



**FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**TESIS**

**“DETERMINAR LOS DEFECTOS DEL PAVIMENTO  
FLEXIBLE DE LA CARRETERA FEDERICO BASADRE  
EN EL TRAMO DISTRITO ALEXANDER VON  
HUMBOLDT- DISTRITO SAN ALEJANDRO- PROVINCIA  
AGUAYTÍA, UCAYALI - PERÚ, 2018.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO CIVIL**

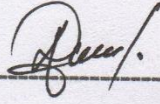
**PRESENTADO POR EL BACHILLER:**

**BRAYAN JHOSTIN CABANILLAS SANCHEZ**

**PUCALLPA - PERÚ**

**2018**

**HOJA DE FIRMAS DEL JURADO**



Mg. Castro Monago, Dedicación

Presidente

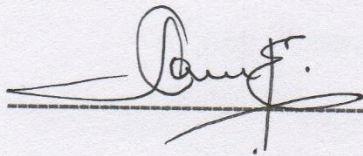
DEDICATORIA



Mg. Ruiz Padilla, Carlos

Miembro/ Secretario

A mis padres y hermanos



Mg. Morales Gonzales, José Isidro

Miembro



Ing. Estela Umpire, Jhonny Jesús

Asesor

## **DEDICATORIA**

Esta investigación se la dedico a Dios mi creador.

A mis padres y hermanos.

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres por todo el apoyo aportado para ser un profesional en las Ciencias civiles

A la UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS, por las enseñanzas recibidas.

A mis docentes con mucho aprecio y nostalgia.

A mi asesor Ing. Johnny Jesús Estela Umpire, por su aporte en todo momento.

A todos mis compañeros de promoción

.

## RESÚMEN

El trabajo de tesis realizado tiene como objetivo principal identificar y describir los deterioros y fallas encontrada en el pavimento flexible de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt - San Alejandro, utilizando la metodología de investigación del tipo descriptivo no experimental, utilizando la visualización como herramienta principal.

La investigación se ha ejecutado teniendo en consideración la importancia que tiene esta carretera principal para la conectividad de los pueblos y ciudades que se encuentran asentados a lo largo de la misma, y que en condiciones óptimas permite el flujo vehicular con normalidad para seguridad y comodidad de los usuarios que transitan por ella.

En la primera parte del trabajo desenvolvemos la idea conceptualizada analizando la situación de la problemática que a su vez nos deriva en el problema general con sus respectivos problemas secundarios, y de esta forma nos planteamos nuestros objetivos que nos ha permitido desarrollar la investigación planteada.

En la segunda parte desarrollamos lo que corresponde al marco teórico revisando literatura que nos permitió ahondar nuestros conocimientos respecto a los pavimentos flexibles y los deterioros que presentan producto de fallas estructurales originadas en el proceso constructivo, también con el paso de los años por el uso, las condiciones medioambientales diferentes en cada región del país.

Seguidamente presentamos los resultados, con la identificación de los deterioros o fallas encontradas y procedemos a su descripción, identificación de las causas posibles que las originaron y el nivel de severidad en el cual se encuentran.

En la parte final de la investigación llegamos a concluir que se identificaron, las fallas o deterioros, lo presentamos en el siguiente orden, en primer lugar, tenemos las fisuras longitudinales con un 34.57%, el parchado con un 29 %, las fisuras transversales con un 11.11%, el desprendimiento con un 3.70 % y por ultimo las grietas longitudinales en la berma con un 27.16 %.

Palabras Claves: Efectos, Pavimento, Flexible

## **ABSTRACT**

The main objective of the thesis work is to identify and describe the deteriorations and failures found in the flexible pavement of the Federico Basadre road, Alexander Von Humboldt - San Alejandro section, using the research methodology of the non-experimental descriptive type, using visualization as a tool principal.

The investigation has been carried out taking into consideration the importance of this main road for the connectivity of the towns and cities that are settled along it, and that in optimal conditions allows the normal flow of traffic for safety and comfort. the users who travel through it.

In the first part of the work we develop the conceptualized idea analyzing the situation of the problem that in turn leads us to the general problem with its respective secondary problems, and in this way we set ourselves our objectives that has allowed us to develop the research proposed.

In the second part we develop what corresponds to the theoretical framework by reviewing literature that allowed us to deepen our knowledge regarding flexible pavements and the deteriorations that present product of structural failures originated in the construction process, also with the passage of the years by the use, the different environmental conditions in each region of the country.

Next we present the results, with the identification of the deteriorations or faults found and we proceed to its description, identification of the possible causes that originated them and the level of severity in which they are.

In the final part of the investigation we came to the conclusion that the faults or deteriorations were identified, we present it in the following order, firstly, we have

the longitudinal fissures with 34.57%, the patching with 29%, the fissures transversal with 11.11%, the detachment with 3.70% and finally the longitudinal cracks in the berm with 27.16%.

Keywords: Effects, pavement, flexible



## ÍNDICE

Hoja de Firmas del Jurado.....	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento .....	iv
RESUMEN .....	v
ABSTRACT .....	vii
INDICE.....	ix
INTRODUCCIÓN .....	xii
<b>Capítulo I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Descripción de la situación problemática.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal.....	2
1.2.3. Delimitación social.....	2
1.2.4. Delimitación conceptual.....	3
1.3. Formulación del problema.....	3
1.3.1. Problema general.....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	4
1.5. Formulación de la hipótesis.....	4
1.5.1. Hipótesis.....	4
1.6. Variables de la Investigación.....	4

1.7. Operacionalización de las Variables.....	4
1.8. Metodología de la investigación.....	5
1.8.1 Tipo de Investigación.....	5
1.8.2 Método de investigación.....	5
1.8.3 Diseño de la Investigación.....	6
1.9. Universo y muestra de la investigación.....	6
1.9.1 Universo.....	6
1.9.2 Muestra.....	7
1.10. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos.....	7
1.10.1 Técnicas.....	7
1.10.2 Instrumentos.....	7
1.10.3 Análisis Documental.....	7
1.11. Justificación e importancia de la investigación.....	8
1.11.1 Justificación.....	8
1.11.2 Importancia.....	9
<b>Capítulo II: MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>10</b>
2.1. Antecedentes del estudio.....	10
2.1.1 Antecedentes internacionales.....	10
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	11
2.2. Bases teóricas.....	21
2.3. Definición de términos básicos.....	42
<b>Capítulo III: PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
3.1. Identificación de deterioros o fallas.....	45
3.2 Descripción de deterioros o fallas encontradas en la calzada.....	48
3.3. Descripción de deterioros o fallas encontradas en la berma.....	53

3.4. Discusión.....	54
<b>Capitulo IV: Conclusiones y Recomendaciones.....</b>	<b>58</b>
4.1. Conclusiones.....	58
4.2 Recomendaciones.....	59
<b>Bibliografía.....</b>	<b>60</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>62</b>

## INTRODUCCIÓN

El Perú cuenta con una red vial extensa, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que trabaja en una visión global para optimizar la calidad de vida de los peruanos a través de objetivos estratégicos que incluyen el asfaltado del 85% de la Red Vial Nacional, según menciona el diario gestión en el año 2015.

En las últimas décadas el país ha desarrollado importantes proyectos viales, como son las carreteras interoceánicas norte, sur y las carreteras que se intercomunican con el centro del suelo patrio, uno de los tramos que forma parte de este estudio corresponde a la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt - San Alejandro que fue inaugurada, el pavimento con asfalto caliente, en noviembre del año 2010, cumpliendo en estos momentos ocho años de funcionamiento.

En la actualidad debido al importante número de proyectos viales ejecutados, la planificación como parte del mantenimiento y reparación de la superficie asfálticas para evitar que los deterioros o fallas existentes en los pavimentos aumenten, es más rigurosa de esta manera se pueda alargar la vida útil de la obra con los mantenimientos periódicos y rutinarios constantes y de forma oportuna.

Los deterioros o fallas que presentan las carreteras pavimentadas después de su puesta en uso comienzan a notarse y esto es atribuible a diversas causas como deficiencias en la estructura, producto del uso o también a las condiciones climáticas diversas que tiene el país a lo largo del territorio nacional.

# **CAPÍTULO I:**

## **PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO**

### **1.1 Descripción de la situación problemática**

El mejoramiento y rehabilitación de la carretera Federico Basadre tramo Alexander Von Humboldt - San Alejandro, se hace realidad con el comienzo de los trabajos en mayo del 2008 y su culminación en noviembre del 2010, el asfaltado de este tramo ha permitido a los productores agropecuarios y forestales la comercialización de sus productos con otros mercados, de esta manera viene contribuyendo con el desarrollo económico y social de los pueblos que une esta importante vía ya que es una de las entradas principales hacia la amazonia peruana y la selva central convirtiendo a la región Ucayali en un importante polo de desarrollo.

Sin embargo, al entrar en uso la carretera, comenzaron a aparecer defectos que generalmente corresponden a los procesos constructivos en el pavimento que causan algún tipo de incomodidad para los transportistas y usuarios. El estado debería ejecutar las garantías que las empresas constructoras, para poder enmendar este tipo de fallas ya que una conservación adecuada del tramo vial garantizará la vida útil que fue proyectada durante su ejecución.

El trabajo de investigación realizado comprende a 26 kilómetros de vía comenzando en la localidad de Alexander Von Humboldt, hasta la localidad de San Alejandro, donde se puede observar la mayor cantidad de defectos o fallas que presenta el pavimento, se determinó cuáles son y las que se presentan con mayor frecuencia.

## **1.2 Delimitación de la investigación.**

El trabajo de tesis estableció las siguientes delimitaciones:

### **1.2.1 Delimitación espacial.**

La investigación se realizó entre las localidades de Alexander Von Humboldt y San Alejandro, comprendiendo la Provincia de Padre Abad; departamento de Ucayali.

### **1.2.2 Delimitación temporal.**

La investigación tuvo como fecha de inicio: Abril del 2018.

