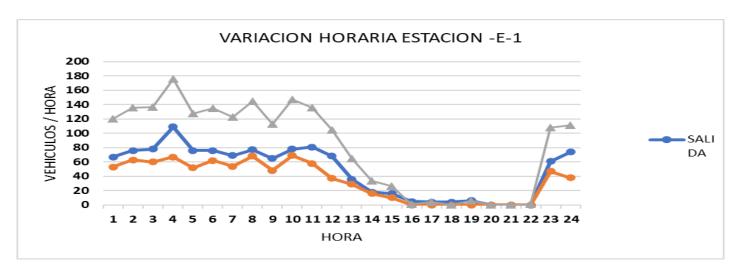
Tramo 1 Cod Estación E - 1

Estación km=25+00

Ubicacion COMUNIDAD DE PILLAHUARA Sentido AMBOS

Dia Del 17/01/2022 AL 23/01/2022

		STATION	CAMIONETAS			BUS		CAMION			SEMITI	RAYLER		TRAYLERS							
SENTIDO	MOTOS	AUTO	WAGON	PICK UP	PANEL	COMBI RURAL	MICRO	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	253	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2Т3	3T2	>=3T3	TOTAL
ENTRADA	5	31	12	1	0	46	3	2	1	19	24	3	3	3	1	6	0	2	1	3	166
SALIDA	5.28571429	28.71429	10.2857143	1	0	46.5714286	3.42857143	2	1.142857	19	20.28571	3	3.285714	3	0.428571	6.142857	0.285714	2.428571	1	2.714286	160
AMBOS	11	60	22	2	0	92	7	4	2	38	44	6	7	6	1	12	1	5	2	6	326



## Figura 29. Variación horaria

Tabla 12. Volumen de tráfico promedio diario

#### **VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO**

 Carretera
 SAN SALVADOR - PISAC

 Tramo
 Ubicación
 COMUNIDAD DE PILLAHUARA

 Cod Estación
 E - 1
 Sentido
 TOTAL

 Estación
 Image: Stación
 Dia
 Del 17/01/2022 AL 23/01/2022

LStacion			KIII-ZJTU	U												Dia		Del 17701	IZUZZ AL	23/01/2022		
			STATION	С	AMIONETA	AS		В	US		CAMION			SEMIT	RAYLER			TRAY	LERS			PORC.
DIA	MOTOS	AUTO	WAGON	PICK UP	PANEL	COMBI RURAL	MICRO	2E	>=3E	2E	3E	4E	2S1/2S2	283	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	TOTAL	%
LUNES	10	51	19	2	0	95	8	2	2	39	48	7	6	5	1	13	0	5	0	5	318	13.94
MARTES	13	75	20	0	0	107	3	8	2	30	42	0	11	11	0	6	2	6	5	10	351	15.38
MIERCOLES	10	51	19	2	0	84	8	2	2	39	26	7	6	5	1	13	0	5	0	5	285	12.49
JUEVES	10	58	21	2	1	88	8	2	1	34	50	6	6	5	3	10	0	5	1	6	317	13.89
VIERNES	13	67	20	0	0	96	3	8	2	30	42	0	11	11	0	6	2	6	5	8	330	14.46
SABADO	10	63	19	2	0	99	8	2	2	39	48	7	6	5	1	13	0	6	2	4	336	14.72
DOMINGO	8	56	35	4	0	76	10	4	4	56	52	14	0	0	2	22	0	0	1	1	345	15.12
TOTAL	74	421	153	12	1	645	48	28	15	267	308	41	46	42	8	83	4	33	14	39	2282	100.00
IMD	11	60	22	2	0	92	7	4	2	38	44	6	7	6	1	12	1	5	2	6	328	
%	3.35	18.29	6.71	0.61	0.00	28.05	2.13	1.22	0.61	11.59	13.41	1.83	2.13	1.83	0.30	3.66	0.30	1.52	0.61	1.83	100.00	
	VEHICULOS LIGEROS							VEHICULOS PESADOS														

# TRAFICO VEHICULAR IMD Sin Corrección (Veh/dia)

( venrola j										
Tipo de Vehículos	IMDS	Distrib.								
ripo de Temodios		2								
Motos	11	3.5%								
Autos	60	18.9%								
Satation Wagon	22	6.9%								
Camioneta Pick Up	2	0.6%								
Camioneta Panel	0	0.0%								
COMBIRURAL	92	29.0%								
Micro	7	2.2%								
Omnibus 2E y 3E	6	1.9%								
Camión 2E	38	12.0%								
Camión 3E	44	13.9%								
Camión 4E	6	1.9%								
Semi trayler	26	8.2%								
Trayler	14	4.4%								
TOTAL IMD	317	100.0%								

CALCULO DEL IMD Resumen de Metodologia										
IMD=-	VS 7	-								
VS = Volumer	VS = Volumen Promedio Semanal									
Fc Veh. Ligero	os =	0.866288								
Fc Veh. Pesa	dos =	0.786872								
IMD=	275	Vehiculos por dia								
	100,273	V. x año								

# TRAFICO VEHICULAR IMD ANUAL Y CLASIFICACION VEHICULAR (Vehidia)

(Yeh/dia)											
Tipo de Vehículos	IMD	Distrib.									
Motos	10	3.6%									
Autos	52	18.9%									
Satation Wagon	19	6.9%									
Camioneta Pick Up	2	0.7%									
Camioneta Panel	0	0.0%									
COMBIRURAL	80	29.1%									
Micro	6	2.2%									
Omnibus 2E y 3E	5	1.8%									
Camión 2E	30	10.9%									
Camión 3E	35	12.6%									
Camión 4E	5	1.7%									
Semi trayler	20	7.4%									
Trayler	11	4.0%									
TOTAL IMD	275	96.4%									

