



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA ESCUELA
PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

TESIS

**INFLUENCIA DE LOS FACTORES EXTERNOS EN EL
DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PUENTE
LOS MAESTROS AL PUENTE CUTERVO, CON FINES DE
REPOSICIÓN EN EL CERCADO DE ICA, AÑO 2017**

PRESENTADO POR:

BACHILLER: MEDINA MATTA FREDDY DAVID

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

ICA - PERÚ

2018

DEDICATORIA:

A dios supremo que ilumina mi camino y guía mis pasos por ser día a día un excelente profesional competente y estar siempre al servicio de mi país y a mi esposa por haber dado su apoyo y a mi hija por ser el motor de mi vida.

AGRADECIMIENTO:

Un agradecimiento especial a mí Asesor de tesis por confiarme de sus conocimientos, por contribuir con nuestro aporte científico avanzando siempre hacia adelante.

RECONOCIMIENTO:

A todos los docentes y en especial a mis amigos que contribuyeron en la realización de mi trabajo científico y a las autoridades de la escuela Profesional de Ingeniería Civil - Universidad "Alas Peruanas" Filial - Ica.

ÍNDICE

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RECONOCIMIENTO	iv
ÍNDICE	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
INTRODUCCIÓN	ix

CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1.	DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	1
1.2.	DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	1
	1.2.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL	11
	1.2.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL	11
1.3.	PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	11
	1.3.1. PROBLEMA PRINCIPAL	11
	1.3.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	11
1.4.	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	12
	1.4.1. OBJETIVO GENERAL	12
	1.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
1.5.	HIPÓTESIS Y VARIABLES	12
	1.5.1. HIPÓTESIS GENERAL	12
	1.5.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICA	12
	1.5.3. VARIABLES (OPERACIONALIZACIÓN)	13
1.6.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
	1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN	14
	a) TIPO DE INVESTIGACIÓN	14
	b) NIVEL DE INVESTIGACIÓN	14
	1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	14
	a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	14
	b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	14
	1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN	14

a) POBLACIÓN	14
b)	MUESTRA
14	
1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	
	15
a) TÉCNICAS	15
b)	INSTRUMENTOS
15	
1.6.5 JUSTIFICACIÓN, IMPORTANCIA Y LIMITACIONES	
	15
a) JUSTIFICACIÓN	15
b)	IMPORTANCIA
15	

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	16
2.2 BASES TEÓRICAS	22
2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	79

CAPÍTULO III PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1 ANÁLISIS DE TABLAS Y GRÁFICOS	80
3.2 CONCLUSIONES	94
3.3 RECOMENDACIONES	95
3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN	96
3.5 ANEXOS	98
3.5.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA	99
3.5.2 ENCUESTAS – CUESTIONARIOS – ENTREVISTAS	100

RESUMEN

La finalidad de esta investigación es determinar las influencias de los factores externos que sufren los pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. Los Maestros al Puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica.

La presente investigación es comparativo referenciado y de investigación realizados y todo su contexto descriptivo, con diseño no experimental, de corte transversal y prospectivo. La muestra quedó conformada por 1 km, considerándose el tramo central. La técnica empleada fue la observación y el registro de evaluación.

Se concluyó que Dentro de los factores externos que determinan al deterioro de los pavimentos flexibles en el tramo del puente los Maestros al puente Cutervo son la excesiva carga impuesta por el tránsito, las condiciones ambientales de nuestro clima y las deficiencias durante el proceso constructivo.

Las deformaciones superficiales más frecuentes que deterioran los pavimentos flexibles en el tramo del puente los Maestros al puente Cutervo son el ahuellamiento y el hundimiento de los pavimentos. Con mayor frecuencia se observa que la pérdida de agregado y los baches son las desintegraciones que deterioran los pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. Los Maestros al puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica,

PALABRAS CLAVES:

Factores externos, deterioro, pavimento flexible, reposición.

ABSTRACT

The purpose of this research is to determine the influences of external factors that suffer the resilient floor coverings in the stretch of the bridge bridge Cutervo of Ica fencing teachers.

This research is comparative referenced and carried out research and its descriptive context, with non-experimental design, transversal and prospective Court. The sample consisted of 1 km, whereas the central section. The technique used was the observation and recording of assessment.

It was concluded that external factors that determine teachers to bridge Cutervo deterioration of flexible pavements in the stretch of the bridge are the excessive burden imposed by the traffic, the environmental conditions of our climate and deficiencies during the construction process.

The most frequent surface deformations which impair the flexible pavements in the stretch of the teachers to the Cutervo bridge bridge are the rut and the collapse of the floors. Most frequently shows that the loss of aggregate and potholes are breakups that impair the flexible pavements in the stretch of the bridge masters Ica fencing bridge Cutervo.

KEY WORDS

External factors, flexible pavement deterioration, replacement

INTRODUCCIÓN

El desarrollo vial del país especialmente a partir de la década de los 90 ha permitido la construcción, rehabilitación y mantenimiento de los caminos de la red vial nacional, en una longitud de 18 299 km de la vía pavimentada.

Los pavimentos flexibles tienen su periodo de vida útil a varios factores tales como: el diseño, cargas y volúmenes de tránsito. Un adecuado diseño permite un adecuado funcionamiento del pavimento durante su periodo de vida predeterminado. Sin embargo, hay una serie de razones por las que no se llega a cumplir con el período de diseño, entre ellas tenemos: defectos en la construcción, volumen mayor de tránsito, diseño deficiente, deficiencia en el mantenimiento del pavimento, mal funcionamiento del drenaje, etc.

Actualmente existen diferentes procedimientos para la evaluación de pavimentos flexibles, pero no se ha implementado un procedimiento en específico de manera reglamentaria y por lo habitual no se ejecutan; siendo éstos, estudios previos, necesarios y recomendados para la preparación de planes de mantenimiento, mejoramiento y rehabilitación de las redes viales involucradas; asimismo que generen resultados económicamente factibles y funcionales, que nos den síntomas certeros para detectar a tiempo deterioros presentes que, si en caso no se tomaran medidas oportunas a tiempo, en un futuro generaría más costos en cuanto a su reparación. El mantenimiento apropiado y oportuno de una carretera requiere de la ejecución de un conjunto de operaciones durante la vida útil de la obra. Como una manera de ordenar y proveer la programación de las muy diversas operaciones de conservación, éstas se clasifican en tres niveles, en función de las características del trabajo y de la periodicidad en que suelen solicitarse: operaciones de mantenimiento rutinario, operaciones de conservación periódica y restauraciones.

Esta investigación entrega una descripción resumida de los principales elementos que conforman los pavimentos flexibles, de las fallas más importantes que los afectan y de las causas que más comúnmente las originan.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

Las carreteras no pavimentadas se dañan más rápido con respecto a una vía pavimentada. Las partículas finas al aglutinarse con los agregados gruesos expuestos al medio ambiente pierden humedad; y con la acción física externa del tránsito vehicular genera disgregamiento superficial, transformándose así en polvo particulado y posteriormente surgen fallas superficiales como baches, ondulaciones, ahuellamientos, etc.

El mecanismo de avería en carreteras no pavimentadas es un proceso más acelerado con respecto con las vías pavimentadas, esto se debe a que en condiciones secas y bajo la acción abrasiva de los neumáticos los finos llegan a triturarse iniciándose así un gradual desgaste de la superficie. Se han analizado varias alternativas constituyendo así la adición de un aditivo orgánico y otro inorgánico como una posible solución a la firmeza del suelo en la superficie de rodadura para los trabajos de conservación rutinario lo que permitió un mejor confort y seguridad para el tránsito vial, el cual posee una relación directa con las irregularidades superficiales (IRI).

La red vial nacional incumbe las rutas o ejes troncales de importancia nacional. Vincula las capitales de departamento, principales ciudades, áreas productivas, puertos y fronteras. Asimismo, constituye la base de todo el sistema de carreteras del país, a partir de la cual se vinculan las redes viales departamentales y vecinales. El 44% de estas vías se encuentran asfaltadas,

49% afirmadas y el resto sin afirmar y trocha. Este tipo de red vial soporta los grandes volúmenes de tráfico, movilizándolo aproximadamente el 90% de la carga y 80% de los pasajeros que realizan viajes interprovinciales. La red vial departamental consta constituido por las rutas de trascendental importancia regional que conecta a las capitales de departamento con las principales ciudades de cada región. Solo el 11% de las vías departamentales se encuentran asfaltadas, el 77% están afirmadas y el 7% restante son vías se encuentran sin afirmar o en condición de trocha. La red vial vecinal está constituida por las vías de escala provincial que son de gran importancia para el progreso rural. De estas sólo el 2% se encuentran asfaltadas y el 98% están afirmados. Aún no se toma iniciativas o conciencia para mantención o conservación de pavimentación, cabe decir que económicamente hablando es más rentable hacer su conservación que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de soles, se puede ofrecer más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores.

La red vial nacional está comprendida por tres ejes longitudinales y 20 ejes transversales, con una jerarquización vial de 26702 Km de carreteras:

1.(03) EJES LONGITUDINALES

- Longitudinal Costa: 2634 Km.
- Longitudinal Sierra: 3503 Km.
- Longitudinal Selva: 1809 Km.
- Variantes y Ramales: 9692 Km.

2. (20) EJES TRANSVERSALES

- 20 Redes Transversales : 9063 Km



Aun no se toma conciencia que hacer el mantenimiento de pavimento con adecuados índices de servicio y confiabilidad es mucho más económica que reparar el mismo pavimento, además de ahorrarnos millones de soles, se pueda brindar más serviciabilidad y confortabilidad a los conductores o choferes que son ellos los que generan ingresos para el país.

1.2 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Espacial

La investigación posee como delimitación espacial el espacio comprendido entre el Puente de la Av. los Maestros hasta el Puente de la Av. Cutervo en el cercado de la ciudad de Ica.

1.2.2 Temporal

Temporalmente el estudio se realizó de enero 2017 a febrero de 2018

1.3 PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1 Problema General

¿En qué medida los factores externos influyen en el deterioro de los pavimentos flexibles en el tramo del Puente de la Av. los Maestros al Puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica?

1.3.2 Problemas Específicos

¿Cuáles son los factores externos al evaluar el deterioro del pavimento flexible en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica, año 2017?

¿Cómo influyen los factores externos en el deterioro del pavimento flexible en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica, año 2017?

¿Existen daños superficiales que permiten evaluar el deterioro del pavimento flexible en el tramo del puente los Maestros al puente Cutervo del cercado de Ica, año 2017?

1.4 Objetivos de la Investigación:

1.4.1 Objetivo General

Determinar las influencias de los factores externos en el deterioro de los pavimentos flexibles, en el tramo del puente de la Av. Los Maestros al

Puente de la Av. Cutervo del cercado de la ciudad de Ica.

1.4.2 Objetivos Específico

Identificar las deformaciones superficiales del deterioro de pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. Los Maestros al puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica, año 2017.

Identificar los factores externos que determinan el deterioro de los pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. Los Maestros al puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica, año 2017.

Identificar la desintegración del deterioro de pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. Los Maestros al puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica, año 2017.

1.5 HIPÓTESIS Y VARIABLES

1.5.1 HIPÓTESIS GENERAL

No aplica porque se desarrolló un estudio descriptivo.

1.5.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Observando el cuadro tenemos:

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
FACTORES	Son aquellos elementos que pueden condicionar una escenario, convirtiéndose en los causantes de la evolución o transformación de los hechos.	Un factor es aquello a lo que contribuye a que se obtenga determinados resultados al caer sobre él la responsabilidad de la variación o de los cambios.	Cargas Condiciones Calidad Proceso constructivo	Cargas asignadas por el tránsito Condiciones ambientales. Tipo de suelo. Calidad de los materiales empleados. Insuficiencias durante el proceso constructivo.
DETERIORO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	Son las patologías que sufren los pavimentos flexibles.	La variable deterioro de pavimentos flexibles será medida a través de cuatro dimensiones como son las grietas y fisuras, deformaciones superficiales, desintegración en los pavimentos asfálticos y daños superficiales.	FISURASY GRIETAS	Fisuras y grietas piel de cocodrilo Fisuras y grietas en bloque Fisuras y grietas en arco Fisuras longitudinal Fisuras transversal Fisuras y grietas en borde Fisura y grietas por reflexión de junta.
			DEFORMACIONES SUPERFICIALES	Ahuellamiento Corrugación, Hinchamiento, Hundimiento
			DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS	Bache Desintegración de bordes Pérdida del agregado
			DAÑOS SUPERFICIALES	Desgaste superficial Exudación de asfalto Surcos

Fuente: Elaboración propia

1.6 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN

a) Tipo de Investigación

El presente estudio es comparativo referenciado y de investigación realizados y todo su contexto descriptivo.

b) Nivel de Investigación

Corresponde a una investigación observacional de nivel descriptivo.

1.6.2 MÉTODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN:

a) MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Se aplicó el método científico mediante cada uno de sus pasos apoyado con el método deductivo e inductivo para obtener nuestras y conclusiones a partir de las observaciones ejecutadas en el lugar del estudio.

b) DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El boceto de investigación que utilizaremos es Transversal y prospectivo

M_____A _____R

Dónde:

M= Muestra

A= Análisis

R = Resultados.

1.6.3 POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) POBLACIÓN

Está conformada por el tramo comprendido desde el puente de la Av. Los Maestros hasta el puente de Av. Cutervo con una medida aproximada de 2 kilómetros.

b) MUESTRA

Se tomó en cuenta el 30% de la población, es decir quedó conformada por 1 km, considerándose el tramo central. Este muestreo se realizó mediante el muestreo no probabilístico intencional tipo criterial.

1.6.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTACION DE RECOLECCIÓN DE DATOS EVALUACION INSITU

a) TÉCNICAS

La técnica aplicada fue la observación y el Registro de la evaluación insitu.

b) INSTRUMENTOS

El instrumento está constituido por la ficha de observación, fotografías y ficha de registro de la evaluación.

1.6.5 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

Al diseñar pavimentos flexibles en zonas con un material inadecuado, se hace necesario contar con una capacidad de respuesta para un periodo de análisis dado. Esta respuesta deberá ser apto de absorber esfuerzos y deformaciones provocadas por las cargas de tráfico y además por las cargas. Razones por la cual el deterioro es prematuro de estos pavimentos flexibles son muchas lo que hace urgente una evaluación de pavimentos buscando aumentar los conocimientos sobre este tema.

La razón primordial del análisis superficial de los pavimentos flexibles es reducir el número de fallas que se presentan en las vías, algunas se pueden observar y otras se ponen en notorio al momento de circular en un vehículo a una velocidad considerable.

Aunque el análisis superficial de pavimentos flexibles se considera de gran ayuda en las obras de infraestructura vial, todavía no se cuenta con la tecnología para la producción y control de calidad de este tipo de asfaltos en nuestro país y en la actualidad hay poca información sobre resultados de comportamientos reales en pavimentos para vida en servicio medias y largas.

Por ello la necesidad de realizar este estudio a fin de aportar con soluciones ante este problema.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Leguía, P. y Pacheco, H. (2016), realizó la investigación titulada Evaluación superficial del pavimento flexible por el método Pavement Condition Index (PCI) en las vías arteriales: Cincuentenario, Colón y Miguel Grau (Huacho-Huaura-Lima). Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil en la Universidad San Martín de Porres, en Perú.