Fecha de término: Setiembre del 2018.

Total. 5 meses.

### **1.2.3 Delimitación Social.**

En lo que corresponde a la delimitación social participaron en la investigación: La Universidad Alas Peruanas, filial Pucallpa con el tesista, el asesor, mientras que la población beneficiaria directa del presente trabajo son la población en general y los usuarios de la vía en estudio.

#### **1.2.4 Delimitación conceptual.**

La investigación realizada se delimitó por los conceptos que fueron adquiridos durante nuestra permanencia en las aulas como parte de la formación profesional en la carrera de Ing. Civil de la Universidad Alas Peruanas filial Pucallpa, tales como:

-Pavimentos.

-Carreteras.

-Defectos de los pavimentos flexibles.

### **1.3. Formulación del problema.**

#### **1.3.1. Problema general.**

¿En el tramo de la carretera Federico Basadre del distrito Alexander Von Humboldt al distrito de San Alejandro existe defectos del pavimento flexible, que se constituyen como un problema para el tráfico continuo de los vehículos?

#### **1.3.2. Problemas específicos.**

¿Existe defectos en el pavimento flexible de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt-San Alejandro?

¿Cuáles son los tipos de defectos presentes en el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo que comprende del Distrito de Alexander Von Humboldt- Distrito de San Alejandro?

### **1.4. Objetivos de la investigación.**

#### **1.4.1. Objetivo general.**

-Determinar la existencia y tipos de defectos existentes en el pavimento de la carretera Federico Basadre tramo comprendido

desde el Distrito de Alexander Von Humboldt, hasta el Distrito de San Alejandro.

#### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Determinar los tipos de defectos o fallas más frecuentes en el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro.
- Describir los tipos de fallas que presenta el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro.

### **1.5. Formulación de la hipótesis.**

#### **1.5.1. Hipótesis.**

El pavimento flexible de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro, Provincia de Padre Abad, presenta defectos o fallas.

Por el tipo de investigación que se enmarca en lo, descriptivo por lo tanto no es necesario se considere una hipótesis (*Hernández, Fernández y Baptista 1997*).

### **1.6. Variables de la Investigación.**

- Defectos del pavimento flexible.

### **1.7 Operacionalización de las Variables.**

Se determinó los tipos de defectos o fallas encontradas en el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro, realizando el diagnostico, esto permitió verificar que tipo de fallas son las más frecuentes en los 24 kilómetros de vía estudiados.



Cuadro N° 01: Univariable en estudio

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Defectos del pavimento flexible	Vienen a ser los efectos de los daños causados a una o más de las capas superpuestas y que incluso podrían afectar a la subrasante. Son producidos generalmente por resistir los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le imponen. Las diversas deformaciones máximas admisibles dependen básicamente de los materiales que lo conforman.	Grietas de contracción o de bloque	Frecuencia/Km	Unidades
			Nivel de severidad	Bajo Medio Alto
		Grietas piel de cocodrilo	Frecuencia/Km	Unidades
			Nivel de severidad	Bajo Medio Alto
		Mancha en Pavimentos (Exudación)	Frecuencia/Km	Unidades
			Nivel de severidad	Bajo Medio Alto
		Corrugaciones	Frecuencia/Km	Unidades
			Nivel de severidad	Bajo Medio Alto
		Grietas de borde	Frecuencia/Km	Unidades
			Nivel de severidad	Bajo Medio Alto
		Ahuellamientos	Frecuencia/Km	Unidades
			Nivel de severidad	Bajo Medio Alto

## 1.8. Metodología de la investigación.

### 1.8.1 Tipo de Investigación.

El tipo de investigación usado fue del tipo descriptivo cuantitativo. (Hernández, Fernández y Baptista 1997)

### 1.8.2 Método de investigación.

La investigación se realizó haciendo uso del método descriptivo, no experimental, por qué se estudia el problema sin recurrir a análisis en laboratorio, poniendo en práctica los estudios adquiridos durante nuestra estancia en las aulas de la universidad Alas Peruanas. (Hernández, Fernández y Baptista 1997)

### **1.8.3 Diseño de la Investigación.**

El diseño del presente trabajo se realizó utilizando la metodología de investigación aplicada no experimental y se desarrolló siguiendo la siguiente secuencia:

- Descripción de la problemática.
- Justificación.
- Importancia.
- Planteamiento del problema.
- Revisión de Literatura.
- Diseño de la investigación.
- Admisión de datos.
- Observación
- Análisis
- Evaluación.
- Preparación de resultados.

Conclusiones y recomendaciones. (Hernández, Fernández y Baptista 1997)

## **1.9. Universo y muestra de la investigación.**

### **1.9.1 Universo.**

La población para este trabajo de tesis esta dado desde el kilómetro 86 de la carretera Federico Basadre, hasta el kilómetro 100, de la misma vía, Provincia de Padre Abad, Departamento de Ucayali.

Esto hace un universo de 14 km.

### **1.9.2 Muestra.**

La muestra es igual a la población. (Hernández, Fernández y Baptista 1997)

## **1.10. Técnicas e instrumentos de la recolección de datos.**

### **1.10.1 Técnicas.**

La recolección de datos consistió en:

- Diagnóstico situacional.
- Observación directa.
- Análisis visual.

### **1.10.2 Instrumentos.**

-Consultas.

-Cinta métrica.

-Cámara fotográfica.

### **1.10.3 Análisis Documental.**

El trabajo de investigación realizado comenzó con la conceptualización de la idea para dar forma al plan de investigación, complementando con el acopio de información a través de la revisión de literatura, parte que ha contribuido a reforzar nuestro conocimiento del tema y permitió el normal desenvolvimiento durante el desarrollo del trabajo.

## **1.11. Justificación e importancia de la investigación.**

### **1.11.1 Justificación.**

La carretera Federico Basadre y en particular el tramo en estudio, ha concluido su construcción a nivel de carpeta asfáltica en caliente hace ocho años esto ha permitido que los usuarios de esta se trasladen con comodidad y especialmente seguros.

Con el transcurso del tiempo después de su puesta en uso comienzan a aparecer deterioros o fallas producto de deficiencias estructurales y también por el tráfico que soporta e igualmente sin olvidarse de las condiciones medio ambientales que soporta la vía.

Se puede esperar que todo proyecto de carreteras importante encuentre una gran variedad de condiciones geológicas, puesto que se extienden grandes distancias. Aunque será extraño que una carretera requiera actividades constructivas en las profundidades del subsuelo, los cortes que se realizan para lograr las gradientes uniformes que demandan las autopistas modernas proporcionan por necesidad una multitud de oportunidades de observar la geología.

El trabajo de investigación se justifica porque es necesario identificar los defectos y fallas que presenta esta importante vía situada en el corazón de la selva y determinar las posibles causas de las fallas para que posteriormente se puedan plantear las posibles medidas a tomar, con el fin de que la vía se encuentre siempre operativa, garantizar su vida útil y como también evitar que los daños sean mas graves en el futuro, ahorrando importantes recursos financieros al estado.

Durante la construcción de una vía no se tiene en cuenta el historial del área a construir la carretera que en el pasado fue un bosque

virgen con abundancia de arboles que tienen la características que algunas especies presentan raíces de gran profundidad mas de cinco (5) que finalmente estén causando problemas de hundimiento en la capa asfáltica.

Otro problema que justifica la ejecución de esta investigación es la presencia de especies de arboles que crecen a menos de cinco (5) metros de la capa asfáltica que las también pueden ser un gran problema para las vías o carretera, también las aguas superficiales deben ser consideradas como un problema para las vías a construir, todo lo mencionado justifica la realización de la investigación que se propone.

#### **1.11.2 Importancia.**

Efectuar un estudio de los tipos de deterioros y fallas del tramo en estudio, es de suma importancia ya que esto permite que el trabajar en los tipos de mantenimiento que realiza el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, a través de PROVIAS nacional; y permite un normal desenvolvimiento del tránsito en la zona, esto a su vez tiene una gran influencia socio económica, al conectar las zonas rurales y urbanas a lo largo de su área de influencia.

Por lo mencionado anteriormente es importante tener una vía completamente operativa que garantice la mejora de la calidad de vida de la población.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación.**

##### **2.1.1 Antecedentes Internacionales.**

**Miranda (2010)**, en su tesis para optar el título de ingeniero constructor, titulada: *“Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos, Valdivia. Chile”*, como parte de sus conclusiones afirma que en la localidad donde se desarrolló la investigación, aún no se toma verdadera conciencia de que hacer mantención o conservación de pavimentación es mucho más barato que reparar el mismo pavimento, además de que se ahorra recursos financieros, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores.

- La conservación de pavimentos requiere de personal capacitado, es decir, que dominen ampliamente el tema.
- Para que los fondos destinados a mantención sean ocupados en forma eficiente, es necesario inspeccionar los pavimentos frecuente y minuciosamente
- Tan pronto ha sido determinada la necesidad de hacer reparaciones, éstos deben hacerse inmediatamente, ya que los

pavimentos continúan deteriorándose día a día, produciendo así una conducción peligrosa.

- Es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia.

- Un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público.

- Con respecto a los trabajos realizados en los sectores, de Valdivia alguna de las técnicas empleadas en la reparación de pavimentos no fue la adecuada ya que no emplearon los criterios adecuados al tipo de falla con su solución respectiva, y los trabajos efectuados tienen que tener mayor inspección por parte del mandante.

- Corresponde definir legalmente un único organismo público responsable de la reparación, conservación y reposición de pavimentos, que tenga asignados recursos para ello en forma directa, para lo cual se requiere con urgencia actualizar la antigua legislación sobre pavimentación urbana.

### **2.1.2. Nacionales.**

**Pereda (2014)**, en su tesis para optar el título de ingeniero civil: índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca -La Colpa. Perú, nos indica que las principales fallas encontradas en los diferentes tramos del pavimento fueron:

En la sección 01: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios, grietas longitudinales y transversales, abultamientos y hundimientos, piel de cocodrilo, desnivel carril - berma, agrietamiento en bloque, baches e hinchamiento.