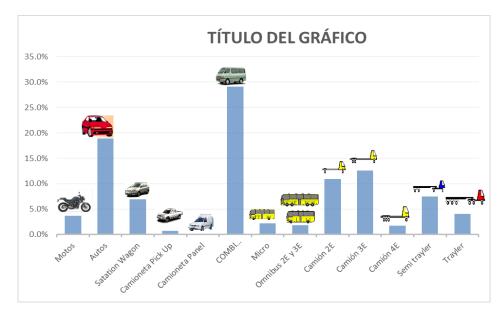


Figura 30. Porcentaje de vehículos

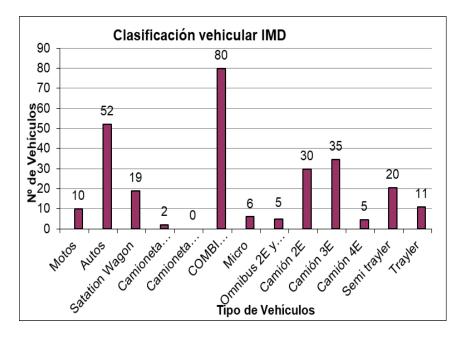


Figura 31. Cantidad por tipo de vehículos

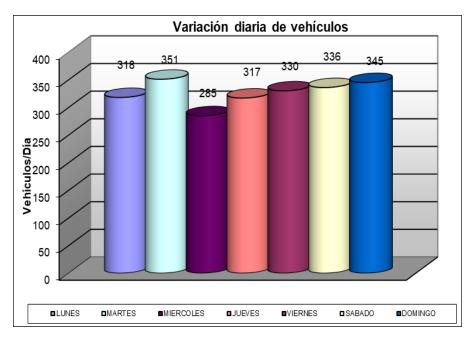


Figura 32. Variación diaria de vehículos



Figura 33. Comparación de tráfico

## 4.2. Prueba de hipótesis

Tabla 13. Pruebas de significación de la hipótesis de investigación

	Valor	gl	P-valor
Chi-cuadrado de Pearson	51,583	26	,002
Razón de verosimilitud	59,828	26	,000
Asociación lineal por lineal	9,791	1	,002

#### Análisis inferencial o analítico de la investigación

Con el objetivo de contrastar la hipótesis de la investigación que dice que la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible es significativa en la transitabilidad del tramo: vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021. Se usó la prueba de Chi cuadrado de Pearson y los resultados dan un P-valor de 0.002 o de 0.2 %, muy inferior al nivel de significancia  $\alpha=0.05$  o 5 %, lo que indica el rechazo de la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación, por lo que la prueba fue significativa y manifiesta precisamente que el tipo de fallas superficiales del pavimento flexible influye significativamente en la transitabilidad del tramo indicado. Demostrando fehacientemente la hipótesis.

#### Análisis multivariado de correspondencia de las variables

En el gráfico correspondiente se analiza la correspondencia de los tipos de fallas con la calificación de la transitabilidad del tramo, se puede observar por ejemplo, las fallas de exudación, corrugación, grietas parabólicas, hinchamiento y con cierta distancia huecos o baches, desprendimiento y pulimiento de agregado, tienen correspondencia a la calificación de baja transitabilidad, por otro lado, se observa que, las fallas piel de cocodrilo y ahuellamiento, están más en correspondencia con la calificación alta de transitabilidad del tramo, esto propondría a estudiar con profundidad algunos factores que determina, específicamente los tipos de fallas.

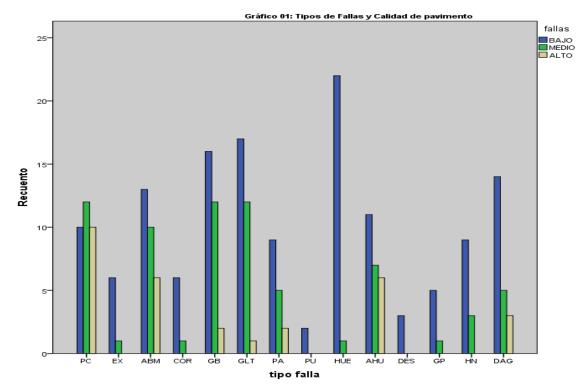
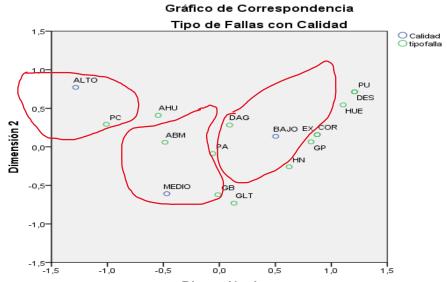


Figura 34. Tipos de fallas y calidad de pavimento



Dimensión 1 Figura 35. Correspondencia de tipo de fallas y calidad

#### Discusión de resultados

los resultados obtenidos en la presente investigación, estuvieron relacionados a los siguientes; fallas por agrietamiento longitudinal y transversal, piel de cocodrilo, exudación, abultamientos e hundimientos, grietas de borde, desprendimiento de agregados, ahuellamiento, parcheo, que influyen en la transitabilidad en forma significativa, siendo en un 58.8% de severidad baja, 28.8% de severidad media y 12.3% de severidad alta, las cuales son similares a las fallas identificadas por **Cruz y Restrepo** (8); quienes indican que la vía evaluada está en un estado fallido donde el 11.1 %, muy malo, 22.2 % malo, 22.2 % en un estado regular, con el 16.6 % en buen estado, el 11.1 % en un estado muy bueno y el 5.6 % en excelente estado y se puede promover actividades de mantenimiento y rehabilitación del pavimento flexible (8). Por lo tanto, los resultados obtenidos en la presente investigación son similares a la investigación de Cruz y Restrepo.

De acuerdo la evaluación del pavimento con el método del PCI de la vía nacional 28B del tramo Pisac - San Salvador se obtuvo en el primer tramo un valor del 49.98 calificándose como un pavimento de regular conservación, y en el segundo tramo se obtuvo un valor de 20.81 calificándose como un pavimento de mala conservación, los cuales son parecidas a la evaluación realizada al pavimento flexible por **Leguía y Pacheco** (15), en el que indican que el estado de la conservación de la Av. Cincuentenario (Huacho – Lima), registra un PCI de 51.84, la cual ha sido considerada como regular, de otra parte, en la Av. Colón y Miguel Grau (Huacho – Lima), se registró un PCI de 59.29, en la que se calificó como bueno.

## **CONCLUSIONES**

- Las fallas superficiales del pavimento flexible de la vía nacional 28B del tramo San Salvador
   Pisac, influyen en la transitabilidad en forma significativa, siendo en un 58.8% de severidad baja, 28.8% de severidad media y 12.3% de severidad alta.
- 2. Mediante el método del PCI (Índice de Condición del Pavimento) las fallas de mayor influencia en la transitabilidad son las siguientes; Pulimiento de agregados (100%), desplazamiento (100%) y huecos (97.5%) con severidad baja, grietas de borde (40%), grietas longitudinales y transversales (40%) y piel de cocodrilo (37.5%) con severidad media, y piel de cocodrilo (31.3%), ahuellamiento (25%) y abultamiento (20.7%) con severidad alta.
- 3. El grado de severidad por fallas en el sub tramo 1 (Km 00+000 al Km 06+000) se identificó un pavimento regular cuyo mantenimiento se realizará en forma rutinaria y el grado de severidad por fallas en el sub tramo 2 (Km 06+000 al Km 12+000) se identificó un pavimento malo cuyo mantenimiento se realizará en forma rutinaria y periódica.
- 4. El índice de condición de pavimento (PCI) de la vía nacional 28B tramo Pisac San Salvador para los sub tramos; PCI de 49.98 en el primer sub tramo evaluado se considera un pavimento regular, y un PCI de 20.81 en el segundo sub tramo evaluado se considera un pavimento malo.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda utilizar el método AASHTO-93, para una investigación estructural del pavimento para determinar las causas fundamentales de las fallas para su mantenimiento o recapeo.
- 2. En el tramo 06+00 al 12+00 se encontró el pavimento transitable con restricciones a causa del mal estado de conservación del pavimento flexible por lo que se recomienda realizar un recapeo con un espesor de 10 cm porque se observó que transitan vehículos de gran capacidad de carga (camión volquete), utilizando una tecnología adecuada y el uso de geotextil que ayudará con la resistencia a las cargas máximas.
- 3. Se recomienda realizar mantenimiento de la vía en forma rutinaria y periódica para la mejor transitabilidad.
- 4. Se recomienda realizar un control adecuado de los vehículos pesados que no excedan la resistencia a la carga del pavimento.