El trabajo de investigación tuvo como objetivo principal realizar la evaluación superficial del pavimento flexible de las vías mencionadas aplicando el método Pavement Condition Index (PCI), con el fin de conocer la condición del pavimento flexible existente. El método Pavement Condition Index (PCI); constituye el modo más completo para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, siendo ampliamente aceptado y formalmente adoptado como procedimiento estandarizado, y ha sido publicado por la **ASTM** como método de análisis y aplicación con Norma **ASTM 6433-03**. 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.

Los investigadores llegaron a las siguientes conclusiones:

Primera: De la evaluación física – visual realizada a las Avenidas Centenario, Colón y Miguel Grau se logró identificar 14 clases de fallas, dentro de las cuales se presentan 3 tipos de severidad: Baja, Media y Alta, con las cuales se realizó la evaluación superficial del pavimento flexible.

Segunda: Aplicando el método Pavement Condition Index (PCI) se determinó

que la Av. Cincuentenario tiene un PCI de 51.84 y se encuentra en un estado de conservación "Regular"; mientras que la Av. Colón y Miguel Grau tienen un PCI de 59.29 y presentan un estado de conservación "Bueno".

Tercera: Con la aplicación de la metodología Pavement Condition Index (PCI) se puede clasificar el estado de conservación en el que se encuentran los pavimentos flexibles, así como también el tipo de fallas que presentan, a fin de realizar el tratamiento que corresponda para cada una.

Medina, A. (2015), realizo la tesis titulada Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Tesina para optar por el título profesional de ingeniero civil en la Universidad Peruana de Ciencias aplicadas, en Lima, Perú.

La presente tesina consiste en la aplicación del método PCI para determinar el Índice de Condición de Pavimento en el Jr. José Gálvez. Exactamente 6929.25 m² o 842.20 metros lineales de pista de concreto asfáltico han sido estudiados a detalle para identificar las fallas existentes y cuantificar el estado de la vía. La metodología está dividida en 6 puntos secuenciados, los cuales consisten en la toma de muestras. Se escoge un pavimento a evaluar, la cual estará divididas en unidades de muestreo, es decir por áreas. Luego se procede a realizar la recolección de datos, mediante el levantamiento de las fallas existente para proceder a un análisis de estos. Luego se evaluaron los resultados y se propondrá alternativas de solución con la propuesta de un presupuesto de rehabilitación. El investigador arribo a las siguientes conclusiones:

- El estado del pavimento flexible del Jr. José Gálvez es regular para las secciones identificadas. El pavimento flexible del Jr. José Gálvez actualmente está apto para brindar adecuadas condiciones para los usuarios.
- Las condiciones de pavimento malo, regular y bueno predominan en el Jr. José Gálvez. Siendo la condición malo la de mayor proporción con 39%, seguido con 26% el estado regular y 22% el estado bueno. El resto de condiciones se presentan en proporciones menores o igual a 5%. No existiendo ningún unidades de muestra en condiciones de excelente.
- Las fallas identificadas en la vía evaluada son las siguientes: Piel de cocodrilo, fisura en bloque, fisuras longitudinal y transversal, parches y corte

utilitario, agregado pulido, huecos o baches, ahuellamiento y por último peladura por interperismo y desprendimiento de agregados.

- El costo de mantenimiento y rehabilitación del Jr. José Gálvez evaluado es de 135534.27 nuevos soles, con lo cual se logra pasar el pavimento de una condición regular a excelente.
- El ratio de costo por m² de área del Jr. José Gálvez evaluado para pasar el pavimento de una condición regular a excelente es de 19.56 nuevos soles/m².

Humpiri, K. (2015), realizó la investigación titulada "Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno". Tesis para optar el grado académico de magister en ingeniería civil en la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez", en Juliaca, Perú.

El presente estudio define un diagnóstico detallado de los daños sufridos por varios proyectos de pavimentos flexibles en la región de Puno, su objetivo general fue analizar las fallas superficiales que se presentan en los pavimentos flexibles, en las vías principales de la región de Puno, presentes en el momento de la evaluación y monitoreo in situ. Fue necesario realizar una inspección minuciosa de las vías a evaluar, en la que se evidencia deterioros en la superficie de rodadura de nivel de severidad baja, media y alta en algunos casos, lo que justifico elaborar la identificación, clasificación y monitoreo de las fallas superficiales encontradas.

La investigadora llegó a las siguientes conclusiones:

- 1.- 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.
- 2.- 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.
- 3.- 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.

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

5.- 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.

Gómez, S. (2014), realizó la investigación titulada "Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del óvalo Grau – Trujillo - La Libertad". Tesis para optar el título de ingeniero civil en la Universidad Privada Antenor Orrego, en Trujillo, Perú.

Su objetivo principal fue determinar la estructura del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad. El método más adecuado para este tipo de investigación fue el descriptivo, en esencia se trata de determinar los procedimientos más apropiados para la caracterización de los parámetros de diseño de los materiales existentes en el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo, modo que posteriormente se pueda determinar de forma adecuada, y basado en un procedimiento también debidamente fundamentado la estructura del pavimento flexible del tramo 10 en estudio. Las fuentes de información principales serán los estudios de campo y de laboratorio pertinentes.

Se arribó a las siguientes conclusiones:

- El Diseño de la Estructura del Pavimento Flexible, del presente proyecto, obedece a parámetros del comportamiento del lugar de emplazamiento, tomando como variables de entrada, la caracterización del tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno de fundación, las condiciones climáticas, las condiciones de drenaje y los niveles de serviciabilidad y confiabilidad.

- En el método AASTHO – 93, el cálculo del espesor de la estructura del pavimento, relaciona las variables, considerando principalmente los Factores

de Equivalentes de ejes tipo de 80 Kn o 18 Kips o ESALs y el Módulo Resiliente de la Subrasante MR.

- El procedimiento a seguir para obtener el número estructural SN, es iterativo, de donde se obtiene el espesor de cada capa que forman en paquete estructural del pavimento. Este procedimiento tiende a obtener valores elevados del número estructural en capas superiores, obteniendo un espesor

reducido en la capa sub-base, lo que implica un mayor costo en la conformación del paquete estructural.

Miranda, R. (2010), realizó la investigación titulada Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos. Tesis para optar al título de: Ingeniero Constructor en la Universidad Austral de Chile, en Valdivia, Chile.

El objetivo general fue identificar las fallas que sufren los pavimentos flexibles y rígidos, y otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación de los mismos, al mínimo costo y con el más eficiente resultado posible. En este trabajo como caso práctico se muestra la conservación de pavimentos aplicada a los sectores 1 y 2 de Valdivia, destacando las causas que produjeron estos deterioros, y las reparaciones aplicadas, destacando los procesos constructivos en la reconstrucción de calzadas de pavimentos y carpetas asfálticas, sirviendo de un gran aporte a los profesionales que pretendan desarrollarse en el área de obras viales.

La investigación aportó las siguientes conclusiones:

- 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 ahorrarnos millones de pesos, 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 1 y 2 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

Cazorla, E. (2010), realizó la investigación titulada Metodología para la evaluación del pavimento flexible y Propuesta de Soluciones de Rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la Inspección Visual. Tesis presentada en opción al grado científico de Máster en Ingeniería Vial en el Instituto Superior Politécnico José Antonio, en La Habana, Cuba.

Debido a los deterioros que surgen en los pavimentos flexibles en las carreteras, establecer una metodología de evaluación de deterioros a partir de la inspección visual lo cual fue el propósito de esta investigación. Métodos utilizados en la investigación: Método elaborado por la Facultad de Ingeniería Civil, Método elaborado por el Centro Nacional de Vialidad, Método de Índice de Condición del Pavimento (PCI). La investigadora luego de realizar un resumen de los parámetros analizados pudo concluir que:

1. Se obtuvo una evaluación lógica y correcta del estado del pavimento para cada tramo, utilizando el método unificado, al ser revisados los resultados con un método alto comprobado, como es ya conocido el PCI.

2. Mediante la Inspección Visual se apreció que los deterioros existentes en el Tramo de la Vía son de carácter funcional, por lo que la solución a realizar solo será en la superficie del Pavimento y no en toda su estructura.

3. Para un 51% de superficie total deteriorada, la calificación del Pavimento se cataloga de Malo, debido fundamentalmente a la familia de las deformaciones (desniveles), y la severidad que presentan (Mediana y Alta)

4. Se comprueba la factibilidad del uso del método de inspección visual, mediante el cual se pudo cuantificar y evaluar el pavimento, así como decidir las intervenciones necesarias y sus costos, lo que permite planificar un mejor balance de los recursos.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pavimentos flexibles

2.2.1.1 Definición

Se denomina pavimentos flexibles a aquellos cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él. El uso de pavimentos flexibles se realiza fundamentalmente en zonas de tráfico masivo como pueden ser vías, aceras o parkings.

Las capas de un pavimento flexible suelen ser: capa superficial o capa superior que es la que se encuentran en contacto con el tráfico rodado y que normalmente ha sido elaborada con varias capas asfálticas. La capa base es la capa que está debajo de la capa superficial y está, normalmente, construida a base de agregados y puede estar estabilizada o sin estabilizar. La capa sub – base es la capa o capas que se encuentra inmediatamente debajo de la capa base. En muchas ocasiones se prescinde de esa capa sub – base

2.2.1.2 Características que debe reunir un pavimento flexible

Un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos: **(Montejo, 2002)**.

- Ser resistente a la acción de las cargas impuestas por el tránsito.
- Ser resistente ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una textura superficial adaptada a las velocidades

previstas de circulación de los vehículos.

- Además, debe ser resistente al desgaste producido por el efecto abrasivo de las llantas de los vehículos.
- Presentar regularidad superficial, que permitan una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación.
- Presentar condiciones adecuadas respecto al drenaje.
- El ruido de rodadura en el interior de los vehículos que afecten al usuario, así como en el exterior, deben ser adecuadamente moderados.

2.2.1.3 Ciclo de vida de un pavimento flexible

Los pavimentos sufren un proceso de deterioro permanente debido a los diferentes agentes que actúan sobre ellos, tales como: el agua, el tráfico, la gravedad en taludes, etc. Estos elementos afectan al pavimento, en mayor o menor medida, pero su acción es permanente y termina deteriorándolo convirtiéndolo en intransitable. Por lo tanto, el mantenimiento no es una acción que puede efectuarse en cualquier momento, sino más bien es una acción sostenida en el tiempo, orientada a prevenir los efectos de los agentes que actúan sobre el pavimento. **(Menéndez, 2003)**. El ciclo de vida de un pavimento consta de cuatro fases, las cuales se describen a continuación: **(Menéndez, 2003)**.

♣ Fase A: Construcción

(Menéndez, 2003) Un pavimento puede ser de construcción sólida o con algunos defectos constructivos. De todos modos, entra en servicio apenas se termina la obra. El pavimento se encuentra, en ese momento, en excelentes condiciones para satisfacer plenamente las necesidades de los usuarios. (Punto A de la figura).

♣ Fase B: Deterioro lento y poco visible

(Menéndez, 2003) Durante cierto número de años el pavimento va

experimentando un proceso de desgaste y debilitamiento lento, principalmente en la superficie de rodadura. Este desgaste se produce en proporción al número de vehículos livianos y pesados que circulan por el pavimento, aunque también por la influencia del clima, del agua de las lluvias o aguas superficiales y otros factores. Durante la fase B el pavimento se mantiene en aparente buen estado y el usuario no percibe el desgaste, a pesar del aumento gradual de fallas menores aisladas. Punto B de la siguiente figura:



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

♣ Fase C: Deterioro acelerado

Después de varios años de uso, la superficie de rodadura y otros elementos del pavimento están cada vez más “agotados”; el pavimento entra en un período de deterioro acelerado y resiste cada vez menos el tránsito vehicular. Los daños comienzan siendo puntuales y poco a poco se van extendiendo hasta afectar la mayor parte de la estructura del pavimento. (Menéndez, 2003)

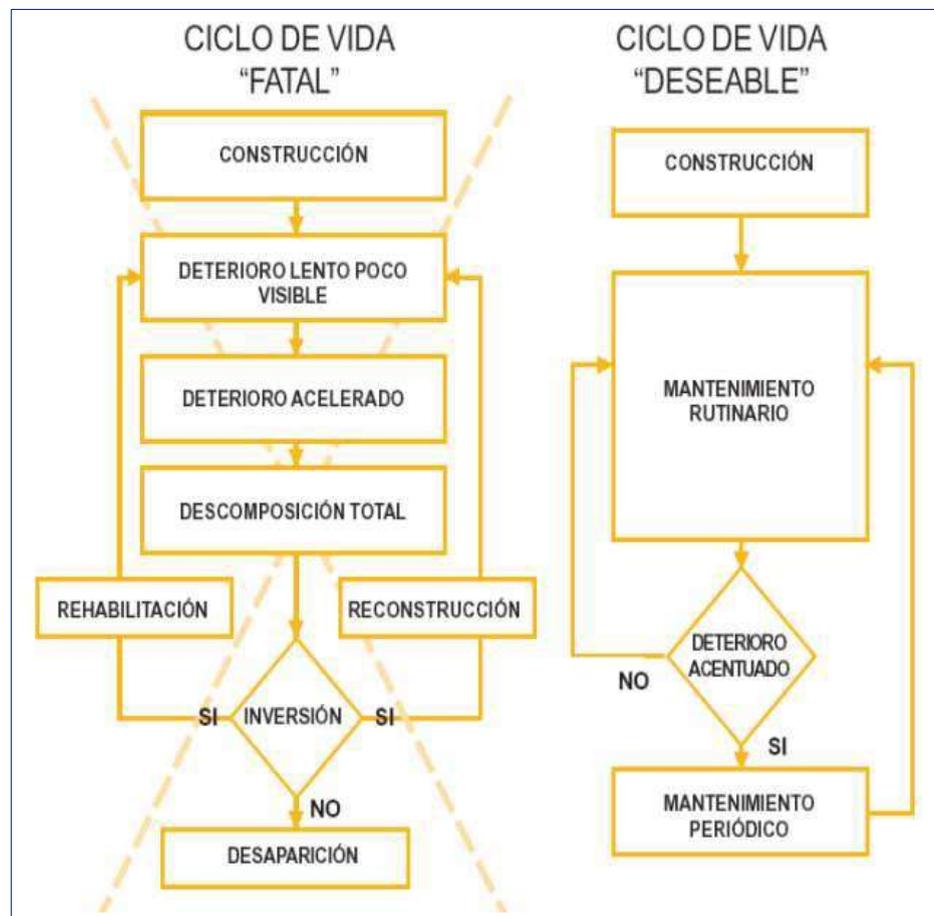
♣ Fase D: Descomposición total

Esta fase constituye la última etapa de su existencia y puede durar varios años. Durante este período el paso de los vehículos se dificulta seriamente, la velocidad de circulación baja bruscamente y

la capacidad del pavimento queda reducida a sólo una fracción de la original. **(Menéndez, 2003)**

A. Ciclo de vida deseable del pavimento flexible

El siguiente diagrama de flujo muestra el proceso que sigue un pavimento sin mantenimiento y otro con mantenimiento, en el que podemos apreciar que la falta de mantenimiento permanente conduce inevitablemente al deterioro total del pavimento, mientras que la atención constante del mismo mediante el mantenimiento rutinario, sólo requiere, cada cierto tiempo, trabajos de mantenimiento periódico. **(Menéndez, 2003).**



Fuente: Mantenimiento rutinario de caminos con microempresas, (Menéndez, 2003).