En la sección 02: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios, grietas

longitudinales y transversales, desnivel carril - berma, agrietamiento en bloque, baches y corrugación.

En la sección 03: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios, grietas longitudinales y transversales, abultamientos y hundimientos, piel de cocodrilo, exudación, grieta de borde, desnivel carril - berma, agrietamiento en bloque, baches, hinchamiento, fisura de reflexión de junta, agregado pulido.

En la sección 04: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, grietas longitudinales y transversales, desnivel carril - berma, abultamientos y hundimientos y grietas de borde.

**Vergara (2015)**, en su tesis para obtener el título de ingeniero civil: "*Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay -Ingenio del km 0+000 al km1+000 2014*". Huancayo. Perú; al término de la investigación realiza las siguientes conclusiones que mencionaremos a continuación:

-Según la incidencia de fallas por densidad (porcentaje de área de fallas en comparación del área de la unidad de muestras), las fallas con mayores áreas son las fallas funcionales con 63%. Dentro de las fallas funcionales la que más área abarco es la peladura por intemperismo con un área total de 931.5 m<sup>2</sup> que representa el 14.44% del área total de los 1000 metros.

La segunda falla con más incidencia dentro de todas fue la corrugación con un área total de 517.5 m<sup>2</sup> que es 8.02% del área total.

-Según la incidencia de daños determinado por el valor deducido (VD), las fallas estructurales fueron las más incidentes con un 79%,



dentro de estas fallas las que más daño causan al pavimento son los baches, como ya se dijo los baches son fallas estructurales originadas por el mal estado del paquete estructural debido a varios factores, estos baches debido a los niveles altos de severidad y áreas considerables fueron los más determinantes para el resultado de pavimento en estado malo. Por lo tanto podemos decir que el mal estado estructural del pavimento perjudica considerablemente el estado funcional del mismo.

-Las fallas superficiales o funcionales representan un 21% un valor bajo en comparación a las fallas estructurales 79%, estas fallas que como ya vimos son las que abarcan mayor área, entonces podemos decir que los daños producidos por las fallas funcionales no lo determinan una área considerable sino que para que produzca un daño importante debe ser una falla de nivel de severidad alta.

-Según la curva de deterioro del pavimento, la condición del pavimento ha caído en un estado crítico, tanto desde el punto de vista funcional como estructural. En este punto, normalmente, se requieren costosos trabajos de mantenimiento mayor, rehabilitación o reconstrucción, en este punto se gastaría \$61m<sup>2</sup> aproximadamente. Sabiendo que es necesario un mantenimiento mayor (correctivo), determinamos que la sección del pavimento necesita un tratamiento superficial (lechada asfáltica por tener costos bajos en comparación a otros tratamientos), antes de hacer este trabajo se tienen que hacer una mejora en la resistencia estructural del pavimento y para esto se harían los parches profundos localizados.

**Humpiri (2015)**, en su tesis para obtener el grado de magister en ingeniería civil denominada: *"Análisis superficial de pavimentos*

*flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno*". Perú; al término de la investigación nos indica:

-Las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamientos, desgaste superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada.

-De las fallas superficiales de la zona de estudio se puede concluir que generalmente presentan un nivel de severidad bajo, la primordial causa de deterioro es el insuficiente mantenimiento de las vías.

-Con los tratamientos de conservación vial sugeridos en el presente estudio se logra reparar el daño de forma puntual y precisa mejorando el nivel de serviciabilidad. Si en un determinado tipo de falla no se realiza la actividad de conservación adecuada no se logrará disminuir de manera óptima el daño.

-El mantenimiento permanente de las infraestructuras viales ayuda a la conservación de las vías, reflejándose en comodidad y tiempo de transporte.

-Se puede concluir con la investigación, de la identificación de fallas superficiales en pavimentos flexibles, que existe una gran variedad de fallas, las cuales ayudarán a los ingenieros viales como guía de inspección vial.

**Gonzales (2015)**, en su tesis para optar el título de ingeniero civil denominada: *"Fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de*

*evitamiento sur, Cajamarca, Perú*”; al culminar el estudio nos aporta los siguientes resultados:

Se han determinado que las fallas en el pavimento flexible de la Avenida Vía de evitamiento sur si son de severidad baja, siendo el más repetitivo parche (PCH), con una incidencia de 278.74 metros cuadrados.

Se logró evaluar, por medio de formatos de inspección para pavimentos flexibles, la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca en el año 2015, permitiendo concluir que 929.88 metros cuadrados, el 2.66 % del total evaluado, presenta fallas de diferente tipo, siendo la de parches (PCH) la que presenta mayor cantidad de repeticiones con 198 veces.

Se describió las fallas que se encuentran en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur entre el óvalo musical y la avenida industrial de la ciudad de Cajamarca, año 2015, encontrándose 78 fisuras longitudinales (FL), con posibles causas de encontrarse en zonas de contacto por diferencias de rigidez, riego insuficiente de liga o espesor insuficiente de capa de rodadura; 15 fisuras transversales (FT), pudiendo darse por causas similares a la anterior falla de fisura longitudinal, además de envejecimiento del asfalto; 168 hundimientos (HUN), con posibles causas de asentamiento de subrasante, deficiente compactación en capas inferiores o deficiente drenaje; 198 parches (PCH), con posibles causas de procesos constructivos deficientes, deficiencia en las juntas, propagación de daños existentes en las áreas aledañas a parche o ineficiente parcheo; 40 baches (BCH), con posibles causas de retención de agua en zonas fisuradas, algunos defectos constructivos o deficiente espesor de capa de rodadura; 64 piel de cocodrilo (PC), con posibles

causas de espesor estructural insuficiente, deformaciones de la subrasante, problemas de drenaje o deficiente mezcla asfáltica; 15 descascaramiento (DC), con posibles causas de espesor insuficiente de capa asfáltica, riego de liga inadecuado, mezcla asfáltica muy permeable; 3 falla bloque (FB), con posibles causas de variaciones de temperatura; y 3 desgaste superficial (DSU), con posibles causas de falta de adherencia de asfalto con agregados.

**Auccahuaqui, Corahua (2016)**, en su tesis para optar el título de ingeniero civil: *“Evaluación del sistema de pavimentos flexibles en la prolongación de la av. la cultura tramo (4to paradero de San Sebastián – grifo mobil de San Jerónimo)”*. Cuzco. Perú; llego a las siguientes conclusiones:

-La resistencia de la estructura del pavimento está sub dimensionada para las condiciones actuales de servicio de la vía, la cual se logró verificar la resistencia al corte de la estructura del pavimento, mediante el ensayo CBR in situ dándonos como resultados CBRs muy bajos tanto para la base (promedio 30%) y sub base (promedio 7%) y comparando con los valores establecidos por el MANUAL DE CARRETERAS (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013) en la tabla N° 58 y tabla N° 59 los cuales indican que para la base el CBR debe ser como mínimo 80% y para la sub base debe ser como mínimo 40% respectivamente llegando a la conclusión de que son bajas para las condiciones actuales de servicio de la vía.

-La falla mayoritaria que dificulta la transitabilidad es el ahuellamiento ya que mediante un inventario vial se logró identificar todas las fallas existentes demostrándose que la falla más presente es el ahuellamiento con un valor máximo de 180 mm y mínimo de 7 mm, llegándose a la conclusión que el ahuellamiento si afecta a la

transitabilidad el cual no permite una buena calidad de rodaje de las ruedas de los vehículos y dificultad del paso peatonal

-Para las condiciones actuales de la vía el espesor del pavimento evaluado cumple para las cargas que transitan actualmente.

-Las condiciones de la compactación de la base y sub base satisfacen las necesidades de las cargas vehiculares” ya que mediante los CBRs obtenidos teniéndose para la base un promedio del 30% y para la sub base un promedio del 7%; se puede concluir que existe una inadecuada compactación del paquete estructural, lo que origina inestabilidad en las capas base y sub base permitiendo el movimiento lateral de los materiales.

**Conza (2016)**, en su tesis para optar el título de ingeniero civil denominada: *“Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca. Puno. Perú;* en sus conclusiones afirma que se ha determinado el estado en el que se encuentra el pavimento flexible de la Av. Circunvalación Oeste, que tiene dos carriles de 503m cada uno. El tramo de estudio consta de 58 unidades de muestra (29 por carril) obteniendo los siguientes resultados.

De las 19 fallas tipificadas por el Método PCI, se tiene 8: Piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento, grietas longitudinales y transversales, parcheo, agregado pulido, baches y peladura por intemperismo. 11 tipos de fallas no tienen presencia. Las fallas identificadas se encuentran distribuidas en diferentes unidades de muestra.

De la aplicación del método PCI se determina que las fallas recurrentes son los baches siendo el 28% del total de fallas

encontradas en el tramo de estudio, piel de cocodrilo 24% y agregado pulido también con un 24%

Los demás tipos de fallas se presentan en menor porcentaje.

Los baches encontrados tienen un nivel de severidad alto (H) encontrándose en un 74% del total de baches registrados, de acuerdo al gráfico 3. Estas fallas se encuentran en mayor proporción en el carril derecho (dirección Parque Cholo – Av. Ferrocarril).

Las fallas encontradas en la evaluación realizada a la Av. Circunvalación Oeste, no se presentan de manera generalizada en toda el área de estudio, por lo que se considera el valor PCI por unidades de muestra determinando su estado para su intervención. El promedio PCI obtenido de las 58 unidades de muestra es 46, siendo la condición de vía en general, Regular con tendencia a malo (0-40). La intervención que se tiene que hacer es el mantenimiento mayor efectivo también considerada como zona óptima de rehabilitación, puesto que la estructura del pavimento y su calidad de rodaje no se han deteriorado severamente conservando buena parte de su resistencia original. El 35% del total del estado de la vía es de buena a excelente. Y un 65% presenta fallas que necesitan ser atendidos, siendo estos en condiciones de colapsado 24%, muy pobre 10%, pobre 2%, y regular 15%.