#### LISTA DE REFERENCIAS

- 1. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones.** *Registro Nacional de Carreteras RENAC.* Lima Perú : s.n., 2013.
- 2. **RÍOS COTAZO, Norma Ximena, et al.** *Ciencia e IngenierÍa Neogranadina*. 2, Colombia : s.n., 2020, Vol. 30. 109 127.
- 3. CERÓN BERMÚDEZ, Viviana G. Evaluación y comparación de metodologías Vizir y PCI sobre el tramo de vía en pavimento flexible y rígido de la vía: Museo Quimbaya-CRQ Armenia Quindío (PR 00+000-PR 02+600). Manizales Colombia: Departamento de Ingeniería Civil, 2006. 340.
- 4. **SALAZAR TELLO, Anghelo Alexis.** Evaluación de las patologías del pavimento flexible aplicando el método PCI, para mejorar la transitabilidad de la carretera Pomalca Tumán. Chiclayo Perú : Repositorio UCV, 2019. 602.
- 5. MUÑOZ SALAZAR, Luis Angel. Evaluación superficial del pavimento flexible del tramo 3 de la carretera interoceánica Norte Perú - Brasil aplicando el método PCI. Lima - Perú : Trabajos de suficiencia profesional, 2018. 117.
- PINEDO VELIZ, Juan Carlos Dimas. Evaluación superficial de la avenida la cultura en el distrito de Wanchaq – Cusco, a través del método PCI. LIma - Perú : Repositorio UCV, 2017. 578.
- 7. MOZO BARRANTES, Wilder Vidal; QUISPE MENDOZA, Arnold Johnny. Evaluación superficial de la condición y serviciabilidad del pavimento flexible por el método pavement condition index (PCI) y Roadroid en el circuito humedal Lucre-Huacarpay. Cusco Perú: Repositorio digital UAC, 2019. 408.
- 8. CRUZ DUARTE; RESTREPO GARCÍA. Evaluación del pavimento flexible en la zona urbana de la Calera. 2017.
- 9. ÁLVAREZ RISCO, A. Nota académica de la Universidad de Lima.
- ARMAS GIL, Irwing Junior Holyfield. Evaluación del estado de conservación del pavimento flexible de la carretera Cajabamba - Río Negro, utilizando el método Vizir. Cajamarca - Perú: Escuela de Ingeniería Civil, 2018.
- 11. YAN, Wai Yeung; YUAN, X. X. A low-cost video-based pavement distress screening system for low-volume roads. 5, 2018, Journal of Intelligent Transportation Systems, Vol. 22, págs. 376 389.
- 12. **ZEVALLOS GAMARRA, Rafael Ernesto.** *Identificación y evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca*. Lima Perú : Repositorio UCV, 2017. 49.

- 13. **RODRÍGUEZ VELÁSQUEZ, Edgar Daniel.** *Identificación y evaluación de las fallas superficiales en los pavimentos flexibles de algunas vías de la ciudad de Barranca 2017.* Barranca : s.n., 2017.
- 14. VÁSQUEZ VARELA, Luis Ricardo. Pavement Condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras. 2002.
- 15. **LEGUÍA**; **PACHECO**. Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Índex (PCI) de las vías arteriales Cincuentenario, Colón y Miguel Grau. Huacho, Huaral, Lima: s.n., 2016.
- 16. **MONTEJO FONSECA, A.** *Ingenieria de pavimentos para carreteras*. 1998, Find a library where document is available.
- 17. CHÁVEZ OBROGÓN, Rocío Susana. Diseño del pavimento flexible para la Av. Morales Duárez, de la vía expresa Línea Amarilla en la ciudad de Lima. 2018.
- 18. GUTIÉRREZ. Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos . 2006.
- 19. **HALCOMB, E.; HICKMAN, L.** *Mixed Methods Reasearch*. s.l.: Nursing Standard. págs. 41 47. Vol. 29.
- 20. **TOMALA Oswaldo** . Principales tipos de investigación. 2018.

**ANEXOS** 

Tabla 14. Matriz de consistencia INFLUENCIA DE LAS FALLAS SUPERFICIALES DEL PAVIMENTO FLEXIBLE EN LA TRANSITABILIDAD DEL TRAMO VIA NACIONAL SAN SALVADOR – PISAC, PROVINCIA DE CALCA, DEPARTAMENTO DEL CUSCO – 2021

Ítem	Problema	Objetivos	ALVADOR – PISAC, PROVINCIA Hipótesis	Variable	Dimensión	Metodología
General	¿Cuál es la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021?	Analizar la influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021.	La influencia de las fallas superficiales del pavimento flexible es significativa en la transitabilidad de la vía nacional 28B del tramo San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021.	Fallas Superficiales del	Tipos de fallas	<b>Enfoque:</b> Cuantitativo
Específicos	¿De qué manera los tipos de falla del pavimento flexible influye en la transitabilidad tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021?.	Determinar la influencia de los tipos de falla del pavimento flexible en la transitabilidad tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021	Los tipos de falla del pavimento flexible influye significativamente en la transitabilidad del tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021.	pavimento flexible	Grado de severidad	Tipo: investigación básica  Nivel: mixto, porque es cualitativo y cuantitativo  Diseño: no experimental  Instrumento: fichas de evaluación
Espe	¿Cuál es grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para el mantenimiento tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021?	Determinar el grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible para el mantenimiento del tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca,	El grado de severidad de las fallas superficiales en el pavimento flexible influye significativamente el mantenimiento del tramo vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco - 2021.	Transitabilidad	Tiempo de Viaje Mantenimiento para la calidad de Servicio	<b>Técnicas:</b> fichas de evaluación <b>Población y muestra:</b> ciudad de San Salvador - Pisac 12+00 km - 02+00 km

	departamento del Cusco – 2021			
¿Cuál será el Índice de Condición del pavimento flexible en la vía nacional San Salvador – Pisac, provincia de Calca, departamento del Cusco – 2021?	Analizar el índice de condición del pavimento flexible actual para determinar la transitabilidad de la vía nacional tramo San Salvador - Pisac de la provincia de Calca del departamento del Cusco – 2021.	El índice de condición del pavimento flexible actual se considera regular de la vía nacional tramo Pisac - San Salvador de la provincia de Calca del departamento del Cusco– 2021.	Porcentaje	Análisis de datos: PCI