2.2.1.4 Estructura de los pavimentos flexibles

Dentro de la estructura de un pavimento flexible encontramos inclusive capas que no forman parte del pavimento de modo estricto

pero que constituyen parte de la sección de un vía y que trabajan en conjunto con las capas suprayacentes. En una muestra típica de una sección en terraplén bajo una carpeta bituminosa, es muy frecuente que esté formada por una mixtura de agregado pétreo y un aglutinante asfáltico, constituyendo la superficie de rodamiento propiamente dicha, se disponen casi siempre por lo menos dos capas bien diversificadas: una base, de material granular y una sub-base, formada preferentemente, también por suelo granular, aunque la exigencia obligue al menos que en la base, en el sentido de poder admitir suelos de menor calidad, con mayor contenido de finos y menor exigencia en lo que se refiere a granulometría; la razón es el mayor alejamiento de la sub-base de la superficie de rodamiento, por lo que llegan esfuerzos de menor intensidad. Por lo general bajo la sub-base se presenta otra capa llamada subrasante, todavía con menos requisitos de calidad mínimo que la sub-base, por la misma razón, pero cuyo fundamental papel mecánico se discute cada vez menos. Completando la estructura, bajo la subrasante aparece el material convencional de la terracería o terreno natural, tratado mecánicamente en lo referentes a compactación. **(Coronado, 2002).**

2.2.1.5 Elementos que integran un pavimento flexible (Coronado, 2002).

Los pavimentos flexibles son los que están integrados por una superficie de rodadura apoyada generalmente sobre capas no rígidas, la base, sub-base y sub-rasante. Los cuales se describen a continuación:

- **Sub-rasante.- Es la capa de terreno de una carretera que soporta la estructura de pavimento y que se extiende hasta una profundidad que no afecte la carga de diseño que corresponde al**

tránsito previsto. El espesor de pavimento dependerá en gran parte de la calidad de la sub-rasante, por lo que esta debe cumplir con los requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por efectos de la humedad.

- **Sub-Base.-** Para los entendidos del tema, una de las principales funciones de esta capa en un pavimento flexible es de carácter económico. Se trata de formar el espesor requerido del pavimento con el material más barato posible. Todo el espesor podría construirse con un material de alta calidad, como el usado en la base, pero se prefiere hacer aquella más delgada y sustituirse en parte por una sub-base de menor calidad, aun cuando esto cause un aumento en el espesor total del pavimento, puesto que, cuanto menor sea la calidad material colocado será mayor el espesor necesario para soportar los esfuerzos transmitidos.

Dentro de sus funciones tenemos, resistir las cargas de tránsito y transmitir las adecuadamente a las terracerías. Otra función importante consiste en servir de transición entre el material de base, generalmente granular más o menos grueso y la propia subrasante. La sub-base, más fina que la base, actúa como filtro de esta e impide su incrustación en la subrasante. La sub-base también se coloca para absorber deformaciones perjudiciales en la subrasante, por ejemplo cambios volumétricos asociados a cambios de humedad, impidiendo que se reflejen en la superficie del pavimento. Otra función de esta capa es la de actuar como dren para desalojar el agua que se infiltre a través de las capas superiores, y para impedir la ascensión capilar hacia la base, de agua procedente de la terracería.

- **Base granular.-** Hasta cierto punto existe en la base una función económica análoga a la comentada para el caso de la sub-base, pues permite reducir el espesor de la carpeta que viene a ser la capa más costosa. Pero la función fundamental de esta capa

consiste en proporcionar un elemento resistente que transmita a la sub-base y a la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada. La base en muchos casos debe también drenar el agua que se introduzca a través de la carpeta o por los acotamientos del pavimento, así como impedir la ascensión capilar.

- **Superficie de rodadura o carpeta asfáltica.-** La carpeta debe de proporcionar una superficie de rodamiento adecuada con textura y color convenientes y resistir los efectos abrasivos del tráfico hasta donde sea posible ya que estará en contacto directo con él; además debe impedir hasta cierta medida el paso del agua a las capas inferiores.

2.2.1.6 Drenaje en pavimentos

La humedad es una característica muy especial de los pavimentos, ya que esta reviste gran importancia sobre las propiedades de los materiales que forman la estructura de un pavimento y sobre el comportamiento de los mismos. El drenaje de agua en los pavimentos, debe ser considerado como parte importante en el diseño de carreteras. El exceso de agua combinado con el incremento de volúmenes de tránsito y cargas, se anticipan con el tiempo para ocasionar daño a las estructuras de pavimento. **(Coronado, 2002).**

A. Efectos del agua sobre el pavimento

Los efectos de esta agua (cuando está atrapada dentro de la estructura) sobre el pavimento son los siguientes: (Coronado, 2002).

- ♣ Reduce la resistencia de los suelos de la sub-rasante cuando está se satura y permanece en similares condiciones durante largos periodos.

- ♣ Succiona los finos de los agregados de las bases, haciendo que las partículas de suelo se desplacen con resultados de pérdida de soporte por la erosión provocada. Con menor frecuencia, se suceden problemas de agua incluida y atrapada, pero no se limitan a ello, tales como: **(Coronado, 2002)**.
- ♣ Degradación de la calidad del material del pavimento por efecto de la humedad, creando desvestimiento de las partículas del mismo.
- ♣ Los diferenciales que se producen con el desplazamiento dado por el hinchamiento de los suelos.
- ♣ Por la expansión y contracción debida al congelamiento de los suelos.

B. Soluciones a los problemas de humedad en pavimentos

Los métodos para considerar el agua en el diseño de pavimentos, consisten básicamente en lo siguiente: **(Coronado, 2002)**.

- ♣ Prevenir la penetración de agua dentro del pavimento.
- ♣ Proveer el drenaje necesario para remover el exceso de agua rápidamente.
- ♣ Construir pavimentos fuertes para resistir los efectos combinados de cargas y agua.

En el diseño de pavimentos, debe siempre tratarse de que tanto la subrasante, sub-base y base estén protegidas de la acción del agua. Al considerar las posibles fuentes de agua, es conveniente proteger la sección estructural del pavimento de la entrada de agua, por lo que es necesario interceptar el agua que corre

superficialmente lo mejor posible, así como sellar la superficie del pavimento.

Generalmente se da una considerable atención al efecto de interceptar el agua superficial, mientras se da una menor atención al sellado de la superficie para evitar la infiltración de la lluvia.

Como resultado, una considerable cantidad de agua a menudo penetra dentro de la parte inferior de la estructura de pavimento, obligando la necesidad de construir algún tipo de drenaje. (Coronado, 2002).

2.2.1.7 Factores que influyen en el diseño de los pavimentos flexibles (Instituto de Ingeniería UNAM 1991)

Tomando a un pavimento flexible como un conjunto, se tienen que tomar en cuenta para su diseño, no importando el método, los siguientes factores:

1. La Resistencia Estructural. La metodología teórica para el análisis de la resistencia de un pavimento es proporcionada por la mecánica de suelos y es sabido, que en ese campo, las teorías de falla de mayor aceptación por hoy son las del esfuerzo cortante; como consecuencia, en el estudio de los pavimentos flexibles suele considerarse a los mismos esfuerzos como la principal causa de falla desde el punto de vista estructural.

Las teorías de capacidad de carga de la mecánica de suelos suelen referirse a medios homogéneos e isótropos; la heterogeneidad de la estructura de los pavimentos flexibles, así como su anisotropía, conducen a una primera incertidumbre en el planteamiento teórico de resistencia. Además de los esfuerzos cortantes actúan en los pavimentos esfuerzos adicionales producidos por la aceleración y frenaje de los vehículos y esfuerzos de tensión que se desarrollan en los niveles superiores de la

estructura, a cierta distancia del área cargada, cuando esta se deforma verticalmente hacia abajo. De hecho, el problema de la resistencia plantea en general en relación con la estructura de los materiales del pavimento, pues aunque los materiales de la terracería sean de peor calidad, el espesor protector que el propio pavimento representa hace que los esfuerzos que llegan a aquellos niveles alcancen valores inferiores a la carga requerida para la falla de los suelos.

La determinación de la resistencia de los materiales que constituyen un pavimento es un problema difícil y no resuelto satisfactoriamente, influye en el no solo el tipo de suelo y su tratamiento, sino también su interacción con los efectos de la intemperie, de los que la variación del contenido de agua es seguramente el más importante. Este contenido es necesario para el proyecto, que suele tender a definir la resistencia en esa condición crítica.

Esta es otra de las incertidumbres básicas de diseño, que se han resuelto a base de hipótesis más o menos justificadas por la experiencia, como considerar que el suelo llegará a saturarse, adquirirá una humedad de equilibrio, mantendrá la humedad óptima de compactación u otra próxima a ella.

Otro factor que influye substancialmente en la resistencia de los materiales es el tipo de carga que se les aplica y la velocidad con que ello se hace. Los pavimentos están sujetos a cargas móviles y los efectos de estas son menos conocidos y diferentes que los de las cargas estáticas; esto es otra fuente de incertidumbre que se ha tratado de resolver en los análisis teóricos (Boussinesq, Burmister, etc.), admitiendo que las cargas estáticas o con velocidades de aplicación muy lentas, su correlación para la obtención de normas de criterio se hace con el comportamiento

real de los pavimentos bajo cargas móviles.

En resumen, la resistencia de los materiales que forman los pavimentos interesa desde dos puntos de vista:

a). En cuanto a la capacidad de carga que pueden desarrollar las capas constituyentes del pavimento para soportar adecuadamente las cargas del tránsito.

b). En cuanto a la capacidad de carga de la capa subrasante, que constituye el nexo de unión entre el pavimento y la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitir, a su vez, esfuerzos a la terracería, para soportar los esfuerzos transmitidos y transmitir, a su vez, esfuerzos a la terracería a niveles convenientes.

Ambos puntos son de primordial importancia en la selección de los materiales que deben constituir diferentes capas de pavimento.

2. La Deformabilidad.

En los pavimentos deformaciones interesan como es usual en la ingeniería, desde dos puntos de vista: Por un lado, porque las deformaciones excesivas están asociadas a estado de falla y, por otro lado, porque es sabido que un pavimento deformado puede dejar de cumplir sus funciones, independientemente que las deformaciones no hayan conducido a un colapso estructural propiamente dicho. Las cargas del tránsito producen en el pavimento deformaciones de varias clases. Las elásticas son de recuperación instantánea y las plásticas que son aquellas que permanecen en el pavimento después de cesar la causa deformadora.

La deformación elástica repetida preocupa sobre todo en los materiales con resistencia a la tensión, colocados en la parte superior de la estructura, en los que puede llegar a generar falla por fatiga si el momento de la deformación es importante y los

materiales susceptibles. Bajo carga móvil y repetida la deformación plástica tiende a hacerse acumulativa y puede llegar a alcanzar valores inadmisibles.

Existe hoy una fuerte corriente de opinión en el sentido de que la deformabilidad de los pavimentos flexibles es un punto básico a considerar y, de hecho un buen número de métodos de diseño se centran en mantenerla en límites tolerables. El señalar estos límites se basa en normas de experiencia de grupos de Ingenieros.

Otro problema importante radica en medir la deformación que el pavimento va a sufrir realmente bajo la carga. Este problema debe considerarse en las dos fases.

Primero, la estimación de las deformaciones elásticas, que es posible hacer con razonable precisión una vez conocidos los materiales que construirían el pavimento, obteniendo su módulo de deformación por medio de alguna de las diversas pruebas de campo que hoy existen (pruebas de placa) y que pueden realizarse sobre terraplenes de prueba en las condiciones considerada críticas.

La segunda base del problema de medición de deformaciones se refiere a las plásticas, efecto acumulativo de la carga repetida. Este aspecto se ha atacado con criterios puramente empíricos cuyo aprovechamiento por los métodos de diseño requiere de extrapolaciones experimentales; por ejemplo la diversidad de las cargas se refiere a una carga única, llamada estándar, resultado de estudios estadísticos en tramos experimentales o carreteros, sometidos a la acción del tránsito real o clasificado.

Se intenta que la carga estándar, tome en cuenta el efecto de la repetición, pues al definirla se ha correlacionado su propio efecto destructivo con el que causarían las cargas reales de sus repeticiones respectivas. Una vez fijado el tránsito "de análisis", lo

que suele hacerse actualmente en todos los métodos de diseño que toman en cuenta estas cuestiones es prefijar con base experimental, una deformación permanente máxima y el pavimento de diseño de manera que ésta se presente únicamente al fin de la vida útil prevista.

Existen dos criterios para fijar la deformación máximo permisible; o bien se habla de la que produce la falla del camino, atendiendo por ésta la condición en la que el pavimento llega a perder las características de servicio para las que fue diseñado (AASHO o de índice de servicio) o bien se toma en cuenta la deformación que obligue a una reconstrucción de determinada importancia económica (criterio británico).

3. La Durabilidad. La durabilidad está ligada con un conjunto de factores económicos y sociales del propio camino.

En un camino de muy alto tránsito y gran importancia económica se requerirán pavimentos muy duraderos a fin de no tener que recurrir a costosas interrupciones de un tránsito importante.

Una vez fijado el criterio que proporciona la duración deseada el pavimento, surgen muchas incertidumbres de carácter práctico para lograrla; ya se han mencionado que el efecto del clima y del tránsito dista de estar bien establecido, de manera que su influencia en la vida del pavimento no puede definirse con exactitud.

4. El costo. Como en toda estructura ingenieril un pavimento representa un balance entre la satisfacción de requisitos de resistencia y estabilidad en general por un lado y el costo, por otro. Un diseño correcto será el que llegue a satisfacer los necesarios requerimientos del servicio a costo mínimo.

Naturalmente para lograr el equilibrio podrán seguirse una gran cantidad de posibles líneas de conducta y de aquí emana uno de los aspectos de diseño más inciertos y de los que demandan mayor criterio.

De hecho la primera disyuntiva se tiene al elegir el tipo de pavimento a emplear en cada caso; los pavimentos rígidos, flexibles o semirrígidos son ventajosos o inconvenientes según los casos, hablando comparativamente.

En general, los pavimentos rígidos demandan poco gasto de conservación y se deterioran poco, pero su costo de construcción es alto y están circunscritos a la disponibilidad de los materiales necesarios y aun equipo de construcción especializado. Los pavimentos flexibles requieren menor inversión inicial, pero una conservación más costosa.

Los semirrígidos pueden constituir soluciones económicas cuando los materiales que se dispone para la construcción lo hacen convenientes, pues permiten muy apreciables reducciones en los espesores. No hay reglas fijas que permitan establecer el tipo de pavimento conveniente en cada caso y el punto deberá establecerse en cada situación en particular. Elegido el tipo de pavimento, deberán seleccionarse los materiales que intervendrán en su estructura.

Es posible que estos se ofrezcan en abundancia y que el problema estribe en establecer su selección idónea, pero también es posible que carezcan a tal grado que obliguen al proyecto del pavimento en su conjunto a adaptarse a los que existan. Otro de los factores que intervienen en forma decisiva en los costos de un pavimento y para cuya definición no existen tampoco reglas fijas confiables en lo

relativo a las normas de construcción que han de sujetarse los diferentes materiales para cumplir con los requerimientos de un proyecto determinado, es la compactación, ya que, incluye un gran número de incertidumbres importantes que han de resolverse sobre la marcha en base a la experiencia y el sentido común de los proyectistas y constructores.