Los factores que incrementan los baches son las sobrecargas en los ejes de vehículos pesados (ESAL mayor al de diseño. Estos factores son determinantes en la performance del pavimento, por lo que deberían tomarse en cuenta para un futuro diseño. Se ha encontrado que el tráfico real (número de ejes equivalentes, EAL's) es mayor al tráfico que normalmente debe existir en una vía como esta. Esto se ha obtenido como resultado de evaluar los sobrepesos de los ejes

de distintos tipos de camiones y la presión de inflado de ellos. Asimismo, se comprobó que en las zonas de baches el tráfico pesado empeora su situación. Por lo tanto, se puede concluir que uno de los factores que incrementa los baches es la sobrecarga de los vehículos, principalmente de los pesados. Por otro lado, respecto a las velocidades del flujo vehicular, los valores de mayor deformación permanente son aquellos que coinciden con las zonas que contienen baches, zona de parada/estacionamiento, entre otros. Los valores de deformación permanente plástica y el proceso rápido de evolución en dichos puntos, evidencia que la presencia de esta falla (bache), son un factor muy importante en la aparición y desarrollo del mismo.

Para la prueba de lavado de asfalto todas las muestras presentan que los agregados finos no están dentro del rango de las especificaciones de valores mínimos de granulometría. Quiere decir que el pavimento analizado está perdiendo agregados finos.

En el ensayo Marshall el porcentaje de vacíos en las muestras 04 y 05 no están dentro del margen establecido, están en una cantidad mayor al límite superior. Para el caso del V.M.A la muestra 04 es la única que cumple con el mínimo valor requerido. En cuanto al flujo y la estabilidad corregida todas las muestras cumplen con normado. Se considera que para un pavimento nuevo estos ensayos si deben cumplir con los parámetros establecidos en la normativa, pero para pavimentos que ya tienen un periodo de uso estos ensayos no cumplirán con la verificación de los materiales precisamente por haber perdido muchas de sus características iniciales. Quiere decir que los resultados podrían no ser significativamente representativas de los valores de laboratorio esperados. De acuerdo a la guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para verificación de calidad de materiales de un pavimento asfaltico

De acuerdo al manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos (2014) en su sección suelos y pavimentos, para los casos de la vía derecha e izquierda, la deflexión admisible es menor ( $53 \times 10^{-2}$  mm) a la obtenida en el ensayo ( $101.5 \times 10^{-2}$  mm), entonces se determina que existe una falla estructural y de acuerdo con los resultados obtenidos de los radios de curvatura podemos decir que no es una falla estructural ya que estos superan el valor de 80. Por lo que concluimos que el pavimento necesita un refuerzo estructural para resistir el tráfico previsto y tomar en cuenta un adecuado plan de mantenimiento y drenaje. Para este caso el manual (MTC, 2015,) de acuerdo con el ábaco para cálculo de espesores de refuerzo en carpeta asfáltica, con los datos de deflexión y número de repeticiones de ejes equivalentes, recomienda un refuerzo de mezcla asfáltica en caliente de 12cm previamente deberá repararse el pavimento existente y hacer mejoras de drenaje.

**Panta (2017)**, en su trabajo de tesis, para obtener el título de ingeniero civil denominado: *“Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la av. Chulucanas entre las progresivas km. 0+000 al km. 0+670 del distrito veintiséis de octubre, Provincia de Piura y departamento de Piura. Perú”*; después de desarrollar su investigación llegó a las siguientes conclusiones:

- Las patologías encontradas en la presente investigación son:
  - a) Ahuellamientos
  - b) Abultamientos y Hundimientos
  - c) Corrugación
  - d) Huecos
  - e) Desprendimiento de Agregados
  - f) Pulimento de Agregados



- Se concluye que el Índice de Condición de Pavimento (PCI), identificado en la AV. Chulucanas entre las progresivas Km.0+000 al Km.0+670 del distrito de Veintiséis de octubre es de 56.14% alcanzando a un estado de conservación BUENO.

- El nivel de incidencia de las patologías del pavimento flexible de la Av. Chulucanas entre las progresivas Km.0+000 al Km.0+670 del distrito de Veintiséis de octubre son: a) Ahuellamientos 0.31%, b) Abultamiento y Hundimiento 0.80%, c) corrugación 0.56 %, d) Huecos 0.02%, e) Desprendimiento de agregados 13.08%., f) Pulimiento de Agregados 10.10%.

- La patología más predominante en el pavimento flexible es: e) Desprendimiento de agregados 13.08%.

- La patología con mayor severidad en la vía es desprendimiento de agregados 13.08%.

- La severidad presentada en la vía es moderada.

## **2.2. Bases teóricas.**

### **2.2.1 Población.**

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la población de la provincia en el año 2009 fue de 54 mil 23 habitantes y llegará a 59 mil 347 habitantes al año 2015; muestra una tendencia decreciente de la tasa de crecimiento promedio de la población al 2015, proyectada por el INEI en la provincia de Padre Abad. Según estas estimaciones al 2015 se reducirá la tasa promedio de crecimiento poblacional anual a 1.46%.

### **2.2.2. Pavimentos.**

Se llama pavimento al conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente. Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son las siguientes: anchura, trazo horizontal y vertical, resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos, además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aun en condiciones húmedas. Deberá presentar una resistencia adecuada a los esfuerzos destructivos del tránsito, de la intemperie y del agua. Debe tener una adecuada visibilidad y contar con un paisaje agradable para no provocar fatigas.

Puesto que los esfuerzos en un pavimento decrecen con la profundidad, se deberán colocar los materiales de mayor capacidad de carga en las capas superiores, siendo de menor calidad los que se colocan en las terracerías además de que son los materiales que más comúnmente se encuentran en la naturaleza, y por consecuencia resultan los más económicos.

La división en capas que se hace en un pavimento obedece a un factor económico, ya que cuando determinamos el espesor de una capa el objetivo es darle el grosor mínimo que reduzca los esfuerzos sobre la capa inmediata inferior. La resistencia de las diferentes capas no solo dependerá del material que la constituye, también resulta de gran influencia el procedimiento constructivo; siendo dos factores importantes la compactación y la humedad, ya que cuando un material no se acomoda adecuadamente, éste se consolida por efecto de las cargas y es cuando se producen deformaciones permanentes.

## **Tipo de pavimentos.**

Básicamente existen dos tipos de pavimentos: rígidos y flexibles.

- **Pavimento rígido.**

se compone de losas de concreto hidráulico que en algunas ocasiones presenta un armado de acero, tiene un costo inicial más elevado que el flexible, su periodo de vida varía entre 20 y 40 años; el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se efectúa (comúnmente) en las juntas de las losas. (RNE)

- **Pavimento flexible.**

Este tipo de pavimento este compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base y de la sub-base. Resulta más económico en su construcción inicial, tiene un periodo de vida de 20 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento constante para cumplir con su vida útil. (RNE).

## **Tipo de fallas o deterioros en pavimentos flexibles**

Según el manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013, tenemos los siguientes deterioros o fallas en los pavimentos flexibles y lo describimos a continuación:

### **1.- Calzada - tipos de deterioros / fallas y niveles de gravedad.**

#### **a) Clasificación de los deterioros o fallas.**

Los deterioros/fallas de los pavimentos flexibles pueden clasificarse en dos grandes categorías: los deterioros / fallas estructurales y los deterioros/fallas superficiales. Los deterioros de la primera categoría se asocian generalmente con obras de rehabilitación de costo alto. Los deterioros de la segunda categoría se relacionan generalmente con obras de mantenimiento periódico (por ejemplo, carpeta delgada de concreto asfáltico o tratamiento superficial).

### ➤ **Tipos y causas de los daños estructurales**

Los deterioros estructurales caracterizan un estado estructural del pavimento, concerniente al conjunto de las diferentes capas del mismo o bien solamente a la capa de superficie.

Las cargas circulantes resultan generalmente en:

- Deformaciones verticales elásticas del material de las capas granulares y del suelo de la subrasante.
- Deformaciones horizontales elásticas de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas.

Si la deformación vertical de las gravas y/o suelos excede el límite admisible, se observan deformaciones permanentes del pavimento (hundimiento o ahuellamiento de gran radio). Si la deformación horizontal de tensión por flexión en la parte inferior de las capas asfálticas excede el límite admisible, dichas capas se fisuran en su parte inferior y las fisuras luego se propagan hasta la superficie: fisuras longitudinales en las huellas del tránsito y fisuras en forma de piel de cocodrilo.

Los deterioros o fallas (deformación y/o fisuración) no aparecen de inmediato (en general), sino al cabo de la repetición de cargas definida por la curva de fatiga de cada material.

### ➤ **Tipos y causas de los daños superficiales.**

Los deterioros superficiales se originan en general por un defecto de construcción, por un defecto en la calidad de un producto o por una condición local particular que el tráfico acentúa. Además, pueden resultar de la evolución de deterioros o fallas estructurales.

Se distinguen:

Los desprendimientos

Los baches (huecos)

Las fisuras transversales (que no resultan de la fatiga del pavimento)

La exudación.

**Figura N° 01: Tipo de deterioros o fallas en pavimentos asfaltados.**

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

Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013.

## **DETERIOROS O FALLAS ESTRUCTURALES**

### **a) Deterioro / falla 1: Piel de cocodrilo**

• **Descripción.** La piel de cocodrilo está constituida por fisuras que forman polígonos irregulares de ángulos agudos. Puede ser en su principio, poco grave, mostrando polígonos incompletos dibujados en la superficie por fisuras cerradas (es decir, de ancho nulo). El tamaño de la malla disminuye luego bajo el efecto de las condiciones climáticas y del tráfico. Las fisuras se abren y se observan pérdidas de material en sus bordes.