Tabla 15. Operacionalización de variables

Variable independiente	Dimensiones	Indicadores	Und. medida	Instrumento
		Ahuellamientos		
		Hundimientos		
Fallas superficiales		Corrugación		
		Fisura Longitudinal		Ficha de
Del	Tipos de falla	Fisura transversal		evaluación
		Fisura tipo piel de cocodrilo	Porcentaje	
		Baches		
Pavimento flexible		Peladuras rotura de bordes		
	Grado de severidad	Bajo Medio Alto		PCI
Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Und. medida	Instrumento
	Tiempo de viaje	Demora en la transitabilidad vehicular	Minutos	Cronómetro
Transitabilidad	Mantenimiento para la calidad de servicio	Bueno Regular Malo	porcentaje	PCI

#### FORMULARIO Nº 1

## ESTUDIO DE CLASIFICACION VEHICULAR

TRAMO DE	LA CARRI	ETERA													<b>ESTACIO</b>	N					1
SENTIDO											1				DIA						1
UBICACIÓN											1				FECHA					$\neg$	ı
OBICACION															PECHA						i
			STATION	0	AMIONETA	S		В	US		CAMION			SEMI TI	RAYLER		TRAYLER				
HORA	мотоѕ	AUTO	WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL	MICRO	2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	281/282	293	381/382	>= 393	2T2	2T3	3T2	3Т3	TOTAL
							-			2— <u>F</u>	<del>≈  </del>	<del>~_</del> ₽	<del></del>	<del>260 €</del>	<del></del>	<del>000 €</del>	<del>, , , ,</del>	55 S C	<del>5 € € </del>	55 8 56 F	
0-1																					
1-2																					
2-3																					
3-4																					
4-5																					
5-6																					
6-7																					
7-8																					
8-9																					
9-10																					
10-11																					
11-12																					
12-13																					
13-14																					
14-15																					
15-16																					
16-17																					
17-18																					
18-19																					
19-20																					
20-21																				<u>                                     </u>	$\vdash$
21-22 22-23		_					_			_							_			$\longmapsto$	
23-24						$\vdash$	-		-	-							-			$\vdash$	$\vdash$
TOTALES																				$\overline{}$	

ENCUESTADOR: \_\_\_\_\_ JEFE DE BRIGADA: \_\_\_\_\_ ING.RESPONS: \_\_\_\_\_ SUPERV.MTCC: \_\_\_\_\_

Anexo 4
Ficha de evaluación de campo de calidad

Fuertle Procedimiento estandar para la inspeccion de Indice de Condicion del Parlimento en Caminos y Estaciones ASTM D6433 - 03  Total q CDV  1 Q CDV					HOJA DE	REGISTRO	DE CAMPO				
Mombre de la Va:			METOI	DO PCI							
Mombre de la Via:	INDICED	E CONDICION D	E PAVIMENT	O EN VIAS DE	E PAVIMENTO	FLEXIBLE	L=BAJO				
Nombre de la Via:   Seccion:   Unidad de Nuestra:   Evaluador:   Fecha:   Area (m2):							1				
Nombre de la Vairo   Seccion:   Unidad de Muestra:   Fecha:   Area (m2):			HOJA DE F	REGISTRO							
Evaluador:	Nombre de la	Via:				Seccion:			Unidad de M	uestra:	
N° tipo de falla   Codigo   Unidad											
1. Pieride Cocodilo	_	N° tipo de falla		Codigo	Unidad					Codigo	Unidad
2. Exudacion						1					
3. Agrietamento en Bloque						1					
A Abutamiento y Hundmento		to en Bloque				1					
15 Ahuelamento						1		-			
6. Depression						1					
7. Grieta de Borde											
8. Grieta de Refexion de Junta						1	·				
9. Desnivel/Carrillo Consistency Transversales   GLT   mm   19. Desprendimento de Agregados   DAG   m2   10. Grietas Longitudinales y Transversales   GLT   mm   TOTAL   DENSIDAD   VALOR DEDUCIDO   CANTIDAD   VALOR DEDUCIDO   CANTIDAD   CANTI						1					
### Total   Denside   De						-					
FALLA - SEVERIDAD  CANTIDAD  CANTIDAD  TOTAL  DENSIDAD  VALOR DEDUCIDO  PORTO DESTRUCTOR  PORTO DENSIDAD  VALOR DEDUCIDO  CANTIDAD  TOTAL  DENSIDAD  VALOR DEDUCIDO  CANTIDAD  VALOR DEDUCIDO  CANTIDAD  VALOR DEDUCIDO  CANTIDAD					m	-	19.D esprendimiento de Agregados			DAG	m2
SEVERIDAD  CANTIDAD  CANTIDAD  DEDUCIDO  DEDUC		FALLA-					1				VALOR
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3	SEVERIDAD				CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	DEDUCIDO
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
n°         Valor deducido         total         q         CDV           1         2         3											
1	Fuente:Procedin	miento estandar para	la inspeccion d	le Indice de Cond	dicion del Pavim	ento en Caminos	y Estaciones AS	TM D6433 - 03			
1											
2	n°			,	/alor deducid	lo			total	q	CDV
2	1	<u> </u>				1	Τ				
3							1				
5 6							1				
6	4										
7 8	5										
8											
Max CDV = PCI =							1			-	
PCI=	- 8										
	Max	CDV=									
Patro-	P	CI=									
	Rat	Rating=									