5. Los Requerimientos de Conservación. Una gran cantidad de incertidumbres de las que se plantean en la práctica de los pavimentos tiene que ver con su conservación. Los factores que influyen decisivamente en la vida de los pavimentos y que el proyecto ha de tomarlos en cuenta para su previsión, a fin de dejar a la conservación una tarea razonable son los siguientes:

- Los factores climáticos, La intensidad de tránsito; se trata de prever el crecimiento futuro, tanto del número como del tipo de vehículos circulantes.
- El futuro comportamiento de las terracerías, sus deformaciones, derrumbes, saturaciones locales, etc.
- Las condiciones de drenaje y subdrenaje de la vía terrestre. El proyecto de estos elementos debe considerarse en muchas ocasiones como formando parte del diseño del pavimento, pues forma con él un todo integral inseparable.
- La degradación estructural de los materiales construidos por carga repetida, ya mencionado es otro aspecto importante a reflejarse en los requerimientos de conservación. Aunque existen en la actualidad algunas pruebas orientadoras en relación al comportamiento de los materiales a este respecto, son muchas las dudas que podrán presentarse en cualquier caso particular; es fundamental que sean resueltas con buen juicio y experiencia, pues es un hecho comprobado que los descuidos en este terreno se reflejan rápidamente en una conservación costosa y aún en la necesidad de reconstrucciones.

6. La comodidad. Los problemas y los métodos de los pavimentos deben verse afectados por la comodidad que el usuario requiere para transitar a la velocidad del proyecto especialmente en grandes autopista y cambios de primer orden. Es evidente que dentro de este requerimiento queden incluidos otros muchos, de los que la seguridad es el más importante; la estética y su efecto en las reacciones psicológicas del conductor merecen también consideración.

Las deformaciones longitudinales de un pavimento, por ejemplo, pueden constituir un atentado contra la comodidad, independientemente de que desde un punto de vista estrictamente mecánico, representen poco o nada de deficiencia estructural o riesgo de falla. En caminos de especificaciones altas, el proyectista deberá elevar su nivel de exigencia, haciendo intervenir en su criterio consideraciones de esta índole, que no figuran en otros caminos más modernos, en que menores velocidades de operación o intensidad de tránsito hacen estos problemas menos críticos.

2.2.1.8 Reparto del Riesgo en el Diseño de los Pavimentos Flexibles de las Carreteras. (Paul Garnica 1998 IMT)

En los pavimentos actuales, la acción de las cargas repetidas es la más notable causa de deterioro; como se dijo estas cargas han aumentado mucho, tanto en magnitud como en número de repeticiones, lo que induce la posibilidad de fallas por fatiga y por el efecto de la deformación acumulativa.

La falla por fatiga es la que ocurre por la acción reiterada de un esfuerzo que, aplicado una sola vez, no provocaría ningún problema. Un ejemplo simple se tiene al doblar una y otra vez un alambre y constatar que en la operación número "x" se rompe el alambre, aunque aparentemente esa acción final fue idéntica a los

doblajes precedentes. Un similar efecto reiterativo tiene el tránsito al pasar una y otra vez sobre una carpeta asfáltica. Obviamente, este efecto reiterativo depende y ésto es una evidencia experimental para cualquiera, de dos condiciones. Primero de la intensidad de la acción reiterada, vale decir del esfuerzo aplicado cada vez y, segundo, de la magnitud de la deformación inducida en cada aplicación de la carga; también influye poderosamente la flexibilidad o rigidez de la capa del pavimento que soporta la repetición.

En un pavimento, la intensidad del efecto es medida por la magnitud de la carga que se aplica a través de las llantas de un vehículo y la reiteración es medida por las repeticiones de esa carga sobre una misma zona de dicho pavimento. Como se dijo, ambas cosas han crecido mucho en la red básica pavimentada del Perú actual.

El efecto de deformación acumulativa resulta de la deformación que el pavimento sufre bajo la acción de la llanta que pasa. Dicha deformación se recupera parcialmente cuando la llanta deja de oprimir, pero tal recuperación nunca es total; siempre queda un remanente, que conduce a una deformación permanente, la cual dificulta la marcha de los vehículos, aumentando su costo operativo y, eventualmente, contribuye a la ruptura y agrietamiento de la carpeta asfáltica.

Nótese que cuando se dijo que el agua ya no es el enemigo único de los pavimentos, no se implicó de ninguna manera que ahora, a diferencia del pasado, sea un amigo. Al agrietarse la carpeta pudiera penetrar el agua en el interior de la sección estructural, formada generalmente por materiales térreos que, de ser susceptibles, disminuirán su resistencia, creándose un efecto de cascada que llevará a una falla generalizada de la mencionada

sección estructural. Téngase en cuenta que en un pavimento asfáltico la capa superior (carpeta asfáltica) es la más rígida del conjunto de la sección estructural. Naturalmente, una manera de defender la carpeta asfáltica del agrietamiento producido por el efecto reiterado del tránsito es hacerla con un espesor tal que el esfuerzo aplicado resulte muy pequeño en comparación con la resistencia de la capa; es decir, construirla por arriba de lo que se llama el umbral de fatiga, pero ello llevará a la construcción inicial de carpetas de gran espesor.

Como se dijo, la falla por fatiga en la carpeta puede combatirse de dos maneras. Primero dando a la carpeta un espesor tal que el esfuerzo aplicado por el tránsito le permita aceptar todas las repeticiones con deformaciones tan pequeñas que no produzcan posibilidades de agrietamiento o de deformación acumulativa y, segundo, apoyando esa carpeta en otras capas suficientemente resistentes y poco deformables como para lograr el mismo efecto.

Estas capas de apoyo de la carpeta están formadas por materiales térreos (a veces inclusive estabilizados con cemento u otros materiales), que, si han de cumplir a conciencia su cometido, deberán ser resistentes y poco deformables, en relación a los niveles de esfuerzos que le vayan correspondiendo según su profundidad relativa; también deberán ser poco susceptibles a la acción del agua, a fin de poder mantener con el tiempo esas cualidades iniciales.

Evidentemente estos materiales térreos resultan más baratos que las carpetas, de manera que suele resultar más conveniente que la sección estructural de los pavimentos tenga la suficiente resistencia y deformabilidad relativas como para poder funcionar satisfactoriamente aún con carpetas más delgadas, pero obviamente convenientes. De esta manera se logrará también una

sección estructural, carpeta incluida, que pueda crecer hacia arriba en forma económica y racional, si el camino ve acrecentado el tránsito circulante, lográndose secciones estructurales en las que todo lo antes hecho sea todo aprovechable y el refuerzo necesario por el crecimiento del tránsito, sea una adición sencilla (sobrecarpeta) que no exija acciones en profundidad, siempre mucho más costosas.

Las ideas anteriores llevan a un cambio conceptual de fundamental importancia en la filosofía del diseño y la construcción de los pavimentos en el México actual. En el pasado el riesgo de falla se repartía de manera que fuera "mínimo" en la superficie de rodamiento y, cuando mucho, también en las capas subyacentes a la carpeta asfáltica en las profundidades más someras (base del pavimento), pero se aceptaba una rápida disminución en la calidad de las capas inferiores (subbases y cuerpo de terracerías, pues en aquellas épocas era raro el empleo de subrasantes como capa de transición antes de la terracería propiamente dicha), a las que los vehículos de entonces enviaban ya esfuerzos relativamente pequeños.

Hoy sin embargo se impone un criterio de diseño radicalmente diferente, en el cual el riesgo mínimo se produzca en las capas inferiores a las que los vehículos actuales alcanzan a enviar esfuerzos que, aunque decrecientes con la profundidad, aún son claramente notables hasta profundidades que pueden llegar al orden de un metro.

Si sobre una terracería razonablemente buena se van colocando una capa de subrasante apropiada y sobre ella una subbase y una base de calidades crecientes y francamente capaces de soportar los esfuerzos que les lleguen, tanto en resistencia como en posibilidades de deformación, una carpeta asfáltica siempre costosa de espesor razonable podrá soportar los embates del

tránsito del momento, con cierto margen de previsión. Cuando el tránsito crezca, en número y peso, tal como parece que ha de suceder en las carreteras mexicanas, esa sección estructural podrá reforzarse simplemente por adiciones sucesivas en la superficie del pavimento, sin necesidad de incurrir en mucho más costosas operaciones en las profundidades de la sección estructural que, de no hacerse, conducirán a un rápido agrietamiento y deformación excesiva al añadido superior que se haya colocado y a la continua necesidad de reiterar las operaciones de refuerzo una y otra vez, para verlas destruirse en muy cortos lapsos o a padecer, como alternativa una carretera en mal estado superficial permanente, con lo que ello significa en los costos de operación del transporte, de costo relativo muy superior al costo de construcción, a lo largo del tiempo.

De esta manera una política racional de diseño en el Perú actual debe llevar a secciones estructurales de suficiente calidad como para que las acciones de conservación asociadas al crecimiento del tránsito consistan en simples y mucho más económicos refuerzos en la superficie, sin necesidad de realizar auténticas reconstrucciones de las secciones estructurales o de tenerse que resignar a una carretera en la que, a despecho de que hayan de realizarse reencarpetados frecuentes, se encuentren siempre en malas condiciones de rodamiento, con una repercusión muy desfavorable en los continuos y enormes costos de operación vehicular.

Debe señalarse que la actual tecnología de pavimentos permite cuantificar todas las magnitudes que se han mencionado en este análisis conceptual, permitiendo llegar a diversas alternativas que garanticen tanto distintos niveles de calidad de rodamiento, como diferentes tiempos en que la calidad inicial seleccionada llegue a la calidad mínima que se considere apropiada para una carretera

particular, según su importancia, la que al ser alcanzada exija una nueva acción de refuerzo superficial. También debe decirse que ciertas intensidades de tránsito producen en la carretera efectos tan importantes que debe dudarse la posibilidad de resolver el problema de alcanzar una calidad de rodamiento adecuada dentro de expectativas económicas razonables, a base de la utilización de pavimentos asfálticos formados por materiales naturales térreos.

En este caso se abre el horizonte para la utilización de capas especialmente reforzadas dentro de la sección estructural, a base del empleo de suelo-cemento, suelo-asfalto, estabilizaciones mecánicas con mezclas de materiales u otros sistemas. En el caso de tránsitos realmente importantes, estos sistemas pueden también resultar insuficientes, abriéndose el panorama a los pavimentos de concreto, que convenientemente diseñados ofrecen soluciones que garantizan una condición de tránsito adecuada durante periodos de tiempo sumamente largos.

Este último tipo de soluciones ha sido poco empleado en Perú, entre otras cosas porque los niveles de ocupación que los requieren se han presentado muy especialmente en tiempos recientes, pero no cabe duda de que el Perú actual requiere ya su empleo en algunas carreteras y que este requerimiento aumentará indefectiblemente en los años por venir.

En cualquier caso, esta es una opción de diseño que convendrá explorar en muchas reconstrucciones y nuevas carreteras del futuro próximo y, en algunos casos, inclusive del presente. No debe permitirse que consideraciones de costo inicial de construcción desvíen el criterio de los proyectistas del manejo de estas opciones en el análisis de sus proyectos.

Entre los Principales factores que favorecen el daño que sufren las vías, podemos mencionar:

1. Diseño de Pavimentos (Mala estimación del Transito Circulante).
2. Deficiente calidad de los materiales (subbase, base y mezcla asfáltica).
3. Pobre control de calidad en el desarrollo de la obra.
4. Calidad del terreno se sustentación y su heterogeneidad.
5. Uso de asfaltos sin considerar el clima(Temperatura).
6. Ausencia de drenajes y carencia de mantenimiento por niveles de servicio y Soluciones básicas.
7. Aumento desmedido del parque automotor.
8. Falta de control eficaz y eficiente de la carga circulante.



2.2.1. Identificación de fallas superficiales en pavimentos

2.2.2.1 Evaluación superficial.

Existen varios métodos utilizados para la evaluación superficial de los pavimentos, estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada.

Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto. Esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía. Por otro lado la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie, en esta etapa de la inspección se realizarán también anotaciones de otras observaciones adicionales que se consideran necesarias, que puedan afectar a la superficie.

Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación. (Gutiérrez, 2006).

Para este caso se realizó una inspección visual in situ y se realizó otra inspección visual in situ logrando una comparativa in situ de la siguiente manera:

Imágenes de la Inspección visual comparativa del pavimento entre el tramo Puente los Maestros y Puente Cutervo .



Tramo Puente Los Maestros y Puente Cutervo



Avenida Maurtua

2.2.2.2 Causas del surgimiento de las fallas.

Durante la vida de servicio de un pavimento, causas de diverso origen afectan la condición de la superficie de rodamiento. Entre las causas falla de un pavimento se pueden mencionar: (UNI,2009).

- ♣ Fin del período de diseño original y ausencia de acciones de rehabilitación.
- ♣ Incremento del tránsito con respecto a las estimaciones del diseño original.
- ♣ Deficiencias en el proceso constructivo, bien en procesos como tal, como en la calidad de los materiales empleados.
- ♣ Diseño deficiente (errores en estimación del tránsito o en las propiedades de los materiales).
- ♣ Factores climáticos imprevistos (lluvias extraordinarias).
- ♣ Insuficiencia de estructuras de drenaje superficial y/o subterráneo.
- ♣ Insuficiencia o ausencia de mantenimiento y/o rehabilitación de pavimentos.

2.2.2.3 Procedimientos para la evaluación superficial de pavimentos

Para efectuar la evaluación superficial de pavimentos de la red vial seleccionada, se han considerado tres pasos importantes a realizar en base a la necesidad de identificar los defectos o fallas del pavimento, que serán materia de evaluación específicamente en relación a las características físicas de la calzada y su superficie de rodadura.

La evaluación a realizar para efectos prácticos, considera la toma de datos como la base metodológica principal a desarrollar a partir de la inspección visual del pavimento, debiéndose hacer las anotaciones de lo observado mientras se maneja o camina sobre la red vial en estudio, en planillas especialmente preparadas para tal fin. (Booz, Barriga y Wilbur, 1999).

Esta vía permitira ser una via alterna que permita el ingreso a los principals distritos de Ica, como los aquijes, parcona, la Tinguña, etc

A continuación se describen en forma resumida los pasos a seguir para efectuar la evaluación superficial de los pavimentos de la Red

Vial materia de estudio, mediante la inspección visual de las vías: (Booz

et al., 1999).

a) Paso 1: Inspección visual de las vías

Para tal efecto, se efectuará un recorrido de la vía a estudiar, con la finalidad de obtener información sistematizada para lo cual será necesario seleccionar tramos de características y condiciones homogéneas.

Utilizando un vehículo se manejará lentamente sobre la vía para inspeccionar visualmente las condiciones generales de la superficie del pavimento, seleccionando tramos según la uniformidad de las condiciones. Si se observan diferencias significativas, como cambios en la superficie de rodadura o en las secciones transversales, los pavimentos se deben subdividir en dichos puntos.