• **Causas.** El deterioro/falla es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie.

• **Niveles de Gravedad.** El criterio principal es el orden de magnitud de la malla.

1: Malla grande ( $> 0.5$  m) sin material suelto.

2: Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto.

3: Malla pequeña ( $< 0.3$  m) sin o con material suelto

El nivel 1 corresponde a la aparición de la red en la superficie, las fisuras no tienen generalmente un ancho significativo.

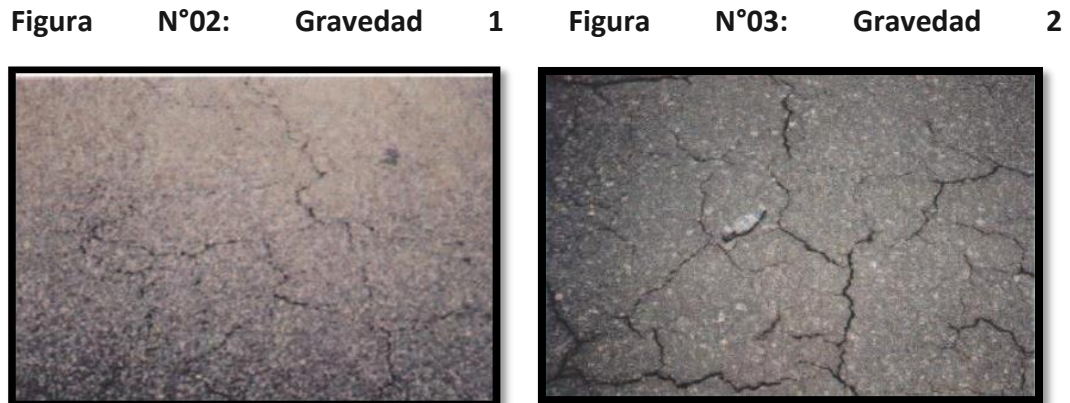
Se abren en los niveles 2 y 3.

#### **• Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de la piel de cocodrilo y su extensión, así como de otros elementos de diagnóstico (deformaciones, deflexión y rugosidad), se consideran:

- Reparaciones por sello o carpeta asfáltica con mezcla en caliente.

- Sello o carpeta asfáltica.
- Rehabilitación o reconstrucción.



Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013.

## b) Deterioro / falla 2: Fisuras longitudinales

### • Descripción.

En este rubro se incluyen las fisuras longitudinales de fatiga. Discontinuas y únicas al inicio, evolucionan rápidamente hacia una fisuración continua y muchas veces ramificada antes de multiplicarse debido al tráfico, hasta convertirse en muy cerradas.

### • Causas.

El deterioro / falla es consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento. Esta falla comienza en la parte inferior de las capas asfálticas. La fisuración se propaga a la superficie.

### • Niveles de Gravedad.

El criterio principal es el orden de magnitud de la malla.

1: Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $< o = 1$  mm)

2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $< o = 3$  mm)

3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.

Fisuras longitudinales y transversales: El nivel 1 corresponde al concepto del AASHTO de «hairline crack» («fisura como un cabello»), se puede considerar que el ancho es generalmente inferior a un mm. En cuanto a las fisuras abiertas de gravedad 2, se considera que su ancho es generalmente superior a un mm con bordes verticales (sin desintegración de bordes) y menor o igual a 3 mm. Se vuelven gravedad 3 cuando los bordes se desintegran y tienen un ancho superior a 3 mm.

**• Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de las fisuras y su extensión, así como de otros elementos de diagnóstico (deformaciones, deflexión y rugosidad), se consideran:

- Ninguna medida
- Reparaciones por sello o carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
- Sello o carpeta asfáltica
- Rehabilitación o reconstrucción.



**Figura N° 04: Gravedad 1**



**Figura N° 05: Gravedad 2**



**Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013.**

### **c) Deterioro / falla 3: Deformación por deficiencia estructural**

#### **- Descripción**

Las deformaciones propias de los pavimentos flexibles se caracterizan, en la casi totalidad de los casos, por:

1. Las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones continuas (deterioro 3a) o localizadas (deterioro 3b).
2. El ahuellamiento (deterioro 4) relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.

En todos los casos, su gravedad es anotada por la profundidad medida sobre una regla rígida de 1.50 m de longitud colocada transversalmente en la calzada. El presente rubro se refiere a las deformaciones por deficiencia estructural.

La depresión continua aparece en el trazado de las ruedas, en un ancho superior a 0.8 m, sobre los laterales del pavimento de 0.5 a 0.8 m del borde, debido al asentamiento de los materiales de una o varias capas del pavimento y de la subrasante bajo un tráfico pesado y canalizado.

La depresión localizada es un hundimiento de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo. Conciernen generalmente a la totalidad del borde del pavimento. Es una consecuencia de defectos de soporte o de estabilidad debidos a una mala calidad de los materiales o a un contenido de agua excesivo.

• **Causas.**

Los deterioros o fallas 3a y 3b son consecuencias del fenómeno de fatiga de una o varias capas del pavimento y de la subrasante sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Es indicativo de insuficiencia estructural del pavimento.

• **Niveles de Gravedad.**

1: Profundidad sensible al usuario < 2 cm.

2: Profundidad entre 2 cm y 4 cm.

3: Profundidad  $\geq$  4 cm

• **Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de las deformaciones (ahuellamiento y hundimiento) y su extensión, así como otros elementos de diagnóstico (fisuraciones, deflexión y rugosidad), se consideran

- Ninguna medida.
- Reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente
- Carpeta asfáltica.
- Rehabilitación o reconstrucción parcial o total (incluyendo el drenaje si fuera necesario).



Figura N° 06: Gravedad 1



Figura N° 07: Gravedad 2



Figura N°08: Gravedad 3

#### d) Deterioro / falla 4: Ahuellamiento

##### · Descripción.

Las deformaciones propias de los pavimentos flexibles se caracterizan, en la casi totalidad de los casos, por:

1. Las deformaciones por deficiencia estructural, depresiones continuas (deterioro 3a) o localizadas (deterioro 3b)
2. El ahuellamiento (deterioro 4) relacionado con el comportamiento inestable de la capa de rodadura.

En todos los casos, su gravedad es anotada por la profundidad medida sobre una regla rígida de 1.50 m de longitud colocada transversalmente en la calzada. El presente rubro se refiere a las deformaciones por comportamiento viscoelástico de la capa de

rodadura (deterioro 4). La huella aparece en el trazado de las ruedas, en un ancho inferior a 0.8 m, sobre los laterales del pavimento de 0.5 a 0.8 m del borde, debido a un comportamiento visco-elástico de las de la capa de rodadura bajo un tráfico pesado y canalizado.

**- Causas.**

- Esta puede provenir de las siguientes causas probables:
- Defecto de dosificación del asfalto.
- Inadecuación entre el tipo de asfalto y la temperatura de la capa de rodadura.
- Inadecuación entre la gradación de los agregados y la temperatura de la capa de rodadura.
- Inadecuación entre la gradación de los agregados y la clase de tránsito

**- Niveles de Gravedad.**

- 1: Profundidad  $< o = 6$  mm
- 2: Profundidad  $>6$  mm y  $< o =12$  mm
- 3: Profundidad  $> 12$  mm

**- Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de las deformaciones y su extensión, así como otros elementos de diagnóstico (deflexión y rugosidad), se consideran:

- Ninguna medida.
- Reparaciones con mezcla en caliente.
- Carpeta asfáltica.
- Fresado y carpeta asfáltica.
- Rehabilitación o reconstrucción parcial o total (incluyendo el drenaje si fuera necesario).



Figura N° 09: Gravedad 3 (Fuente: SCI Bogotá Colombia 2011)



Figura N° 10: Gravedad 3 (Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013.)

#### **e) Deterioro / falla 5: Reparaciones o parchado**

##### **- Descripción.**

Las reparaciones están destinadas a mitigar los defectos del pavimento, de manera provisional o definitiva: su número, su extensión y su frecuencia son elementos del diagnóstico. Una reparación reciente enmascara un problema, reparaciones frecuentes lo subrayan. Las reparaciones deben ser calificadas en el momento del examen visual, pues algunas de ellas son tomadas en cuenta para determinar el estado estructural del pavimento. Si la reparación se aplica a deterioros / fallas superficiales y erradica el

defecto, no se usará para calificar el estado estructural del pavimento. Si se aplica a la fisuración estructural, se considera como factor agravante. Dichos criterios resultan en los niveles de gravedad definidos más abajo.

• **Causas.**

Las reparaciones son indicativas de insuficiencia estructural del pavimento o de deterioros/fallas superficiales. No requieren medidas correctivas.

• **Niveles de Gravedad.**

1: Reparación o parchado para deterioros/ fallas superficiales.

2: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.

3: Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.



**Figura N° 11. Gravedad 1** (Fuente: Fernando Sánchez Sabogal)

## **DETERIOROS O FALLAS SUPERFICIALES**

### **a) Deterioro / falla 6: Peladura y Desprendimientos.**

• **Descripción.**

Este deterioro incluye:

- La desintegración superficial de la carpeta asfáltica debida a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado (peladura)
- La pérdida total o parcial de la capa de rodadura, (desprendimiento).

• **Causas.**

- Esta falla indica las siguientes causas probables:
- Defecto de adherencia del asfalto o de dosificación del mismo.
- Asfalto defectuoso o endurecido y perdiendo sus propiedades ligantes.
- Agregados defectuosos (sucios o muy absorbentes).
- Defectos de construcción.
- Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).

• **Niveles de Gravedad.**

- 1: Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).
- 2: Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- 3: Continuo con aparición de la base granular.

• **Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de los desprendimientos y su extensión, se consideran las siguientes medidas correctivas, en ausencia de otros deterioros/fallas:

- Ninguna medida.
- Reparaciones con mezcla en caliente o tratamiento superficial.
- Carpeta asfáltica, tratamiento superficial.