# Anexo 5 Ficha de toma de datos de campo

	Universidad Continental								TINENTA		
							L ÍNDICE DE C	ONDICIÓN	DEL PAVIMENTO	(PCI)	
	_			Vía:	PISAC -SAN	SALVADOR					,
Evaluad	o por:		A. Holgado alma	PAVIMENTO FL	EXIBLE. CARF	PETA ASFÁLTI	ICA			Área de tramo:	
Fecha:	23 de Nov	viembre	del 2020	Abso	cisa inicial:	09+300	Abscisa fir	nal:	09+350	350	m2
N° Tipo de F	alla			Código	Unidad		N° Tipo de	Falla	•	Código	Unidad
1. Piel de Co	codrillo			PC	m2		11. Parche	0		PA	m2
2. Exudacion	1			EX	m2		12. Pulime	PU	m2		
3. Agrietami	ento en Bl	oque		BLO	m2		13. Huecos	s (Baches)		HUE	und
4. Abultamie	ento y Hun	dimient	:OS	ABH	m2		14. Cruce o	de vía férre	:a	CVF	m2
5. Corrugacio	on			COR	m2		15. Ahuell	amiento		AHU	m2
6. Depresior	1			DEP	m2		16. Despla	zamiento		DES	m2
7. Grieta de	Borde			GB	m		17. Grieta	Parabólica		GP	m2
8. Grieta de			3	GR	m		18. Hincha	miento		HN	m2
	•			DN	m		19. Despre	endimiento	os de Agregad	DAG	m2
10. Grietas L	ongitudina	ales y Tra	ansversales	GLT	m				T		
FALLA-	SEVERID AD			C	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
PC	L	0.96	4.80						5.76	1.65	14.32
GLT	М	35.00	23.00	3.15					61.15	17.47	71.01
GB	L	13.00							13.00	3.71	22.20
						ı	1		ı	Total VD	107.53
Número de	valores	deducid	los > 2(a):	7						10141 12	107.55
Valor dedu				71.01	•						
Número m		•	•						Valor dedu	cido corregi	do
N°				VALORES D	EDUCIDO	S			VDT	q	VDC
1	71.01	14.32	22.20	2	2				111.53	3	88.33
2	71.01	14.32	2	2	2				91.33	2	88.10
3	71.01	2	2	2	2				79.01	1	86.51
	1					l		1	1	Máx VDC	88.33
	PCI: INDI	CE DE C	CONDICION	DE PAVIMEN	ITO	PCI = 100	<b>0 - (Máx VI</b> 11	<b>DC o Total</b> 67	_   VD) 		
	CONDICI	ON DEL	. ESTADO D	E PAVIMENT	0		FALLADO		]		

## Ficha de campo

<u></u>		T	ot do d			UNI	/ERSIDAI	D CONTI	NENTAL		
<b> </b> ((⊂			sidad iental		FVA	LUACIÓN DE	I ÍNDICE DE C	ONDICIÓN F	DEL PAVIMENTO	) (PCL)	
<u></u>	<b>=</b> '	ontii	ientai	Vía:	PISAC -SAN			0110101011		7 (1 0.1 )	
Evaluado	o por:		A. Holgado Palma	PAVIMENTO FL	l		TCA			Área de tramo:	
Fecha:	23 de Novi	iembre de	el 2020	A	oscisa inicial:	00+000	Abscisa fina	:	00+050	350	m2
N° Tipo de Fal				Código	Unidad		N° Tipo de F			Código	Unidad
1. Piel de Coc				PC	m2		11. Parcheo			PA	m2
2. Exudacion	ourmo			EX	m2		1	to de Agrega	dos	PU	m2
3. Agrietamie	nto en Blogi	II.E		BLO	m2		13. Huecos		405	HUE	und
4. Abultamier				ABH	m2		14. Cruce de			CVF	m2
5. Corrugacio		memos		COR	m2		15. Ahuella			AHU	m2
6. Depresion	···			DEP	m2		16. Desplaz			DES	m2
7. Grieta de B	orde			GB	m		17. Grieta P			GP	m2
8. Grieta de R		lunta		GR	m		18. Hinchar			HN	m2
9. Desnivel Ca				DN	m			dimientos d	e Agregados	DAG	m2
	). Grietas Longitudinales y Transversales			GLT	m		13. Bespien	arrineritos a	c 7 61 C54 405		
FALLA-	SEVERIDA D	,			CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCIDO (VD)
PC	М	19.72	1.83	20.30	8.06	11.14			61.05	17.44	53.99
АВН	М	4.20	1.60	3.15					8.95	2.56	45.81
GLT	М	15.00							15.00	4.29	50.87
PA	L	4.80	3.36	1.35					9.51	2.72	21.60
										T-4-LVD	172.23
Número de v	alores dedu	cidos > 2(	q):	4						Total VD	172.27
Valor deducid	lo mas alto (	( HVDI):		53.99							
Número máx	imo de valo	res deduc	cidos (mi):	5.23	•				Valor deducid	o corregido	
N°				VALORES	DEDUCIDOS				VDT	q	VDC
1	53.99	50.87	45.81	1	2				174.27		91.28
2	53.99	50.87	45.81	. 2	2				154.67		90.34
3	53.99	50.87	2	2	2				110.86	2	76.47
4	53.99	2	2	2	2				61.99	1	61.00
5											
	PCI: INDICI	E DE CON	DICION DE PA	VIMENTO		PCI = 100 PCI =	- <b>(Máx VDC o</b> 1	Total VD)		Máx VDC	91.28
	CONDICIO	N DEL EST	TADO DE PAV	IMENTO			FALLADO				

Evaluado echa: ° Tipo de Fa Piel de Co Exudacion Agrietami Abultamie Corrugacio Depresion	por: 23 de Nov	ontin Jarco A. H	sidad ental Holgado Pam	Vía:		CIÓN DEL Í	ÍNDICE DE CO	ONDICIÓN	DEL PAVIMEN	NTO (PCI )	
echa:  ° Tipo de Fa Piel de Co Exudacion Agrietamie Abultamie Corrugacio Depresion	por: 23 de Nov	larco A. I				0.0		3112101011		110 (101)	
echa:  ° Tipo de Fa Piel de Co Exudacion Agrietamie Abultamie Corrugacio Depresion	23 de Nov		Holgado Pam		IPISAC -SAN	N SALVADO					
echa:  ° Tipo de Fa Piel de Co Exudacion Agrietamie Abultamie Corrugacio Depresion	23 de Nov			PAVIMENTO						Área de	
Piel de Co Exudacion Agrietami Abultamie Corrugacio Depresion								al:	11+75	350	m2
Piel de Co Exudacion Agrietami Abultamie Corrugacio Depresion				Código	Unidad		N° Tipo de			Código	Unidad
Agrietamie Abultamie Corrugacio Depresion				PC	m2		11. Parched	)		PA	m2
Abultamie Corrugacio Depresion				EX	m2		12. Pulime		gados	PU	m2
Abultamie Corrugacio Depresion	ento en Bl	oque		BLO	m2		13. Huecos			HUE	und
Corrugacio Depresion			os	ABH	m2			e vía férrea		CVF	m2
Depresion				COR	m2		15. Ahuella	miento		AHU	m2
•				DEP	m2		16. Desplaz			DES	m2
Grieta de I				GB	m		17. Grieta F			GP	m2
Grieta de I	Reflexion	de Junta	1	GR	m		18. Hinchar	miento		HN	m2
Desnivel C	arril/Bern	na		DN	m		19. Despre	ndimientos	de Agregado	DAG	m2
). Grietas Lo	ngitudina	ales y Tra	ansversales	GLT	m		'		0 0		
FALLA-	SEVERID AD			(	CANTIDAD				TOTAL	DENSIDAD	VALOR DEDUCID (VD)
AHU	М	27.00	9.00	10.50	17.10				63.60	18.17	51.39
DAG	М	15.40	6.00						21.40	6.11	14.63
PA	М	4.80	5.60	12.80	5.95				29.15	8.33	28.86
PC	М	4.00	7.20	18.20					29.40	8.40	43.52
GB	Н	5.00	8.00						13.00	3.71	14.18
DAG	Н	10.20							10.20	2.91	24.25
GLT	Н	25.00	12.00						37.00	10.57	35.21
úmero de alor dedu	cido mas	alto ( H	IVDI):	7 51.39					Malar dadu	Total VD	212.
umero ma	iximo de	valores	deducidos	5.46					valor dedu	cido corregi	ao
N°				VALORES [	DEDUCIDO	S			VDT	q	VDC
1	51.39	43.52	35.21	28.86			14.18	2	214.04	7	84.
2	51.39	43.52	35.21	28.86	24.25	14.63	2	2	201.86	6	90
3	51.39	43.52	35.21	28.86		2	2 2	2	189.23	5	90
4	51.39	43.52	35.21	28.86	2	2	2 2	2	166.98	4	88
5	51.39	43.52	35.21	2	2	2	2	2	140.12	3	84
6	51.39	43.52	2	2	2	2	2 2	2	106.91	2	60
7	51.39	2	2	2	2	2	2	2	65.39	1	65
8											
9											
10										Máx VDC	90
	PCI: INDI	CE DE C	ONDICION	DE PAVIMEN	NTO	PCI = 100 PCI =	<b>) - (Máx VD</b> 9.2		/D)		