Para efectos de ayudar en el manejo de la información y obtener una imagen completa de la vía entre dos puntos, los tramos serán cortados a través de los carriles en el mismo punto. Así, si en una dirección el tramo empieza en un punto diferente de otro, en la otra dirección, este deberá también ser artificialmente dividido en dicho punto, aun pensando que no se requeriría hacerlo, constituyéndose en tramos apropiados para ser evaluados.

b) Paso 2: Observación de fallas

Determinar las condiciones del pavimento recorriendo la vía lentamente para observar manifestación de fallas (la velocidad máxima no debe rebasar los 20 kph en áreas urbanas, 30 kph en áreas rurales). Se deben hacer dos o tres paradas por tramo para examinar las fallas en función de tipo, severidad, extensión de la manifestación y ocurrencia de dichas fallas.

c) Paso 3: Registro en planilla de evaluación

Se deberá efectuar registro de todo lo observado en el recorrido de la inspección visual, anotando todas las manifestaciones de fallas, en las unidades de medida correspondientes que permita determinar los

tratamientos de mantenimiento posibles de aplicar. De esta manera se tendrá definida la condición del pavimento de determinada vía y/o red vial, que posibilitará definir la política de ejecución inmediata de los programas de conservación vial.

2.2.2.4 Manifestaciones de fallas

Las manifestaciones de fallas son señales visibles de defectos en el pavimento y pueden ser indicativas de las condiciones estructurales del pavimento. Las fallas indican problemas causados por deficiencias de material y construcción, condiciones ambientales y climáticas, cargas de tránsito y otras causas. (Booz et al., 1999).

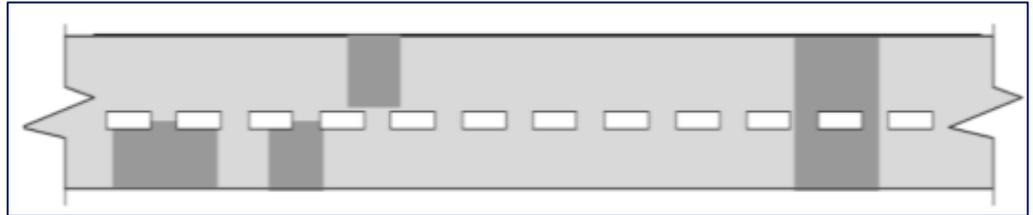
- ♣ Severidad: La severidad se refiere a la gravedad del problema.
La escala de severidad, basada en experiencia previa, tiene tres niveles: bajo, medio y alto.
- ♣ Extensión: La extensión se refiere al tamaño del área con el problema.
La escala, basada en experiencia previa, tiene tres niveles: menos del 20%, entre el 20% y 50% y mayor al 50%.
- ♣ Pautas:
 - Menos del 20% de la superficie afectada. Ubicado solo en áreas localizadas.
 - Del 20% al 50% de la superficie afectada. Puede estar ubicado uniformemente a lo largo del tramo o en áreas localizadas.
 - Más del 50% de la superficie afectada. Ubicado uniformemente a lo largo de toda el tramo. En las figuras que se muestran a continuación se pretende ilustrar casos similares de extensión (área de problema) a cualquier tipo de manifestación de fallas. Así por ejemplo, puede suceder dentro de un determinado proceso de evaluación de pavimentos de una vía, que el evaluador pudiera encontrar un número de áreas con peladuras en un tramo en estudio,

que puede presentar los siguientes casos: (Booz et al., 1999).

1er. Caso: Distribución aleatorias de fallas

Área total afectada < 20%: Las peladuras pueden estar concentradas en áreas aisladas o ubicadas aleatoriamente.

Distribución aleatoria de fallas.

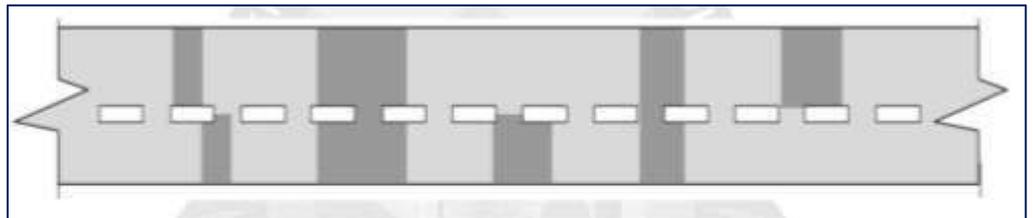


Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 1999).

2do. Caso: Distribución uniforme e intermitente de fallas

Área total afectada < 20%: Situación similar pero las fallas tienen una distribución más uniforme con intermitente ocurrencia.

Distribución uniforme e intermitente de fallas.

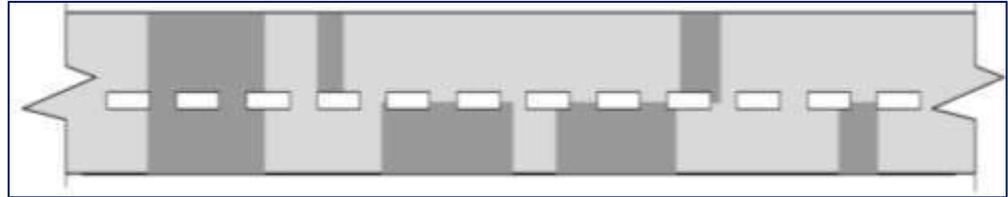


Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 1999).

3er. Caso: Distribución uniforme y frecuente de fallas

Área total afectada 20% - 50%: Tramo con concentraciones de peladuras distribuidas uniformemente y con frecuente ocurrencia.

Distribución uniforme y frecuente de fallas.



Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 1999).

4to. Caso: Distribución ocurrencia extensiva

Área total afectada > 50%: Tramo con las fallas distribuidas uniformemente y con ocurrencia extensiva.

Distribución uniforme y frecuente de fallas.



Fuente: Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, (Booz et al., 1999).

Legenda: El color oscuro representa el pavimento con fallas y el color claro representa el pavimento sin fallas.

A través del Programa de Post Inversión PMBOOK se detalla el proceso de actividades que debe seguir el Proyecto.

PROGRAMA

DE

AREAS DEL CONOCIMIENTO	INICIACIÓN	PLANIFICACIÓN	EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO Y CONTROL	CIERRE
INTEGRACIÓN DEL PROYECTO	Desarrolla el acta de construcción del proyecto	Desarrollo del plan	Gestión de la ejecución	Seguimiento y control del pr	Cerrar el proyecto
ALCANCE DEL PROYECTO		Recopila los requisitos para llevar a cabo el proyecto		Verificar el alcance Controlar el alcance	
TIEMPO DEL PROYECTO		Definir las actividades Desarrollar actividades según cronograma		Controlar cronograma	
COSTOS DEL PROYECTO		Estimar los costos Determinar el presupuesto		Controlar los costos	
CALIDAD DEL PROYECTO		Planificar la calidad	Realizar el seguimiento de la calidad	Realizar control de calidad	
RR.HH DEL PROYECTO		Planificar el plan de RR.HH	Dirigir el equipo del proyecto Desarrollar el equipo del proyecto		
COMUNICACIONES DEL PROYECTO	Identificar a los interesados	Planificar las comunicaciones	Distribuir la información Gestionar las expectativas del mercado	Informar el desempeño	
RIESGOS DEL PROYECTO		Planificar la gestión de riesgos Identificar los riesgos Realizar análisis cuantitativo y cualitativo de riesgos		Dar seguimiento de los riesgos	
ADQUISICIONES DEL PROYECTO		Planificar las adquisiciones	Efectuar adquisiciones	Administrar compras y adq	Cerrar las adquisicion

ACTIVIDADES PMBOK

2.2.2.5 Clasificación de fallas en pavimentos flexibles

A. Fisuras y Grietas

a) Fisuras piel de cocodrilo

a.1) Descripción: Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos, generalmente con un diámetro promedio menor a 30 cm. El fisuramiento empieza en la parte inferior de las capas asfálticas, donde las tensiones y deformaciones por tracción alcanzan su valor máximo, cuando el pavimento es solicitado por una carga. Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego por efecto de la repetición de, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada, que asemeja el cuero de un cocodrilo. (Coronado, 2000).

a.2) Posibles causas: La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:

- ♣ Espesor de estructura insuficiente.
- ♣ Deformaciones de la sub-rasante.
- ♣ Problemas de drenaje que afectan a los materiales granulares.
- ♣ Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
- ♣ Deficiencias en la elaboración de la mezcla asfáltica: exceso de mortero en la mezcla.

♣ Reparaciones mal ejecutadas, juntas mal elaboradas e implementación de reparaciones que no corrigen el daño. a.3)

Niveles de severidad: (Corros, Urbáez y Corredor, 2009).

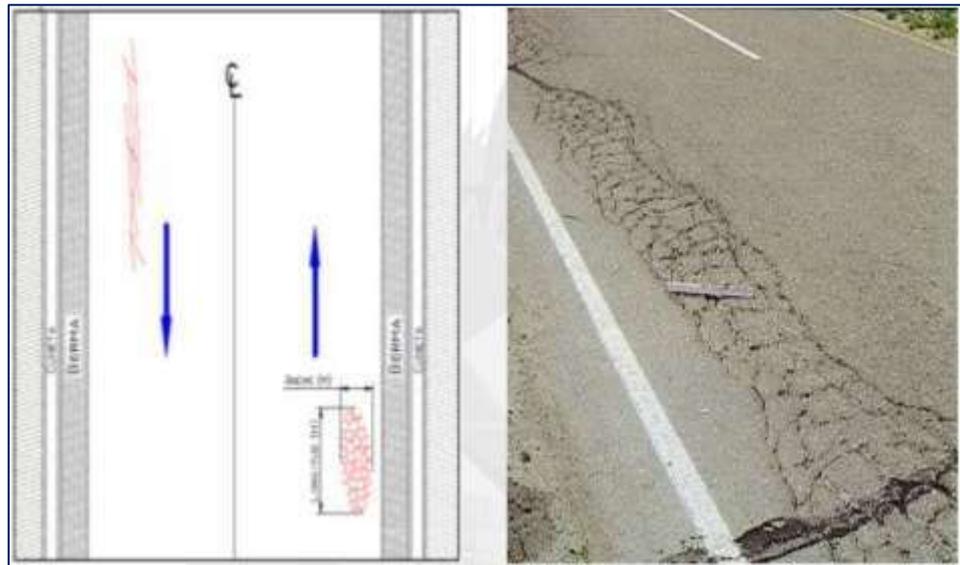
♣ Bajo (B): Grietas finas capilares y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están "descascaradas", es decir, no presentan pérdida del material a lo largo de sus lados.

♣ Medio (M): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel B, en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente "descascaradas". Inicia el proceso de interconexión.

♣ Alto (A): Red o patrón de grietas que ha evolucionado de tal forma que las piezas o pedazos están bien definidos y “descascarados” los bordes. Algunos pedazos pueden moverse bajo el efecto del tránsito.

a.4) Medición: Las fisuras piel de cocodrilo se miden en metros cuadrados de superficie afectada. La mayor dificultad en la medida de este tipo de daño radica en que, a menudo, dos o tres niveles de severidad coexisten en un área deteriorada. (Corros et al., 2009).

Fisuras piel de cocodrilo



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

b) Fisuras en bloque

b.1) Descripción: Serie de fisuras interconectadas formando piezas aproximadamente rectangulares, de diámetro promedio mayor de 30 cm, con un área variable de 0.10 a 9.0 m². La fisura en bloque se presenta normalmente en una gran área del pavimento. (Coronado, 2000).

b.2) Posibles causas: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ La fisuración en bloque es causada principalmente por la contracción del concreto asfáltico debido a la variación de la temperatura durante el día, lo cual se traduce en ciclos de esfuerzo – deformación.
- ♣ El asfalto se ha endurecido significativamente, debido al envejecimiento de la mezcla o al uso de un asfalto inadecuado.
- ♣ Combinación del cambio volumétrico del agregado fino de la mezcla asfáltica con el uso de un asfalto de baja penetración.

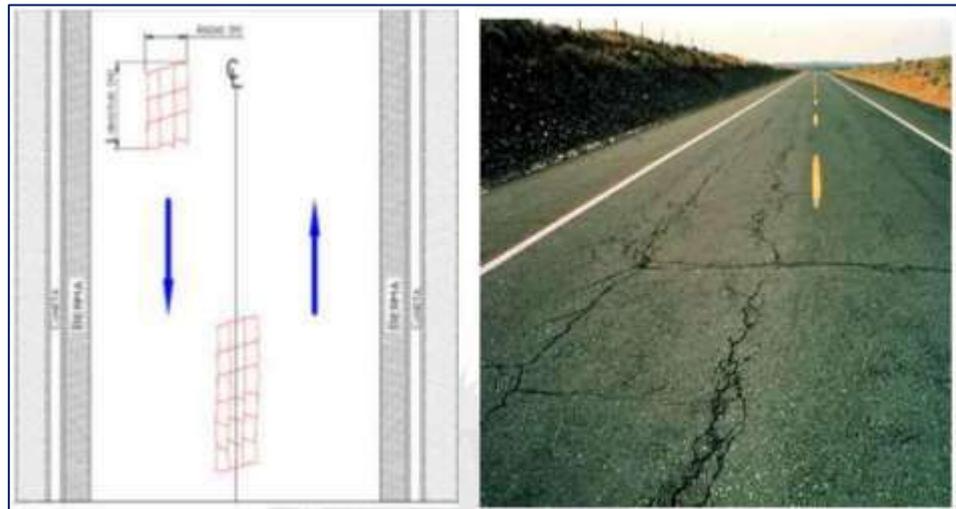
b.3) Niveles de severidad: (Corros et al., 2009).

- ♣ Bajo (B): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
 - Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).
- ♣ Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm. y 76.0 mm.
 - Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas.
 - Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.
- ♣ Alto (A): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta.
 - Grieta sin relleno de más de 76.0 mm. de ancho.
 - Una grieta de cualquier ancho en la cual pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente

fracturadas.

b.4) Medición: Se mide metros cuadrados de área afectada. Generalmente el nivel de severidad de cada falla deberá medirse y anotarse separadamente. (Vásquez, 2002).

Fisura en bloque.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

c) Fisuras en arco

c.1) Descripción: Son fisuras en forma de media luna que apuntan en la dirección de las fuerzas de tracción de las ruedas sobre el pavimento. Las fisuras en arco no necesariamente apuntan en el sentido del tránsito. Por ejemplo, si se frena el vehículo cuesta abajo, la dirección de la fisuras está cuesta arriba. (Coronado, 2000).

c.2) Posibles causas: (Coronado, 2000).

- ♣ Se producen cuando los efectos de frenado o giro de las ruedas de los vehículos provocan un resbalamiento y deformación de la superficie de pavimento.
- ♣ Ocurre generalmente cuando se combinan una mezcla asfáltica de baja estabilidad y una deficiente adherencia entre la superficie y la

siguiente capa de la estructura del pavimento.

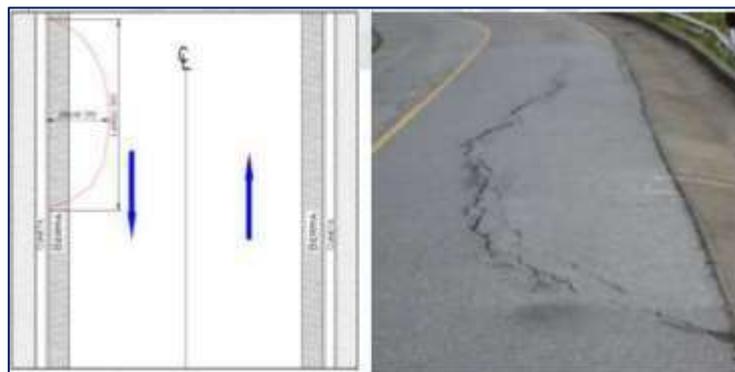
- ♣ Espesores de carpeta muy reducidos sobre superficies pulidas.
- ♣ Contenido alto de arena en la mezcla, sea arena de río o finos triturados.

c.3) Niveles de severidad: (Corros et al., 2009).