**Figura 12: Gravedad 2 (Fuente: Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles)**



**Figura 13: Gravedad 3 (Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013.)**

### **b) Deterioro / falla 7: Baches (Huecos)**

#### **· Descripción.**

Los baches o huecos son consecuencia normalmente del desgaste o de la destrucción de la capa de rodadura. Cuando aparecen, su tamaño es pequeño. Por falta de mantenimiento ellos aumentan y se reproducen en cadena, muchas veces con una distancia igual al perímetro de una rueda de camión.



• **Causas.**

Esta falla proviene de la evolución de otros deterioros y carencia de conservación vial: Desprendimiento fisuración de fatiga.

• **Niveles de Gravedad.**

- 1: Diámetro < 0.2 m.
- 2: Diámetro entre 0.2 y 0.5 m.
- 3: Diámetro > 0.5 m.

• **Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de los baches o huecos y su extensión, se consideran las siguientes medidas correctivas, en ausencia de otros deterioros o fallas.

- Ninguna medida.
- Reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
- Rehabilitación o reconstrucción.



Figura N° 14: Gravedad 3 (Fuente: [www. tapatubache.com](http://www.tapatubache.com))

c) **Deterioro / falla 8: Fisuras transversales**

• **Descripción.**

Las fisuras transversales son fracturas del pavimento, transversales (o casi) al eje de la vía.

• **Causas.**

Esta falla puede provenir de las causas siguientes:

Retracción térmica de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler o envejecimiento del asfalto.

Reflexión de grietas de capas inferiores y apertura de juntas de construcción defectuosas.

• **Niveles de Gravedad.**

Son iguales a los niveles definidos para las fisuras longitudinales.

1: Finas (ancho  $\leq 1$  mm).

2: Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm).

3: Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.

Fisuras longitudinales y transversales: El nivel 1 corresponde al concepto del AASHTO de «hairline crack» («fisura como un cabello»), se puede considerar que el ancho es generalmente inferior a un mm. En cuanto a las fisuras abiertas de gravedad 2, se considera que su ancho es generalmente superior a un mm con bordes verticales (sin desintegración de bordes) y menor o igual a 3 mm. Se vuelven gravedad 3 cuando los bordes se desintegran y tienen un ancho superior a 3 mm.

**· Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de las fisuras transversales y de los otros deterioros que pueden acompañarlas y su extensión, se consideran las siguientes medidas correctivas.

- Ninguna medida.
- Reparaciones por carpeta asfáltica con mezcla en caliente.
- Sello.
- Rehabilitación o reconstrucción.



**Figura N°15: Gravedad 1 (Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013)**



**Figura N° 16: Gravedad 2 (Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013)**

#### **d) Deterioro / falla 9: Exudación**

##### **- Descripción.**

Este deterioro o falla se manifiesta por un afloramiento de material bituminoso de la mezcla a la superficie del pavimento. Forma una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa según los niveles del fenómeno.

##### **- Causas**

Esta falla puede provenir de las causas siguientes:

Excesivo contenido de asfalto en la mezcla.

Bajo contenido de vacíos (en periodos calientes, el asfalto llena los vacíos y aflora a la superficie).

##### **- Niveles de Gravedad.**

El deterioro o falla aparece por manchas negras aisladas. Luego, el exceso de asfalto forma una película continua en las huellas de canalización del tránsito. El último nivel se caracteriza por la presencia de una cantidad significativa de asfalto libre: la superficie se vuelve viscosa. Los niveles de gravedad correspondientes se listan a continuación.

1: Puntual.

2: Continua.

3: Continua con superficie viscosa.

##### **- Posibles Medidas correctivas.**

Según la gravedad de la exudación y su extensión, se consideran las siguientes medidas correctivas, en ausencia de otros daños.

- Ninguna medida.
- Carpeta asfáltica.

- Fresado y carpeta asfáltica.



**Figura N° 17: Gravedad 3 (Fuente: Manual de carreteras, conservación vial del MTC 2013)**

## **2. Bermas- tipos de deterioros / fallas y niveles de gravedad.**

Los deterioros o fallas de las bermas pavimentadas incluyen fisuras, hundimiento, desprendimiento y baches o huecos, desnivel entre la calzada y las bermas. Las causas de dichos deterioros son las mismas que las de los deterioros correspondientes del pavimento. Las obras de mantenimiento de las bermas de la red nacional resultan principalmente de las obras a realizar en la calzada y poco de los daños específicos de dichas bermas. Por ejemplo, si se realiza el refuerzo o recapeo del pavimento, se requiere reconstruir las bermas por requisitos geométricos, cualquiera sea la condición de estas. Se indica si el deterioro es puntual, limitado o frecuente, según los criterios de la Tabla siguiente.

**Figura N° 18: Niveles de gravedad de deterioros para bermas**

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

**Figura N° 19: Ancho de Influencia de las Fisuras longitudinales y Transversales Asignado según su Gravedad.**

Gravedad	Ancho de Influencia (m)
1	0.10 m
2	0.30 m
3	0.50 m

## 2.3. Definición de términos básicos.

### 2.3.1. Definiciones.

**AHUELLAMIENTO:** Surcos o huellas que se producen en la superficie de rodadura de una carretera pavimentada o no pavimentada y que son el resultado de la consolidación o movimiento lateral de los materiales por efectos del tránsito.

**ASFALTO:** Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo.

**BACHE:** Depresión que se forma en la superficie de rodadura producto del desgaste originado por el tránsito vehicular y la desintegración localizada.

**BACHEO:** Actividad de mantenimiento rutinario que consiste en rellenar y compactar los baches o depresiones que pudieran presentarse en la superficie de rodadura.

**BERMA:** Franja longitudinal, paralela y adyacente a la superficie de rodadura de la carretera, que sirve de confinamiento de la capa de rodadura y se utiliza como zona de seguridad para estacionamiento de vehículos en caso de emergencia.

**BITUMEN:** Un tipo de sustancia cementante de color negro u oscuro (sólida, semisólida, o viscosa), natural o fabricada, compuesta principalmente de hidrocarburos de alto peso molecular, siendo típicos los asfaltos, las breas (o alquitranes), los betunes y las asfálticas.

**CARRETERA:** Camino para el tránsito de vehículos motorizados de por lo menos dos ejes, cuyas características geométricas, tales como: pendiente longitudinal, pendiente transversal, sección transversal, superficie de rodadura y demás elementos de la misma, deben cumplir las normas técnicas vigentes del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

**CARRETERA PAVIMENTADA:** Carretera cuya superficie de rodadura, está conformada por mezcla bituminosa (flexible) o de concreto Portland (rígida).

**FISURA:** Fractura fina en la superficie de rodadura, de varios orígenes, con un ancho igual o menor a 3 milímetros.

**GRIETA:** Fractura en la superficie de rodadura de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía

**MANTENIMIENTO VIAL:** Conjunto de actividades técnicas destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de la infraestructura vial, de modo que se garantice un

servicio óptimo al usuario; puede ser de naturaleza rutinaria o periódica.

**PAVIMENTO:** Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: subbase, base y capa de rodadura.

**PAVIMENTO FLEXIBLE:** Constituido con materiales bituminosos como aglomerantes, agregados y de ser el caso aditivos.



## **CAPÍTULO III**

### **PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN.**

#### **3.1. Identificación de deterioros o fallas.**

Como se puede visualizar en el siguiente cuadro se realizó la identificación de los principales deterioros fallas existen en la Carretera Federico Basadre Tramo Von Humboldt – San Alejandro, según la frecuencia y el porcentaje, se indica las que aparecen con más frecuencias que son las fisuras longitudinales con un 34.57%, el parchado con un 29 %, las fisuras transversales con un 11.11%, el desprendimiento con un 3.70 % y por ultimo las grietas longitudinales en la berma con un 27.16 %.

**Cuadro N° 02: Frecuencia y porcentaje de deterioros o fallas encontradas**

DETERIOROS O FALLAS SEGÚN MTC DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	FRECUENCIA	PORCENTAJE
1.-Piel de cocodrilo	0	0.00
2.-Fisuras longitudinales	28	34.57
3.-Deformación por deficiencia estructural	0	0.00
4.-Ahuellamiento	0	0.00
5.-Reparaciones o parchados	17	20.99
6.-Peladura y desprendimiento	3	3.70
7.-Baches (Huecos)	0	0.00
8.-Fisuras Transversales	9	11.11
9.Grietas longitudinales y transversales(Berma)	22	27.16

**ELABORACIÓN PROPIA**

En la siguiente figura se observa a través del grafico en barras la frecuencia y el porcentaje de daños expresado en m<sup>2</sup>. (metros cuadrados)

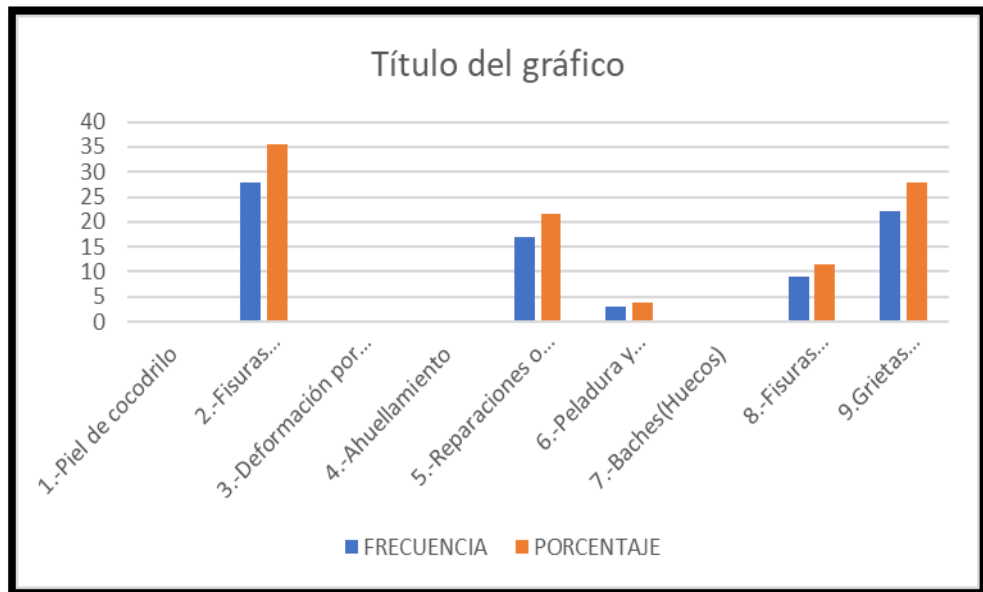


Figura N° 20: Frecuencia y porcentaje de daños.