Anexo 7
Valor deducido y densidades falla Piel de Cocodrilo

	Valo	or Dedu	cido
Densidad	В	M	Α
0.10	3.10	6.40	11.80
0.20	3.80	9.30	15.60
0.30	4.60	11.60	18.40
0.40	5.30	13.50	20.60
0.50	6.10	15.30	22.60
0.60	6.90	16.80	24.30
0.70	7.60	18.30	25.90
0.80	8.40	19.70	27.30
0.90	9.10	20.90	28.60
1.00	9.90	22.00	29.90
2.00	16.70	28.20	40.05
3.00	20.70	32.50	45.50
4.00	23.60	35.60	49.30
5.00	25.80	38.00	52.20
6.00	27.60	39.90	54.60
7.00	29.10	41.60	56.70
8.00	30.50	43.00	58.40
9.00	31.60	44.30	60.00
10.00	33.00	45.60	61.30
20.00	40.80	55.40	70.40
30.00	45.90	60.90	75.80
40.00	49.50	64.80	79.50
50.00	52.40	67.80	82.50
60.00	54.70	70.20	84.90
70.00	56.60	72.30	86.90
80.00	58.30	74.10	88.60
90.00	59.80	75.70	90.20
100.00	61.10	77.10	91.60

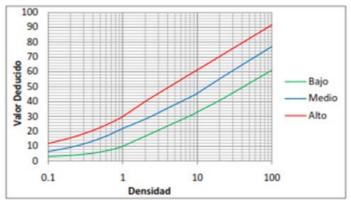


Fig. B.1 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Piel de Cocodrilo

# Valor deducido y densidades falla Exudación

Densidad	Valo	r Dedu	cido
Delisidad	В	M	Α
0.10			2.20
0.20	-	0.80	2.70
0.30	97	1.40	3.10
0.40		1.80	3.50
0.50		2.10	3.90
0.60		2.40	4.30
0.70		2.60	4.70
0.80		2.80	5.10
0.90		2.95	5.50
1.00	0.10	3.30	5.80
2.00	0.30	5.00	8.70
3.00	0.60	6.00	11.00
4.00	0.90	7.00	13.10
5.00	1.20	8.10	14.90
6.00	1.70	9.10	16.60
7.00	2.10	10.10	18.20
8.00	2.60	11.20	19.70
9.00	3.10	12.20	21.10
10.00	3.40	13.00	23.00
20.00	5.90	18.30	34.10
30.00	8.20	22.40	41.60
40.00	10.30	25.80	47.90
50.00	12.40	28.80	53.40
60.00	14.30	31.50	58.40
70.00	16.20	34.00	63.00
80.00	18.10	36.40	67.30
90.00	19.90	38.60	71.30
100.00	21.60	40.60	75.10

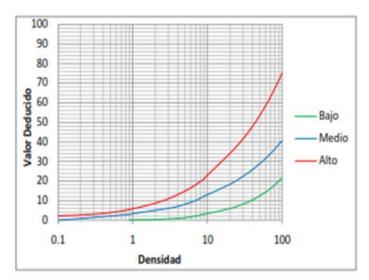


Fig. B.2 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Exudación.

# Valor deducido y densidades falla Abultamiento y Hundimiento

	Densidad Valor Deduci								
Densidad	В	M	Α						
0.10	-		-						
0.20	-	-	-						
0.30	-	4.40	20.50						
0.40	0.90	6.40	23.10						
0.50	1.60	7.90	25.30						
0.60	2.20	9.20	27.30						
0.70	2.70	10.20	29.10						
0.80	3.20	11.20	30.80						
0.90	3.60	12.00	32.30						
1.00	3.90	12.70	33.70						
2.00	6.80	17.60	44.80						
3.00	8.00	21.90	50.50						
4.00	9.20	25.50	55.00						
5.00	10.40	28.70	58.80						
6.00	11.50	31.70	62.10						
7.00	12.70	34.40	65.00						
8.00	13.90	36.90	67.60						
9.00	15.10	39.30	70.00						
10.00	16.30	41.60	72.30						
20.00	28.10	60.20	88.80						
30.00	39.90	74.80	100.20						
32.00	40.00	75.00	100.30						
50.00	-								
60.00	-	-	-						
70.00	-		-						
80.00	-	-	-						
90.00		-	-						
100.00	-		-						

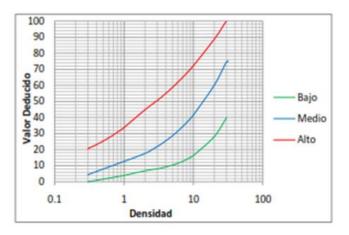


Fig. B.4 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Abultamientos y hundimientos.

# $Valor\ deducido\ y\ densidades\ falla\ Grieta\ Longitudinal\ y\ Transversal$

Densidad	Valor Deducido				
Delisidad	В	M	Α		
0.10	•	•	-		
0.20	٠	٠	-		
0.30	•	٠			
0.40	,	٠	4.30		
0.50	ţ		4.90		
0.60	•	1.40	5.60		
0.70	,	1.70	6.20		
0.80	١	1.90	6.70		
0.90	,	2.10	7.30		
1.00	١	2.40	7.80		
2.00	0.10	4.60	12.30		
3.00	2.00	6.90	16.10		
4.00	3.30	9.20	19.50		
5.00	4.30	11.50	22.60		
6.00	5.10	13.00	25.50		
7.00	5.80	14.30	28.20		
8.00	6.40	15.80	30.80		
9.00	7.00	17.10	32.50		
10.00	8.00	18.30	34.30		
20.00	12.20	26.10	50.30		
30.00	15.10	30.60	59.70		
40.00	17.70	33.90	66.30		
50.00	19.90	36.40	71.50		
60.00	22.00	38.40	75.70		
70.00	23.90	40.10	79.30		
80.00	25.60	41.60	82.30		
90.00	27.30	43.00	85.10		
100.00	28.90	44.20	87.50		

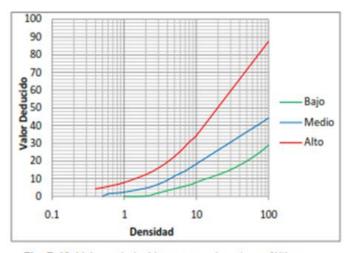


Fig. B.10 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Grietas Longitudinal y Transversal.