- ♣ Bajo (B): Ancho promedio de la grieta menor que 10,0 mm.
- ♣ Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Ancho promedio de la grieta entre 10,0 mm y 38,0 mm.
 - El área alrededor de la grieta está fracturada en pequeños pedazos ajustados.
- ♣ Alto (A): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Ancho promedio de la grieta es mayor de 38,0 mm.
 - El área alrededor de la grieta está fracturada en pedazos removibles.

c.4) Medición: El área asociada se mide en metros cuadrados y se califica según el nivel de severidad más alto presente en la misma. (Vásquez, 2002).

Esquema de fisura en arco.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

d) Fisura longitudinal y transversal

d.1) Descripción: Las fisuras longitudinales son paralelas al eje del pavimento. Las fisuras transversales se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo. (Corros et al., 2009).

d.2) Posibles causas:

- ♣ Contracción de la mezcla asfáltica por pérdida de flexibilidad, debido a un exceso de filler, envejecimiento asfáltico, etc. Particularmente ante la baja temperatura y gradientes térmicos. (Coronado, 2000).

- ♣ Juntas de construcción inadecuadamente trabajadas.

- ♣ Uso de ligantes (asfaltos) muy duros. (Consejo De Directores De Carreteras De Iberia E Iberoamerica, 2002).

d.3) Niveles de severidad: (Corros et al., 2009).

- ♣ Bajo (B): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
 - Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello).

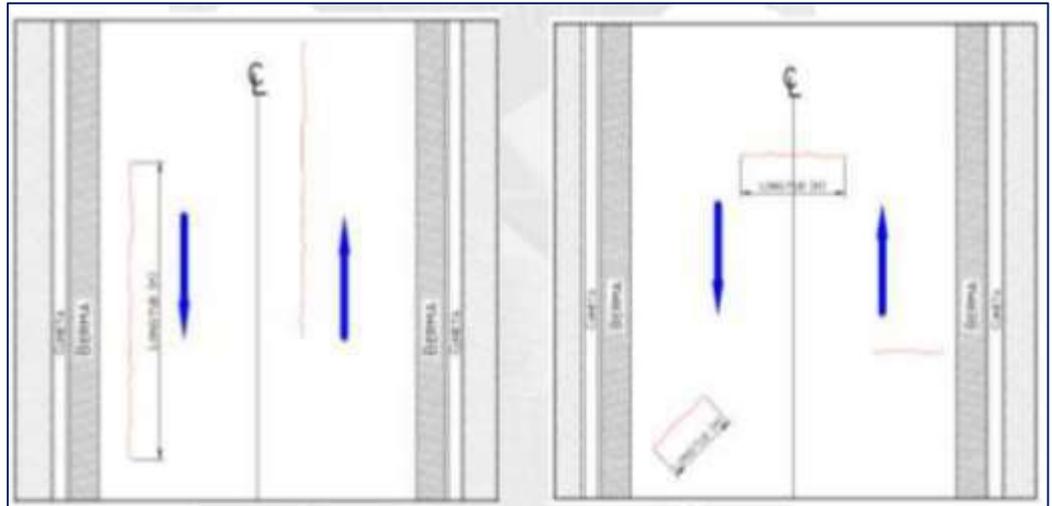
- ♣ Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
 - Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas adyacentes pequeñas.
 - Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.

- ♣ Alto (A): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas adyacentes pequeñas de severidad media o alta.
 - Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.

- Una grieta de cualquier ancho; el pavimento alrededor de la misma está severamente fracturado.

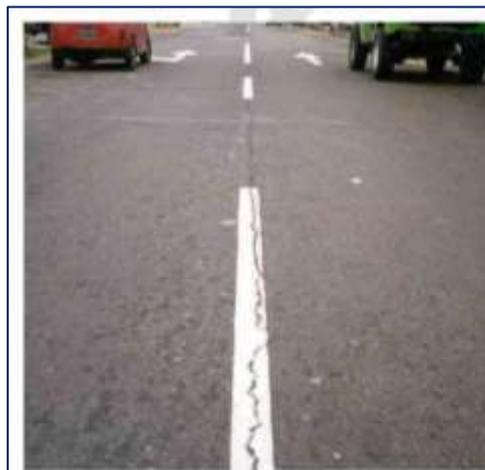
d.4) Medición: Las grietas longitudinales y transversales se miden en metros lineales. (Vásquez, 2002).

Esquema longitudinal



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

Fisura longitudinal.



Fisura transversal.



e) Fisura de borde

e.1) Descripción: Fisuras con tendencia longitudinal a semicircular localizadas cerca del borde de la calzada, se presentan principalmente por la ausencia de berma. (Gutiérrez, 2006).

e.2) Posibles causas: (Corros et al., 2009).

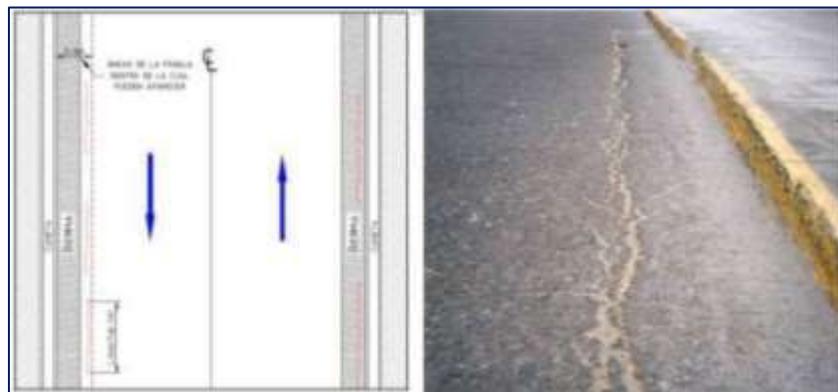
- ♣ Éste daño puede originarse por debilitamiento debido a condiciones climáticas de la base o de la sub-rasante en sectores próximos al borde del pavimento.
- ♣ Falta de soporte lateral o por terraplenes contruidos con materiales expansivos.
- ♣ El deterioro se acelera por el efecto de las cargas de tránsito.

e.3) Niveles de severidad: (Vásquez, 2002).

- ♣ Bajo (B): Agrietamiento bajo o medio sin fragmentación.
- ♣ Medio (M): Grietas medias con algo de fragmentación.
- ♣ Alto (A): Considerable fragmentación al largo del borde.

e.4) Medición: Se mide en metros lineales. (Corros et al., 2009).

Esquema de fisura de borde. Fisura de borde



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

f) Fisura por reflexión de junta

f.1) Descripción: Se presentan sólo en pavimentos mixtos constituidos por una superficie asfáltica sobre un pavimento de concreto con juntas. Consiste en la propagación ascendente hacia la superficie asfáltica, de las juntas del pavimento de concreto. Como consecuencia, por efecto de la reflexión, se observan en la superficie fisuras longitudinales y/o transversales que tienden a reproducir las juntas longitudinales y transversales de las losas inferiores. (Coronado, 2000).

f.2) Posibles causas: (Coronado, 2000).

- ♣ Son causadas principalmente por el movimiento de las losas de concreto, como resultado de cambios de temperaturas o cambios en los contenidos de humedad.

- ♣ Las grietas por reflexión se propagan dentro de la capa asfáltica, como consecuencia directa de una concentración de tensiones.

- ♣ Asimismo por la aplicación de las cargas de tránsito las losas experimentan deflexiones verticales importantes en las juntas la reflexión se produce con mayor rapidez.

- ♣ El tránsito puede producir la rotura de la capa asfáltica en la proximidad de las fisuras reflejadas, resultando en peladuras y eventualmente baches.

f.3) Niveles de severidad: (Corros et al., 2009).

- ♣ Bajo (B): Existe una de las siguientes condiciones:
 - Grieta sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
 - Grieta rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material de sello).

♣ Medio (M): Existe una de las siguientes condiciones:

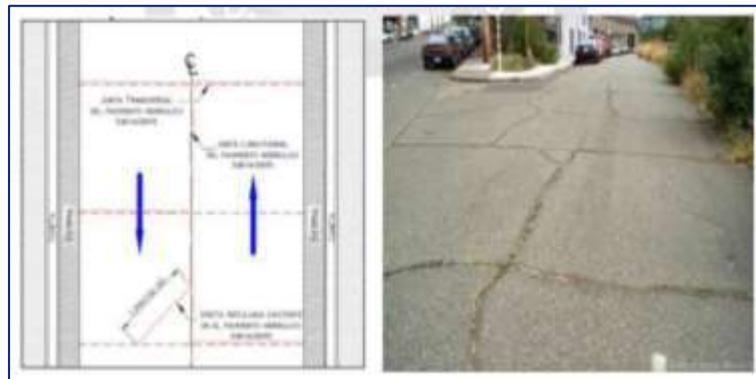
- Grieta sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
- Grieta sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm., rodeada de grietas adyacentes pequeñas.
- Grieta rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas adyacentes pequeñas.

♣ Alto (A): Existe una de las siguientes condiciones:

- Cualquier grieta rellena o no, rodeada de grietas aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
 - Grieta sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
- Una grieta de cualquier ancho en la cual pocas pulgadas alrededor de la misma están severamente fracturadas.

f.4) Medición: La grieta de reflexión de junta se mide en metros lineales. La longitud y nivel de severidad de cada grieta debe registrarse por separado. (Vásquez, 2002).

F. por reflexión de junta.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

B. Deformaciones superficiales de pavimentos asfálticos a) Ahuellamiento

a.1) Descripción: Depresión longitudinal continua a lo largo del rodamiento del tránsito, de longitud mínima de 6 m. (Coronado, 2000). Con frecuencia se encuentra acompañado de una elevación de

las áreas adyacentes a la zona deprimida y de fisuración. (Gutiérrez, 2006).

a.2) Posibles causas: Las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento o en la sub-rasante.

Cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeño, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante. (Coronado, 2000). En algunos casos se hace más evidente cuando la mezcla asfáltica se desplaza formando un cordón a cada lado del área deprimida. Las causas posibles incluyen: (Coronado, 2000).

- ♣ Las capas estructurales pobremente compactadas.
- ♣ Inestabilidad en bases y sub-bases granulares, creada por la presión del agua o saturación de la misma.
- ♣ Mezcla asfáltica inestable.
- ♣ Falta de apoyo lateral por erosión del hombro.
- ♣ Capacidad estructural del pavimento con espesores deficientes de las capas que lo integran.
- ♣ Técnica de construcción pobre y un bajo control de calidad.
- ♣ Estacionamiento prolongado de vehículos pesados.
- ♣ Exceso de ligantes de riegos.

a.3) Niveles de severidad: La severidad del ahuellamiento se determina en función de la profundidad de la huella, midiendo ésta con una regla de 1.20 m de longitud colocada transversalmente al eje de la carretera. (Gutiérrez, 2006).

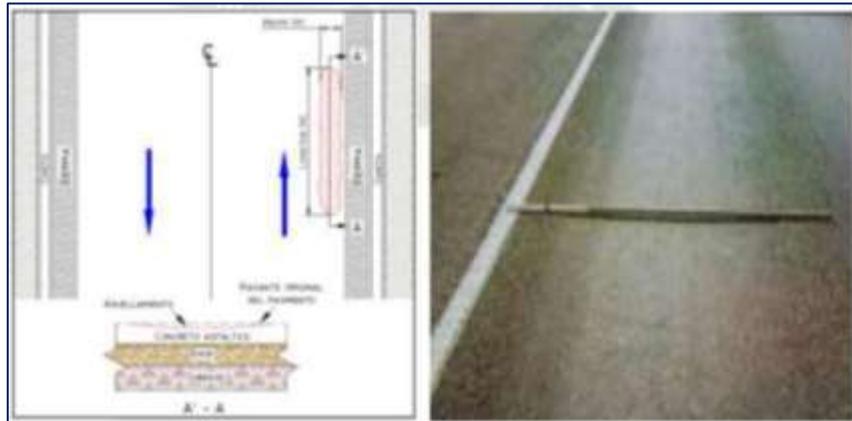
Se identifican tres niveles de severidad: (Coronado, 2000).

- ♣ Bajo (B): La profundidad promedio es menor de 10 mm.
- ♣ Medio (M): La profundidad promedio es entre 10 y 25 mm.
- ♣ Alto (A): La profundidad promedio es mayor de 25 mm.

a.4) Medición: Se mide en metros cuadrados (m²) de área afectada, asignando la severidad de acuerdo con la zona de mayor profundidad. (Gutiérrez, 2006).

Esquema de ahuellamiento

Ahuellamiento



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

b) Corrugación

b.1) Descripción: Serie de ondulaciones, constituidas por crestas y depresiones, perpendiculares a la dirección del tránsito, las cuales se suceden muy próximas unas de otras, a intervalos aproximadamente regulares, en general menor de 1 m entre ellas, a lo largo del pavimento. (Coronado, 2000).

b.2) Posibles causas: La ondulación es una deformación plástica de la capa asfáltica, debido generalmente a una pérdida de estabilidad de la mezcla en climas cálidos por mala dosificación del asfalto, uso de ligantes blandos o agregados redondeados. Otra causa puede estar asociada a un exceso de humedad en la subrasante, en cuyo caso el daño afecta toda la estructura del pavimento.

Además también puede ocurrir debido a la contaminación de la mezcla asfáltica con finos o materia orgánica. (Gutiérrez, 2006).

Bajo este contexto, las causas más probables son: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Pérdida de estabilidad de la mezcla asfáltica.
- ♣ Exceso de compactación de la carpeta asfáltica.
- ♣ Exceso o mala calidad del asfalto.
- ♣ Insuficiencia de triturados (caras fracturadas).
- ♣ Acción del tránsito en las zonas de frenado y estacionamiento.
- ♣ Deslizamiento de la capa de rodadura sobre la capa inferior por exceso de riego de liga.

b.3) Niveles de severidad: (Booz et al., 1999).

- ♣ Bajo (B): Causa cierta vibración en el vehículo sin llegar a generar disconfort.
- ♣ Medio (M): Causa una vibración significativa en el vehículo. Cierta incomodidad.
- ♣ Alto (A): Causa vibración excesiva y continua del vehículo. Riesgo a la seguridad y obliga a una reducción de la velocidad.

b.4) Medición: La corrugación se mide en metros cuadrados, registrando, de acuerdo a su severidad, el área total afectada en la muestra o sección. (Coronado, 2000).

Esquema de corrugación Corrugación



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

c) Hinchamiento

c.1) Descripción: Abultamiento o levantamiento localizado en la superficie del pavimento, generalmente en la forma de una onda que distorsiona el perfil de la carretera. (Coronado, 2000).

c.2) Posibles causas: Son causadas fundamentalmente por la expansión de los suelos de sub-rasante del tipo expansivo. (Coronado, 2000).

c.3) Niveles de severidad: (Coronado, 2000).

♣ Bajo (B): Baja incidencia en la comodidad de manejo, apenas perceptible a la velocidad de operación promedio.