En la figura podemos la distribución de las fallas encontradas a partir del porcentaje.

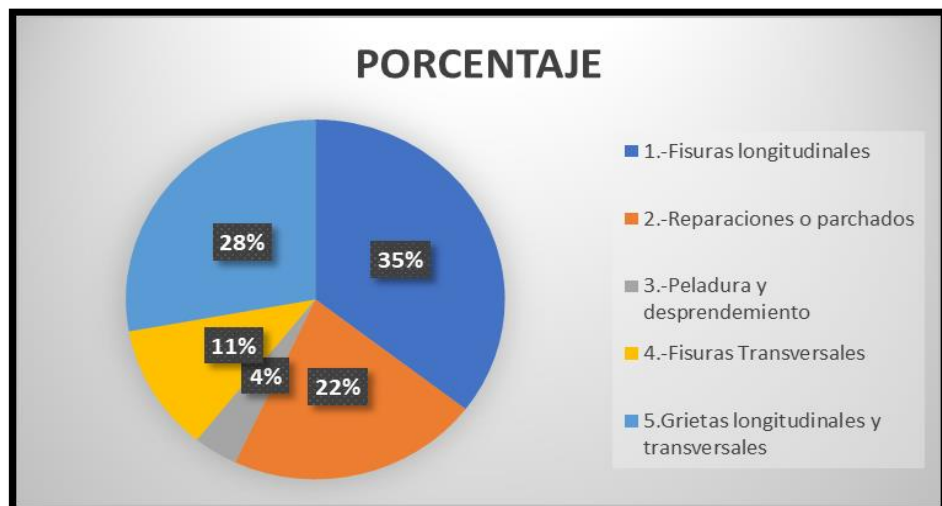


Figura N° 21: Distribución de deterioros o fallas

### 3.2. Descripción de deterioros o fallas encontradas en la calzada.

#### a). Fisuras longitudinales.

**Descripción.** Este tipo de falla podemos encontrar en el Km 89+300, 90+100, la longitud afectada es de 2 y 3.5 m. El nivel de gravedad es de 1 correspondiente a fisuras finas en las huellas de tránsito (ancho  $\leq$  1mm).

#### Posibles Causas.

- Se producen a consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible.
- Indica insuficiencia estructural del pavimento.



Foto N° 01: Fisuras Longitudinales, gravedad 1.



Foto N° 02: Fisuras Longitudinales, gravedad 2.

## **b). Reparaciones o parchado.**

**Descripción.** Los parches corresponden a áreas donde el pavimento original fue removido y reemplazado por un material diferente para reparar la estructura a nivel de carpeta asfáltica o hasta granulares; este tipo de falla encontramos en el Km 95+300 y 105+550. El nivel de gravedad es 1 el parche está en buena condición y se desempeña satisfactoriamente.

### **Posibles causas.**

- Procesos constructivos deficientes.
- Progresión del daño inicial por el cual debió realizarse el parcheo.
- Deterioro de fallas superficiales.



**Foto N° 03: Parches, gravedad 1.**



Foto N° 04: Parches, gravedad 1.

**c). Peladura o desprendimiento.**

**Descripción.** Comprende la desintegración superficial de la carpeta asfáltica debida a la pérdida del ligante bituminoso o del agregado (peladura); esta falla se puede observar en el Km 88+750, 93+200 y 107+550. El nivel de gravedad encontrado es de 1, puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial)

**Posibles causas.**

- Defecto de adherencia del asfalto o de dosificación del mismo
- Asfalto defectuoso o endurecido y perdiendo sus propiedades ligantes
- Agregados defectuosos (sucios o muy absorbentes)
- Defectos de construcción
- Efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).



Foto N° 05: Peladuras, gravedad 1.



Foto N° 06: Peladuras, gravedad 1.

**d). Fisuras transversales.**

**Descripción.** son fracturas del pavimento, transversales (o casi) al eje de la vía y lo podemos visualizar en varios puntos de la carretera en las imágenes que presentamos se encuentran localizadas en el Km 90+ 250 y 104+900. El nivel de gravedad es de 1, correspondiente a fisuras finas  $\leq$  a 1mm.



**Posibles causas.**

-Retracción térmica de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler o envejecimiento del asfalto.

-Reflexión de grietas de capas inferiores y apertura de juntas de construcción defectuosas.



**Foto N° 07: Fisuras transversales, gravedad 1.**



**Foto N° 08: Fisuras transversales, gravedad 1.**



### 3.3. Descripción de deterioros o fallas encontradas en la Berma.

#### a). Fisuras longitudinales.

**Descripción.** Es la misma que las encontradas en la calzada corresponden a la discontinuidad de la carpeta asfáltica en la misma dirección del tránsito podemos observar en las imágenes ubicadas en los Km 94+300, 94+800 y 103+250. El nivel de gravedad 1, corresponde a un ancho de influencia dentro de los 0.10m.

#### Posibles Causas.

- Se producen a consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible.
- Indica insuficiencia estructural del pavimento.



Foto N° 09: Fisuras en la berma, gravedad 1.



Foto N° 10: Fisuras en la berma, gravedad 1.

### 3.4 DISCUSIÓN

Cundo se realizó la identificación de los principales deterioros fallas existen en la Carretera Federico Basadre Tramo Von Humboldt – San Alejandro, según la frecuencia y el porcentaje, se apreció que se presentan con más frecuencias las fisuras longitudinales con un 34. 57%, el parchado con un 29 %, las fisuras transversales con un 11.11%, el desprendimiento con un 3.70 % y las grietas longitudinales en la berma con un 27.16 %. Pereda (2014), reporta que las principales fallas encontradas en los diferentes tramos del pavimento fueron: peladura por intemperismo y desprendimiento de agregados, parches y parches de cortes utilitarios, grietas longitudinales y transversales, abultamientos y hundimientos, piel de cocodrilo, desnivel carril - berma, agrietamiento en bloque, baches e hinchamiento.

Vergara (2015), Menciona que a continuación la incidencia de fallas por densidad las fallas con mayores áreas son las fallas funcionales con 63%. Dentro de las fallas funcionales la que más área abarco es la peladura por intemperismo y la según la incidencia de daños determinado por el valor

deducido (VD), las fallas estructurales fueron las más incidentes con un 79%, dentro de estas fallas las que más daño causan al pavimento son los baches, como ya se dijo los baches son fallas estructurales originadas por el mal estado del paquete estructural debido a varios factores, estos baches debido a los niveles altos de severidad y áreas considerables fueron los más determinantes para el resultado de pavimento en estado malo. Por lo tanto podemos decir que el mal estado estructural del pavimento perjudica considerablemente el estado funcional del mismo.

También Humpiri (2015), indica que las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de ahuellamientos, desgaste superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación, las cuales influyen negativamente en el resultado final del proyecto. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada. Aucchahuaqui, Corahua (2016), menciona que la resistencia de la estructura del pavimento está sub dimensionada para las condiciones actuales de servicio de la vía, la cual se logró verificar la resistencia al corte de la estructura del pavimento, mediante el ensayo CBR in situ dándonos como resultados CBRs muy bajos tanto para la base (promedio 30%) y sub base (promedio 7%) y comparando con los valores establecidos por el MANUAL DE CARRETERAS (Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG – 2013) en la tabla N° 58 y tabla N° 59 los cuales indican que para la base el CBR debe ser como mínimo 80% y para la sub base debe ser como mínimo 40% respectivamente llegando a la conclusión de que son bajas para las condiciones actuales de servicio de la vía.

Respecto a los deterioros o fallas encontradas en la calzada como las fisuras longitudinales, que son tipos de fallas encontradas en el Km 89+300, 90+100, la longitud afectada es de 2 y 3.5 m. El nivel de gravedad

es de 1 correspondiente a fisuras finas en las huellas de tránsito (ancho  $\leq 1\text{mm}$ ), se consideró como sus posibles consecuencias el fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible.

También se detectó que las reparaciones o parchado corresponden a áreas cuando el pavimento original fue removido y reemplazado por un material diferente para reparar la estructura a nivel de carpeta asfáltica o hasta granulares; este tipo de falla encontramos en el Km 95+300 y 105+550.

El nivel de gravedad es 1 el parche está en buena condición y se desempeña satisfactoriamente. Al similar reporto Panta (2017), en una investigación similar determino las siguientes patologías, estas son: Ahuellamientos, Abultamientos y Hundimientos, Corrugación, Huecos, Desprendimiento de Agregados y Pulimento de Agregados, este autor concluyo el Índice de Condición de Pavimento (PCI), identificado en la AV. Chulucanas entre las progresivas Km.0+000 al Km.0+670 del distrito de Veintiséis de octubre es de 56.14% alcanzando a un estado de conservación BUENO.

Peladura o desprendimiento, se considera como la desintegración superficial de la carpeta asfáltica por la pérdida del ligante bituminoso o del agregado (peladura); este desperfecto se observó en el Km 88+750, 93+200 y 107+550. El nivel de gravedad encontrado es de 1, puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial), se atribuye a la adherencia del asfalto o de dosificación del mismo así como al efecto de agentes agresivos (solventes, agua, etc.).