# Valor deducido y densidades falla Parcheo

Densida	Valor Deducido			
d	В	M	A	
0.10	•	3.70	6.50	
0.20	•	4.50	9.20	
0.30	•	5.20	11.20	
0.40	•	6.00	12.90	
0.50	1.20	6.70	14.40	
0.60	1.40	7.50	15.80	
0.70	1.60	8.20	17.10	
0.80	1.90	9.00	18.30	
0.90	2.10	9.70	19.40	
1.00	2.30	10.10	19.40	
2.00	4.40	14.30	26.00	
3.00	6.60	17.40	30.80	
4.00	8.00	20.10	34.80	
5.00	9.90	22.40	38.20	
6.00	11.70	24.60	41.20	
7.00	13.20	26.50	44.00	
8.00	14.60	28.30	46.50	
9.00	15.70	30.00	48.90	
10.00	16.80	31.50	52.00	
20.00	23.70	41.00	67.50	
30.00	27.80	47.90	73.10	
40.00	30.70	53.40	77.00	
50.00	32.90	58.20	80.10	
60.00	-	-	-	
70.00	-	-	-	
80.00	-	-	-	
90.00	-	-	-	
100.00	-	(-)	-	

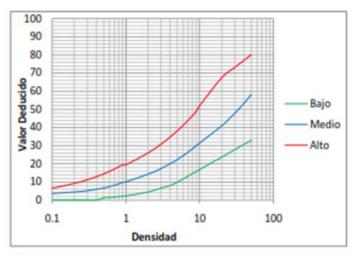


Fig. B.11 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Parcheo.

# Valor deducido y densidades falla Huecos

Densidad	Valor Deducido			
Densidad	В	M	Α	
0.10	3.50	5.20	19.90	
0.20	5.30	9.40	26.70	
0.30	7.20	13.40	31.70	
0.40	9.10	17.20	35.80	
0.50	10.90	20.50	39.40	
0.60	12.80	23.90	42.50	
0.70	14.60	25.90	45.40	
0.80	16.50	27.80	48.00	
0.90	18.30	30.00	50.50	
1.00	18.80	32.00	51.40	
2.00	29.70	2.80 23.90 42.50 4.60 25.90 45.40 6.50 27.80 48.00 8.30 30.00 50.50 8.80 32.00 51.40 9.70 46.00 66.90 6.10 55.00 76.00 0.60 62.10 82.40 4.10 67.60 87.40 6.90 72.10 91.50 0.00 75.50 95.00 2.00 79.10 100.00 3.30 82.00 - 5.00 86.50 - 2.00 100.00 -		
3.00	36.10	55.00	76.00	
4.00	40.60	62.10	82.40	
5.00	44.10	87.40		
6.00	46.90	72.10	91.50	
7.00	50.00	75.50	95.00	
8.00	52.00	79.10	100.00	
9.00	53.30	82.00		
10.00	55.00	86.50		
15.00	62.00	100.00	-	
30.00	74.30	,	-	
40.00	79.50		-	
50.00	83.60	-		
60.00	87.00	-	-	
70.00	89.80	-	-	
80.00	92.20	-	-	
90.00	94.40	-		
100.00	96.30			

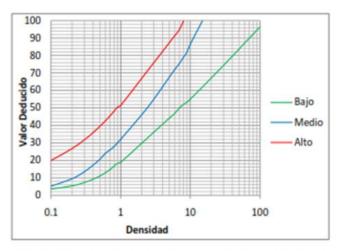


Fig. B.13 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Huecos.

# Valor deducido y densidades falla Ahuellamiento

Densidad	Valor Deducido			
Densidad	В	M	Α	
0.10	1.10	4.60	6.00	
0.20	2.00	7.10	12.40	
0.30	2.80	9.00	16.10	
0.40	3.60	10.80	18.80	
0.50	4.30	12.30	20.80	
0.60	5.10	13.80	22.50	
0.70	5.80	15.10	23.90	
0.80	6.50	16.40	25.20	
0.90	7.20	17.60	26.20	
1.00	7.90	18.20	26.70	
2.00	14.00	25.30	36.20	
3.00	17.10	30.10	42.40	
4.00	19.10	33.40	46.80	
5.00	20.80	36.10	50.20	
6.00	22.30	38.20	53.00	
7.00	23.60	39.80	55.30	
8.00	24.90	41.60	57.40	
9.00	26.00	42.90	59.20	
10.00	27.10	44.20	60.80	
20.00	35.80	53.00	73.00	
30.00	41.40	57.90	79.30	
40.00	43.40 60.30		81.80	
50.00	45.10	62.10	83.80	
60.00	46.50	63.70	85.40	
70.00	47.70	65.10	86.80	
80.00	48.80	66.30	87.90	
90.00	49.70	67.40	89.00	
100.00	50.60	68.40	89.90	

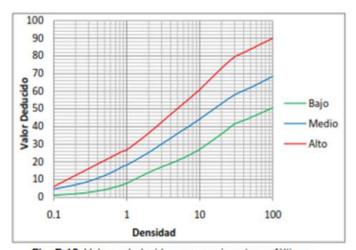


Fig. B.15 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Ahuellamientos.

# Valor deducido y densidades falla Hinchamiento

Densidad	Valo	r Dedu	cido
Delisidad	В	M	Α
0.10	-	-	-
0.20	-	-	-
0.30		-	-
0.40	-	-	
0.50	•		
0.60	-	-	-
0.70	•	٠	-
0.80	-	•	
0.90		-	
1.00	2.80	14.10	32.50
2.00	4.40	18.50	37.80
3.00	5.70	21.80	41.30
4.00	6.80	24.40	44.00
5.00	7.80	26.70	46.20
6.00	8.70	28.70	48.10
7.00	9.60	30.50	49.80
8.00	10.50	32.20	51.30
9.00	11.30	33.80	52.60
10.00	12.00	35.20	53.80
20.00	18.60	46.40	62.70
30.00	23.90	54.60	68.50
40.00	•	٠	
50.00	-	-	-
60.00	-	-	-
70.00	-	-	
80.00	-	-	-
90.00	-	-	-
100.00		-	-

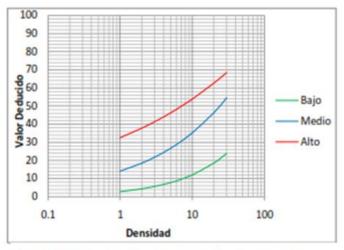


Fig. B.18 Valores deducidos para pavimentos asfálticos. Hinchamiento.