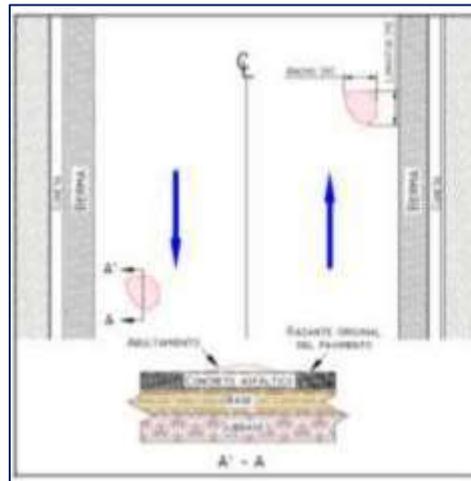
♣ Medio (M): Moderada incidencia en la comodidad de manejo, genera incomodidad y obliga a disminuir la velocidad de circulación.

♣ Alto (A): Alta incidencia en la comodidad de manejo, condiciona la velocidad de circulación y produce una severa incomodidad con peligro para la circulación (el vehículo es proyectado por efecto del hinchamiento).

c.4) Medición:

Los hinchamientos se miden en metros cuadrados de la superficie afectada, registrando separadamente según el nivel de severidad. (Coronado, 2000).

Esquema de hinchamiento



Hinchamiento



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

d) Hundimiento

d.1) Descripción: Depresión o descenso de la superficie del pavimento en un área localizada del mismo. (Coronado, 2000).

Este tipo de daño puede generar problemas de seguridad a los vehículos, especialmente cuando contienen agua pues se puede producir hidroplaneo. (Gutiérrez, 2006).

d.2) Posibles causas: Existen diversas causas que producen hundimientos las cuales están asociadas con problemas que en general afectan toda la estructura del pavimento: (Gutiérrez, 2006).

♣ Deficiencia de compactación de las capas inferiores del pavimento, del terraplén o en las zonas de acceso a obras de arte o puentes.

- ♣ Deficiencias de drenaje que afecta a los materiales granulares.
- ♣ Circulación de tránsito muy pesado.
- ♣ Diferencia de rigidez de los materiales de la sub-rasante en los sectores de transición entre corte y terraplén.

d.3) Niveles de severidad: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Bajo (B): Profundidad menor que 20 mm, causa poca vibración al vehículo, sin generar incomodidad al conductor.
- ♣ Medio (M): Profundidad entre 20 mm y 40 mm, causa mayor vibración al vehículo generando incomodidad al conductor.
- ♣ Alto (A): Profundidad mayor que 40 mm, causa vibración excesiva que puede generar un alto grado de incomodidad, haciendo necesario reducir la velocidad por seguridad.

d.4) Medición: El hundimiento se mide en metros cuadrados, registrando separadamente, según su severidad. (Coronado, 2000).

Esquema de hundimiento

Hundimiento



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

C. Desintegración en los pavimentos asfálticos

a) Bache

a.1) Descripción: Desintegración total de la carpeta asfáltica que deja expuestos los materiales granulares lo cual lleva al aumento del área afectada y al aumento de la profundidad debido a la acción del tránsito. (Gutiérrez, 2006).

a.2) Posibles causas: Los baches se producen por conjunción de varias causas: (Coronado, 2000).

- ♣ Fundaciones y capas inferiores inestables.
- ♣ Espesores insuficientes.
- ♣ Defectos constructivos.
- ♣ Retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas.

La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento y/o fundación, o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras tipo cuero de cocodrilo, que han alcanzado un alto 48 nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

a.3) Niveles de severidad: Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Medio, Alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, de acuerdo con la tabla 4.1: (Coronado, 2000).

Niveles de severidad en función del área afectada y de la profundidad del bache.

Profundidad máxima (cm)	Diámetro Promedio del Bache (cm)		
	Menor a 70	70 – 100	Mayor a 100
Menor de 2.5	B	B	M
De 2.5 - 5.0	B	M	A
Mayor de 5.0	M	M	A

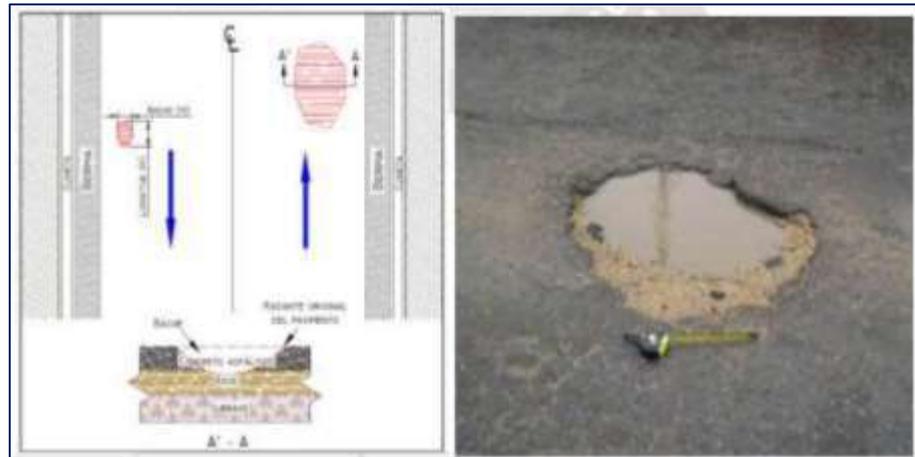
Fuente: Manual centroamericano de mantenimiento de carreteras – Tomo III, (Coronado, 2000).

a.4) Medición:

Los baches se miden en metros cuadrados de superficie afectada según nivel de severidad. (Booz et al., 1999).

Desintegración - bache.

Bache.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

b) Desintegración de bordes

b.1) Descripción:

Consiste en la progresiva destrucción de los bordes del pavimento por la acción del tránsito. (Coronado, 2000). Común en pistas con bermas no pavimentadas y sin sardinel. (Booz et al., 1999).

b.2) Posibles causas:

La causa primaria es la acción localizada del tránsito, tanto por su efecto abrasivo como por el poder destructivo de las cargas, sobre el extremo del pavimento donde la debilidad de la estructura es mayor debido al menor confinamiento lateral, deficiente compactación del borde, etc.

La presencia de arenas angulosas sueltas, muy próximas a la pista, hace que aumente la abrasión de las llantas que ascienden y

descienden del pavimento, provocando peladuras severas que pueden conducir a la desintegración. (Coronado, 2000).

b.3) Niveles de severidad: (Booz et al., 1999).

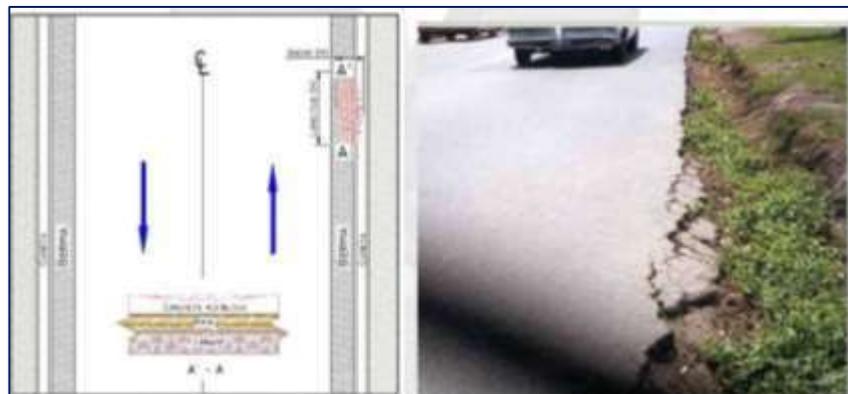
♣ Bajo (B): Fisuras paralelas al borde. Pequeñas roturas (< 25 mm) desde el borde del pavimento. No hay pérdida de pedazos de pavimento, o se observa muy pocos pedazos faltantes.

♣ Medio (M): Fisuras paralelas al borde de severidad alta, y/o peladuras de cualquier tipo sin llegar a la rotura o desintegración total de los mismos. Roturas entre 25 y 75 mm desde el borde. Los pedazos que faltan le dan al borde del pavimento una apariencia de sierra.

♣ Alto (A): Considerable desintegración de los bordes (> 75 mm del borde), con pedazos considerables removidos por el tránsito. El 50 borde tiene una apariencia serpenteante, reduciendo el ancho de la calzada.

b.4) Medición: Las desintegraciones de bordes se miden en metros cuadrados, totalizados separadamente, de acuerdo a su severidad. (Coronado, 2000).

Desintegración bordes.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

c) Pérdida de agregado

c.1) Descripción: Conocida también como desintegración, corresponde a la disgregación superficial de la capa de rodadura debido a una pérdida gradual de agregados, haciendo la superficie más rugosa y exponiendo de manera progresiva los materiales a la acción del tránsito y los agentes climáticos. (Gutiérrez, 2006).

c.2) Posibles causas: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Aplicación irregular del ligante en tratamientos superficiales.
- ♣ Problemas de adherencia entre agregado y asfalto.
- ♣ Uso de agregados contaminados con finos o agregados muy absorbentes.
- ♣ Lluvia durante la aplicación o el fraguado del ligante asfáltico.
- ♣ Endurecimiento significativo del asfalto.
- ♣ Deficiencia de compactación de la carpeta asfáltica.
- ♣ Contaminación de capa de rodadura con aceite, gasolina y otros.

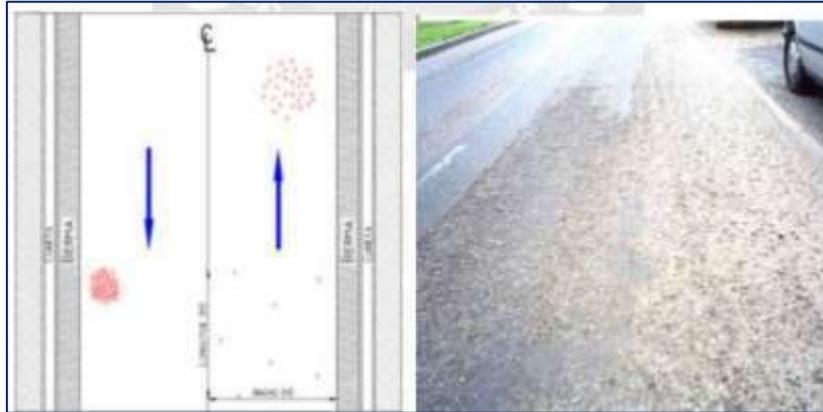
c.3) Niveles de severidad: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Bajo (B): Los agregados gruesos han comenzado a desprenderse con pequeños huecos cuya separación es mayor a 0.15 m.
- ♣ Medio (M): Existe un mayor desprendimiento de agregados, con separaciones entre 0.05 m y 0.15 m.
- ♣ Alto (A): Existe desprendimiento extensivo de agregados finos y gruesos con separaciones menores a 0.05 m, haciendo la superficie muy rugosa y se observan agregados sueltos.

c.4) Medición: Se mide el área en metros cuadrados. (Gutiérrez, 2006).

Pérdida de agregados.

Pérdida de agregados.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

D. Daños superficiales

a) Desgaste superficial

a.1) Descripción:

Corresponde al deterioro del pavimento ocasionado principalmente por acción del tránsito, agentes abrasivos o erosivos. Se presenta como pérdida de ligante y mortero. Suele encontrarse en las zonas por donde transitan los vehículos. (Gutiérrez, 2006).

a.2) Posibles causas:

Generalmente es un deterioro natural, si se presenta con severidades medias o altas a edades tempranas puede estar asociado a un endurecimiento significativo del asfalto. Pueden generarse también por las siguientes causas: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Falta de adherencia del asfalto con los agregados.
- ♣ Deficiente dosificación de asfalto en la mezcla.
- ♣ Acción intensa del agua u otros agentes abrasivos además del tránsito.

a.3) Niveles de severidad: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Bajo (B): Cuando la superficie ha perdido su textura uniforme y

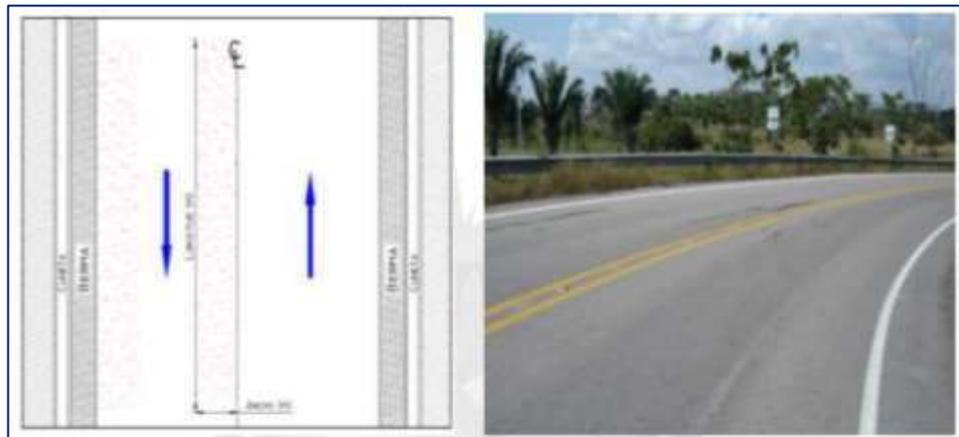
se muestra ligeramente áspera o rugosa, con irregularidades hasta de 3 mm aproximadamente.

♣ Medio (M): Cuando la profundidad de las irregularidades es mayor de 3 mm y llega a 10 mm. Se observan las partículas de agregado grueso, y se siente la vibración y una diferencia de sonido de las llantas al transitar sobre el pavimento.

♣ Alto (A): Si en la superficie ha comenzado a producirse la desintegración superficial de la capa de rodadura y se presenta desprendimientos evidentes y partículas sueltas sobre la calzada.

a.4) Medición: Se miden en metros cuadrados, totalizados separadamente, de acuerdo a su severidad. (Gutiérrez, 2006).

Desgaste superficial.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

b) Exudación de asfalto

b.1) Descripción: Consiste en el afloramiento de un material bituminoso de la mezcla asfáltica a la superficie del pavimento,

formando una película continua de ligante, creando una superficie brillante, reflectante, resbaladiza y pegajosa durante el tiempo cálido. (Coronado, 2000).

b.2) Posibles causas: La exudación es causada por un excesivo contenido de asfalto en las mezclas asfálticas y/o sellos bituminosos. Ocurre en mezclas con un porcentaje de vacíos deficientes, durante épocas calurosas.

El ligante dilata, llena los vacíos y aflora a la superficie, dejando una película de bitumen en la superficie. Dado que el proceso de exudación no es reversible durante el tiempo frío, el asfalto se acumula en la superficie. (Coronado, 2000). Otras posibles causas son: (Instituto Mexicano Del Transporte, 2001).

- ♣ Tránsito intenso.
- ♣ Excesiva compactación.

b.3) Niveles de severidad: (Gutiérrez, 2006).

♣ Bajo (B): La exudación se hace visible en la superficie, aunque en franjas aisladas y de espesor delgado.

♣ Medio (M): Apariencia característica, con exceso de asfalto libre que conforma una película que cubre parcialmente los agregados, con frecuencia localizada en las huellas del tránsito, se toma pegajoso en los climas cálidos.

♣ Alto (A): Presencia de una cantidad significativa de asfalto en la superficie cubriendo casi la totalidad de los agregados. Se muestra un aspecto húmedo de intensa coloración negra y se toma pegajoso en los climas cálidos.

b.4) Medición: Se mide en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente ésta según su severidad. (Coronado, 2000).