Mientras que las fisuras transversales, son fracturas del pavimento, transversales al eje de la vía y se apreciaron en el Km 90+ 250 y 104+900. El nivel de gravedad es de 1, correspondiente a fisuras finas  $\leq 1\text{mm}$ , se consideró como sus agentes causantes a la retracción térmica de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad debido a un exceso de filler o

envejecimiento del asfalto. Conza (2016), menciona que de las 19 fallas tipificadas por el Método PCI, se tiene ocho (8) tipos de fallas destacando 8: Piel de cocodrilo, agrietamiento en bloque, abultamiento, grietas longitudinales y transversales, parcheo, agregado pulido, baches y peladura por intemperismo. 11 tipos de fallas no tienen presencia. Las fallas identificadas se encuentran distribuidas en diferentes unidades de muestra.

De la aplicación del método PCI se determina que las fallas recurrentes son los baches siendo el 28% del total de fallas encontradas en el tramo de estudio, piel de cocodrilo 24% y agregado pulido también con un 24%

Fisuras longitudinales, son la discontinuidad de la carpeta asfáltica en la misma dirección del tránsito y se observó en las imágenes ubicadas en los Km 94+300, 94+800 y 103+250. El nivel de gravedad 1, corresponde a un ancho de influencia dentro de los 0.10m, se atribuye a consecuencia del fenómeno de fatiga de las capas asfálticas sometidas a una repetición de cargas superior a la permisible. Miranda (2010), Menciona que la conservación de pavimentos requiere de personal capacitado e indico que es necesario determinar primero la causa que produjo el daño en el pavimento, para poder realizar una reparación correcta, pudiendo así evitar una recurrencia y recomienda un mantenimiento oportuno y continuo es necesario para preservar la inversión y mantener el pavimento en completo servicio al público.

## **CAPÍTULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.**

#### **4.1 Conclusiones.**

-Se realizó la identificación de los deterioros o fallas encontradas en la carretera Fernando Belaunde Terry, tramo Von Humboldt -San Alejandro, se realizó la descripción de las mismas, las posibles causas que las originaron y el grado de gravedad o severidad en que se encontraron según el manual de conservación de carreteras del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

-Las fallas superficiales encontradas en la zona de estudio de mayor incidencia son las fisuras longitudinales y transversales, seguidas de desgaste superficial y otras; estas se producen por deficiencias en el diseño, construcción y operación. Por ello realizar una adecuada evaluación de la vía es indispensable para determinar el tipo de mantenimiento a emplear, factor que nos ayuda a la conservación vial de manera adecuada.

-Según la frecuencia y el porcentaje tenemos las que aparecen con más periodicidades los deterioros o fallas encontradas, lo presentamos en el siguiente orden, en primer lugar, tenemos las fisuras longitudinales con un 34. 57%, el parchado con un 29%, las fisuras transversales con un

11.11%, el desprendimiento con un 3.70% y por ultimo las grietas longitudinales en la berma con un 27.16 %.

- Con respecto a la gravedad de los deterioros o fallas, podemos decir que todos se encuentran dentro del nivel 1, lo que nos permite concluir que el tramo estudiado de esta vía cuenta con un mantenimiento rutinario y periódico constante que le permite estar en buen estado y permitir una normal transitabilidad para la seguridad y confort de los usuarios.

#### **4.2 Recomendaciones.**

-Por las fallas superficiales encontradas en las vías y por la variabilidad de las mismas, es recomendable que las entidades encargadas realicen verificaciones rutinarias permanentemente, con el fin de que dichas fallas no sigan avanzando y propagándose progresivamente.

-Las vías de la región de Ucayali, diariamente movilizan una gran cantidad de usuarios por ello se recomienda que las condiciones de viaje sean satisfactorias y adecuadas.

-Se recomienda que se sigan realizando los mantenimientos rutinarios y periódicos para que la vía siga conservando su operatividad para tener un normal funcionamiento y que las fallas encontradas que tienen un nivel de severidad leve no aumenten y deriven en defectos o fallas más graves ya que aumentarían el uso de recursos financieros para poder corregirlas.

- Es recomendable evaluar las vías frecuentemente, estableciendo el grado de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así la vida útil de la estructura del pavimento.

## BIBLIOGRAFÍA.

- Aucchahuaqui y Corahua. *Evaluación del sistema de pavimentos flexibles en la prolongación de la av. la cultura tramo (4to paradero de San Sebastián – grifo Móvil de San Jerónimo)*. Cuzco. Perú. Disponible en: [repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/347/.../Irvin\\_Ronald\\_Tesis\\_bachiller\\_2016](http://repositorio.uandina.edu.pe/bitstream/UAC/347/.../Irvin_Ronald_Tesis_bachiller_2016). p.
- CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, (2002), *Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles – Volumen N° 11*. Disponible en: [dircaibea.org/sites/all/themes/dircaibea/images/vol11.pdf](http://dircaibea.org/sites/all/themes/dircaibea/images/vol11.pdf).
- Conza. *Evaluación de las fallas de la carpeta asfáltica mediante el método PCI en la Av. Circunvalación Oeste de Juliaca. Puno. Perú. 2016*. Disponible en: [repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/.../Dante\\_Tesis\\_bachiller\\_2016.pdf](http://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/.../Dante_Tesis_bachiller_2016.pdf)
- Gonzales. *Fallas en el pavimento flexible de la avenida vía de evitamiento sur, Cajamarca, Perú. 2015*. Disponible en: [repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6815](http://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/6815)
- Hernández, R.; Fernández, C. y Baptista, P. *Metodología de la Investigación*. 1997 México: Mc Graw-Hill.
- Holdrichd. 1978. Zonas de vida
- Humpiri. *Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la Región de Puno. Perú. 2015*. Disponible en: [repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31-003.pdf?sequence](http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/426/P31-003.pdf?sequence).



- Miranda. *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos, Valdivia. Chile.2010.* Disponible en: [cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf](http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2010/bmfcim672d/doc/bmfcim672d.pdf).
- Municipalidad Provincial de Padre Abad. *Plan de Desarrollo Concertado Provincial 2013 - 2021*. Disponible en: [munipadreadad.gob.pe/phocadownload/pdc-2016.pdf](http://munipadreadad.gob.pe/phocadownload/pdc-2016.pdf).
- MINISTERIO DE TRASPORTES Y COMUNICACIONES. *Manual de conservación de carreteras.2013.* Lima. Perú. Disponible en: [transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4877.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4877.pdf)
- Panta. *Determinación y evaluación de las patologías del pavimento flexible de la av. Chulucanas entre las progresivas km. 0+000 al km. 0+670 del distrito veintiséis de octubre, Provincia de Piura y departamento de Piura. Perú. 2017.* Disponible en: [repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1856](http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/1856).
- Pereda. *Índice de condición de pavimento de la carretera Cajamarca -La Colpa. Perú. 2014.* Disponible en: [repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/498](http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/498)
- Pineda, Alvarado, Canales. *Metodología de la Investigación.* 2da Edición. Ed. Prosalute 1994. México.
- SCRIBD. *Introducción a los pavimentos.* Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/68014527/INTRODUCCION-de-pavimentos>.
- Vergara. *Evaluación del estado funcional y estructural del pavimento flexible mediante la metodología PCI tramo Quichuay -Ingenio del km 0+000 al km1+000. 2015.* Disponible en: [repositorio.uncp.edu.pe/.../discover?...Antony+Luis+Vergara+Vicuña](http://repositorio.uncp.edu.pe/.../discover?...Antony+Luis+Vergara+Vicuña)

## ANEXOS

### Anexo 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

#### MATRIZ DE CONSISTENCIA:

**“DETERMINAR LOS DEFECTOS DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DE LA CARRETERA FEDERICO BASADRE EN EL TRAMO DISTRITO ALEXANDER VON HUMBOLDT- DISTRITO SAN ALEJANDRO- PROVINCIA AGUAYTÍA, UCAYALI - PERÚ, 2018.”**

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE	METODOLOGÍA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL		TIPO DE INVESTIGACIÓN <b>Aplicada, Transversal</b> (Bernal I., 2007)
¿En el tramo de la carretera Federico Basadre del distrito Alexander Von Humboldt al distrito de San Alejandro existe defectos del pavimento flexible, que se constituyen como un problema para el tráfico continuo de los vehículos?	Determinar la existencia y tipos de defectos existentes en el pavimento de la carretera Federico Basadre tramo comprendido desde el Distrito de Alexander Von Humboldt, hasta el Distrito de San Alejandro.	El pavimento flexible de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro, Provincia de Padre Abad, presenta defectos o fallas.	Defectos del pavimento flexible	NIVEL DE INVESTIGACIÓN <b>Descriptivo</b> (Hernández R., 1999)
				MÉTODO DE INVESTIGACIÓN <b>Hipotético deductivo</b> (Saavedra P., 2017)
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS		DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN <b>No experimental</b> (Hernández R., 1999)
1. ¿Existe defectos en el pavimento flexible de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt-San Alejandro? 2. ¿Cuáles son los tipos de defectos presentes en el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo que comprende del Distrito de Alexander Von Humboldt- Distrito de San Alejandro?	<ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar los tipos de defectos o fallas más frecuentes en el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro.</li> <li>Describir los tipos de fallas que presenta el pavimento de la carretera Federico Basadre, tramo Alexander Von Humboldt- San Alejandro.</li> </ul>	Por el tipo de investigación que se enmarca en lo, descriptivo por lo tanto no es necesario se consideren hipótesis específicas.		POBLACIÓN Y MUESTRA Población: 14 km lineales de carretera. Muestra: 14 km lineales de carretera (muestra por estratos) Sector A: 6 km Sector B: 8 km

**Anexo 2: ICONOGRAFÍAS.**



**Foto N° 11: Localidad de Von Humboldt.**



**Foto N° 12: Vista Carretera Federico Basadre**



Foto N° 11: Llegada a San Alejandro.



Foto N° 11: Llegada a San Alejandro.