## Valor deducido y densidades falla Desprendimiento de Agregado

Densidad	Valor Deducido			
Densidad	В	M	Α	
0.10	0.30	4.40	5.70	
0.20	0.40	5.70	8.80	
0.30	0.80	6.50	10.60	
0.40	1.20	7.00	11.90	
0.50	1.40	7.40	12.90	
0.60	1.60	7.80	13.70	
0.70	1.70	8.10	14.40	
0.80	1.90	8.30	15.00	
0.90	2.00	8.50	15.50	
1.00	2.00	8.90	16.00	
2.00	2.30	10.00	21.00	
3.00	2.70	11.20	24.90	
4.00	3.00	12.30	28.20	
5.00	3.30	13.40	30.90	
6.00	3.70	14.50	33.40	
7.00	4.00	15.70 35.		
8.00	4.30	16.80	37.70	
9.00	4.60	17.90	39.60	
10.00	4.60	19.00	42.00	
20.00	8.00	25.30	54.50	
30.00	10.00	29.90	60.60	
40.00	11.40	33.10	65.00	
50.00	12.50	35.60	68.40	
60.00	13.40	37.60	71.10	
70.00	14.10	39.30	73.50	
80.00	14.80	40.80	75.50	
90.00	15.30	42.10	77.30	
100.00	15.80	43.30	78.90	

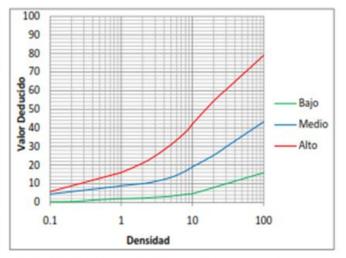
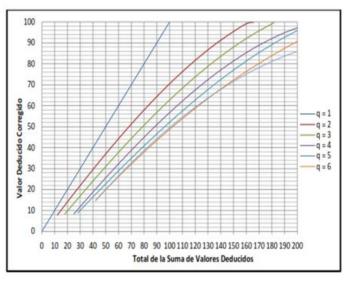


Fig. B.19 Valores deducidos para pavimentos asfálticos.

Desprendimiento de agregados.

## Valor deducido

TOTAL DE	VALOR DEDUCIDO CORREGIDO						
VALORES DEDUCIDOS	q1	q2	q3	q4	q5	q6	q7
0.0	0.0						
10.0	10.0						
12.0	12.0	8.0		5) 5)			
18.0	18.0	12.5	8.0				
20.0	20.0	14.0	10.0				
25.0	25.0	18.0	13.5	8.0			
28.0	28.0	20.4	15.6	10.4	8.0		
30.0	30.0	22.0	17.0	12.0	10.0		
40.0	40.0	30.0	24.0	19.0	17.0		
42.0	42.0	31.4	25.4	20.4	18.2	15.0	15.0
50.0	50.0	37.0	31.0	26.0	23.0	20.0	20.0
60.0	60.0	44.0	38.0	33.0	29.0	26.0	26.0
70.0	70.0	51.0	44.5	39.0	35.0	32.0	32.0
80.0	80.0	58.0	50.5	45.0	41.0	38.0	38.0
90.0	90.0	64.0	57.0	51.0	46.0	44.0	44.0
100.0	100.0	71.0	63.0	57.0	52.0	49.0	49.0
110.0		76.0	68.0	62.0	57.0	54.0	54.0
120.0		81.0	73.0	68.0	62.0	59.0	59.0
130.0		86.0	78.5	73.0	67.0	63.0	63.0
135.0		88.5	81.5	75.5	69.5	65.0	65.0
140.0		91.0	84.0	78.0	72.0	68.0	67.0
150.0		94.0	88.0	82.0	76.0	72.0	70.0
160.0		98.0	93.0	86.0	81.0	76.0	74.0
166.0		100.0	94.8	88.4	83.4	79.0	75.2
170.0			96.0	90.0	85.0	81.0	76.0
180.0			99.0	93.0	88.0	84.0	79.0
182.0			100.0	93.6	88.6	84.8	79.6
190.0				96.0	91.0	88.0	82.0
200.0				98.0	94.0	90.0	84.0



# Anexo 8 Panel fotográfico de los instrumentos y fallas encontradas



Figura 36. Instrumentos utilizados en el trabajo de investigación Unidad de muestra #1 (00+00-00+50)



Figura 37. Falla: parcheo, piel de cocodrilo



Figura 38. Falla: desprendimiento de agregado



Figura 39. Falla: hueco, agrietamiento longitudinal y transversal



Figura 40. Falla: ahuellamiento, desprendimiento de agregado



Figura 41. Fallas: bache



Figura 42. Falla: piel de cocodrilo, parcheo



Figura 43. Fallas: desprendimiento de agregado, ahuellamiento



Figura 44. Falla: piel de cocodrilo, hundimiento



Figura 45. Falla: agrietamiento longitudinal



Figura~46.~Falla:~parcheo,~agrietamiento~longitudinal,~ahuellamiento



Figura 47. Falla: piel de cocodrilo, desprendimiento de agregado



Figura 48. Falla: piel de cocodrilo, ahuellamiento, parcheo, bache



Figura 49. Falla: ahuellamiento, hundimiento y abultamiento, desprendimiento de agregado



Figura 50. Falla: parcheo, desprendimiento de agregado, piel de cocodrilo



Figura 51. Fallas: piel de cocodrilo, abultamiento y hundimiento, ahuellamiento

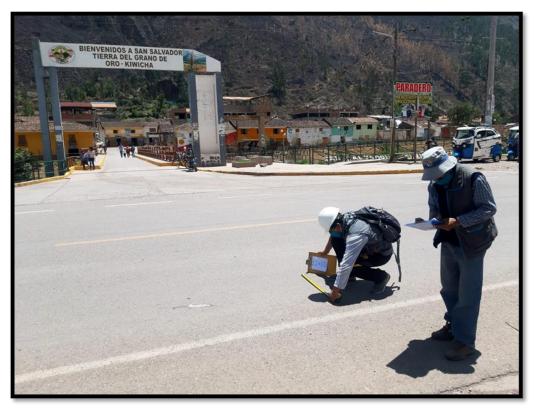


Figura 52. Fallas: desprendimiento de agregado, piel de cocodrilo, ahuellamiento



Figura 53. Fallas: piel de cocodrilo, ahuellamiento, baches, abultamiento



Figura 54. Falla: ahuellamiento, abultamiento en toda la capa asfáltica