Exudación de asfalto.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

c) Surcos

c.1) Descripción: Corresponde a franjas o canales longitudinales donde se han perdido los agregados de la mezcla asfáltica. (Gutiérrez, 2006).

c.2) Posibles causas

♣ En tratamientos superficiales se da por distribución transversal defectuosa del ligante bituminoso o del agregado, lo cual genera el desprendimiento de los agregados.

♣ En concreto asfáltico está relacionado con la erosión producida por agua en zonas de alta pendiente. (Gutiérrez, 2006).

c.3) Medición: Se mide en metros cuadrados y no tiene ningún grado de severidad asociado. (Gutiérrez, 2006).

Esquema de surcos

Surcos en pavimentos.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

E. Otros daños en los pavimentos asfálticos

a) Separación de la berma

a.1) Descripción:

Este daño indica el incremento en la separación de la junta existente entre la calzada y la berma. Este daño permite la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento provocando su deterioro. (Gutiérrez, 2006).

a.2) Posibles causas:

Relacionada con el movimiento de la berma debido a la inestabilidad de taludes aledaños o la ausencia de liga entre calzada y berma cuando se construyen por separado. (Gutiérrez, 2006).

a.3) Niveles de severidad: (Gutiérrez, 2006).

- ♣ Bajo (B): Abertura menor que 3 mm.
- ♣ Medio (M): Abertura entre 3 mm y 10 mm.
- ♣ Alto (A): Abertura mayor que 10 mm.

a.4) Medición: Este tipo de daño se cuantifica en metros lineales (ml). (Gutiérrez, 2006).

Separación de berma.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

b) Afloramiento de finos

b.1) Descripción: Corresponde a la salida de agua infiltrada, junto con materiales finos de la capa de base por las grietas, cuando circulan sobre ellas las cargas de tránsito.

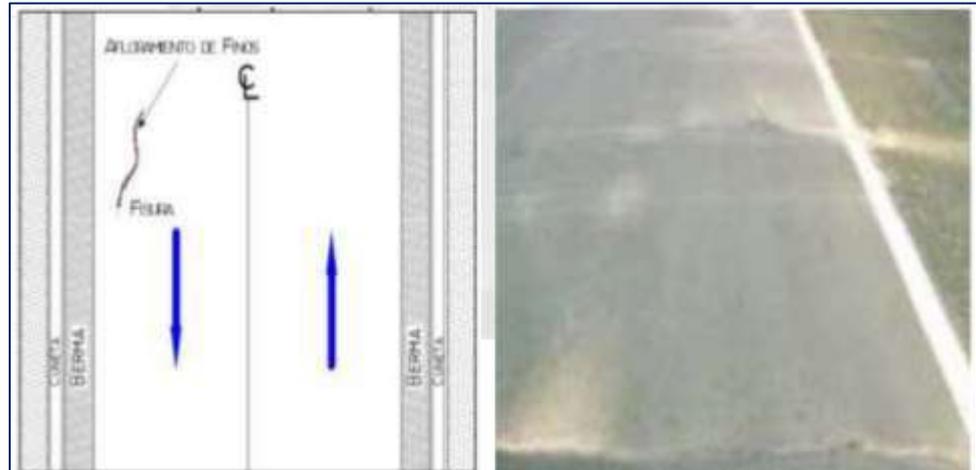
La presencia de manchas o de material acumulado en la superficie cercana al borde de las grietas indica la existencia del fenómeno. Se encuentra principalmente en pavimentos semi-rígidos (con base estabilizada). (Gutiérrez, 2006).

b.2) Posibles causas: Ausencia o inadecuado sistema de sub-drenaje, exceso de finos en la estructura. (Gutiérrez, 2006).

b.3) Medición: Dado que el afloramiento de finos siempre se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de

cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de finos; y no tiene ningún grado de severidad asociado. (Gutiérrez, 2006).

Afloramiento de finos. Fotografía



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

c) Afloramiento de agua

c.1) Descripción:

Presencia de líquido en la superficie del pavimento en instantes en los cuales no hay lluvia. (Gutiérrez, 2006).

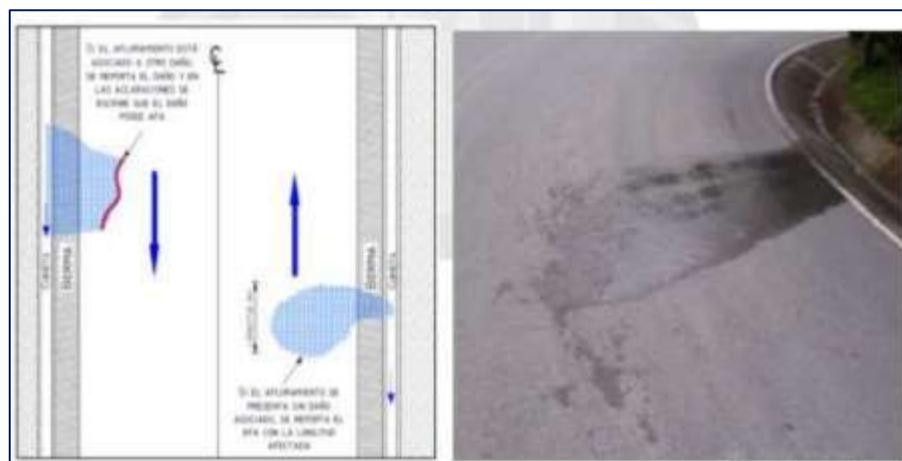
c.2) Posibles causas: (Instituto Mexicano Del Transporte, 2001).

- ♣ Deficiencia de drenaje superficial o sub-drenaje.
- ♣ Flujo ascendente de agua a través de grietas.
- ♣ Zonas mal compactadas.
- ♣ Capas porosas o de textura abierta.
- ♣ Bases saturadas.
- ♣ Flujo capilar de agua.
- ♣ Presiones hidrostáticas por el efecto del tránsito.

c.3) Medición:

Se mide en metros lineales (ml) cuando no tiene otro daño asociado, sin embargo, cuando el afloramiento se presenta donde existe un daño (por ejemplo una fisura o piel de cocodrilo), se reporta el daño y en las aclaraciones se escribe que posee afloramiento de agua; y no tiene grado de severidad definido. (Gutiérrez, 2006).

Afloramiento de agua.



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, (Gutiérrez, 2006).

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS:

Concreto Asfáltico. Es una mezcla en pétreo a altas temperaturas, de alta calidad y perfectamente controlada, de cemento asfáltico y agregados de buena calidad bien gradados, que se debe compactar perfectamente para formar una masa densa y uniforme.

Carretera

Camino para el tránsito de vehículos motorizados, de por lo menos dos ejes, con características geométricas determinadas de acuerdo a normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC).

Deterioro

Degeneración, empeoramiento gradual de algo

Grietas

Las grietas son una manifestación muy frecuente de falla y su causa puede tener su origen en cualquiera de los elementos de la estructura del pavimento o de los materiales subyacentes.

Pavimento

Superficie artificial que se hace para que el piso esté sólido y llano.

Tránsito

Movimiento de personas o vehículos de un lugar a otro

Vía

Sistema de transporte o comunicación

CAPÍTULO III

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

EVALUACIÓN DEL TRAMO: EMP.PE-1S (PTE LOS MAESTROS)-VILLA VALVERDE- EMP.IC-665(DV. CHINARRO)-PTE.CUTERVO

A. Información Preliminar

De acuerdo al Clasificador de Rutas del Sistema Nacional de Carreteras – **SINAC**, con Decreto Supremo N° 011-2016 MTC, dicho Trayecto corresponde a la:

RUTA: PE-1SC EMP.PE-1S (PTE.LOS MAESTROS) – PARCONA – LATINGUIÑA -
LOS MOLINOS – TAMBILLOS - EMP.PE-28(HUAYTARA).

TRAMO: EMP.PE-1S (PTE.LOS MAESTROS) – VILLA VALVERDE – EMP.IC-
665(DV. CHINARRO) – PTE CUTERVO.

B. Ubicación

La zona en estudio se ubica en el distrito de los Aquijes, provincia de Ica, departamento de Ica; que comprende 2 km de pavimento Flexible, el punto de inicio será en el Puente Los Maestros, a partir de ahí se recorrerá 400 metros lineales sucesivamente, hasta llegar al Puente Cutervo, de tal manera que nos permita Observar en qué estado se encuentra dicha vía. **Ver figura 4.1.**

Figura 4.1 Plano de Localización



C. Antecedentes

En los antecedentes, se hace referencia a las obras de reparación previas a la auscultación vial, que han sido ejecutadas en la zona de estudio. Existiendo un **CONTRATO N° 143-2014 -MTC/20** de fecha 02. Dic.2014, suscrito con el **CONSORCIO ALVAC - JOHESA**, integrado por las empresas **ALVAC S.A. y JOHE S.A** por el monto de S/. 158,067,623.50

CORREDOR EMP. PE-1S (CHINCHA) – ARMAS - PLAZAPATA Y PUENTE MAESTROS – LOS MOLINOS – HUAYTARA (321 Km.)

Para los Trabajos de Conservación por Niveles de servicio a Nivel de soluciones Básicas.

Entrega de Terreno: 12. Ene.15
Inicio de los trabajos: 13. Ene.15

Contrato	Contrato de Servicios N° 143-2014-MTC/20
Longitud	321.00 Km.
Departamentos	Ica - Huancavelica
Contratista	Consorcio Alvac - Johesa
Valor Referencial	S/. 158,067,623.50
Tiempo de Contrato	5 años

Tramos comprendidos:

TRAMOS:	Tramos (Según los TdR)	Long. (Según TdR)
	I: Plazapata – Lomo Largo	51.00 Km
	II: Lomo Largo – Dv. Huachos	69.00 Km
	III: Emp. PE-1S (Chincha) – Dv. Huachos	84.00 Km
	IV: Emp. PE-1S (Pte. Los Maestros) – Los Molinos	24.00 Km
	V: Los Molinos - Tambillos	54.00 Km
	VI: Tambillos - Huaytará	39.00 Km

Actividades a ejecutar:

Entre las obligaciones contractuales que tiene el contratista – conservador, se tiene:

1. Conservación Rutinaria
2. Conservación Periódica (Colocación de pavimento básico y señalización horizontal y vertical).
3. Atención de emergencias viales
4. Relevamientos de información (inventario vial calificado, estudios de tráfico, origen-destino).

VALOR REFERENCIAL								
SERVICIO DE GESTION VIAL POR NIVELES DE SERVICIO DEL CORREDOR VIAL EMP PE-1S (Chincha) - Armas - Plazapata y Puente los Maestros - Los Molinos - Huaytará								
VALOR REFERENCIAL								
Nº	Tramo	Partida	Unidad	Cantidad	P.U.	Presupuesto Anual	Periodo Años	Total
1	Plazapata-Lomo Largo	Conservación inicial-Transitabilidad	Km.	51.00	S/. 92,500.00	S/. 4,717,500.00	1	S/. 4,717,500.00
2		Conservación Rutinaria en Afirmado - Antes de la Conservación Periódica	Km.-Año	51.00	S/. 5,350.00	S/. 272,850.00	1	S/. 272,850.00
3		Conservación Periódica - Solución Básica	Km.	51.00	S/. 235,000.00	S/. 11,985,000.00	1	S/. 11,985,000.00
4		Conservación Rutinaria - Después de la Conservación Periódica	Km.- Año	51.00	S/. 12,500.00	S/. 637,500.00	4	S/. 2,650,000.00
5	Lomo Largo-Dv.Huachos	Conservación inicial-Transitabilidad	Km.	69.00	S/. 92,200.00	S/. 6,361,800.00	1	S/. 6,361,800.00
6		Conservación Rutinaria - Antes de la Conservación Periódica	Km.-Año	69.00	S/. 6,000.00	S/. 414,000.00	1	S/. 414,000.00
7		Conservación Periódica - Solución Básica	Km.	69.00	S/. 237,850.00	S/. 16,397,850.00	1	S/. 16,397,850.00
8		Conservación Rutinaria - Después de la Conservación Periódica	Km.-Año	69.00	S/. 14,000.00	S/. 896,000.00	4	S/. 3,864,000.00
9	Emp.PE-1S (Chincha)-Dv. Huachos	Conservación inicial-Transitabilidad	Km.	84.00	S/. 101,700.00	S/. 8,542,800.00	1	S/. 8,542,800.00
10		Conservación Rutinaria - Antes de la Conservación Periódica	Km.-Año	84.00	S/. 5,200.00	S/. 436,800.00	1	S/. 436,800.00
11		Conservación Periódica - Solución Básica	Km.	84.00	S/. 242,500.00	S/. 20,370,000.00	1	S/. 20,370,000.00
12		Conservación Rutinaria - Después de la Conservación Periódica	Km.- Año	84.00	S/. 11,300.00	S/. 949,200.00	4	S/. 3,796,800.00
13	Emp.PE-1S (Pie los Maestros) Los Molinos	Conservación Rutinaria - Antes de la Conservación Periódica	Km.- Año	24.00	S/. 4,100.00	S/. 98,400.00	1	S/. 98,400.00
14		Conservación Periódica - Mortero	Km.	24.00	S/. 99,800.00	S/. 2,395,200.00	1	S/. 2,395,200.00
15		Conservación Rutinaria - Después de la Conservación Periódica	Km.- Año	24.00	S/. 10,300.00	S/. 247,200.00	4	S/. 986,800.00
16	Los Molinos-Tambillos	Conservación Inicial - Transitabilidad	Km.	54.00	S/. 93,150.00	S/. 5,030,100.00	1	S/. 5,030,100.00
17		Conservación Rutinaria en Afirmado - Antes de la Conservación Periódica	Km - Año	54.00	S/. 6,000.00	S/. 324,000.00	1	S/. 324,000.00
18		Conservación Periódica - Solución Básica	Km.	54.00	S/. 241,000.00	S/. 13,014,000.00	1	S/. 13,014,000.00
19		Conservación Rutinaria - Después de la Conservación Periódica	Km - Año	54.00	S/. 13,200.00	S/. 712,800.00	4	S/. 2,851,200.00
20	Tambillos-Huaytará	Conservación Inicial - Transitabilidad	Km.	39.00	S/. 83,030.00	S/. 3,237,000.00	1	S/. 3,237,000.00
21		Conservación Rutinaria en Afirmado - Antes de la Conservación Periódica	Km - Año	39.00	S/. 5,200.00	S/. 241,800.00	1	S/. 241,800.00
22		Conservación Periódica - Estabilizado con Producto Químico	Km.	39.00	S/. 68,500.00	S/. 2,671,500.00	1	S/. 2,671,500.00
23		Conservación Rutinaria - Después de la Conservación Periódica	Km - Año	39.00	S/. 17,400.00	S/. 678,600.00	4	S/. 2,714,400.00
24	Emp.PE-1S (Chincha)- Armas-Plazapata y PE-1S (Puente los Maestros)-Los Molinos-Huaytara	Gestión y Control de Pesos	Mes	12.00	S/. 29,000.00	S/. 348,000.00	3	S/. 1,044,000.00
25		Identificación de Predios en el Derecho de Vía	Km.	76.00	S/. 19,600.00	S/. 1,488,600.00	1	S/. 1,488,600.00
26		Demarcación del derecho de Vía	Km	321.00	S/. 270.00	S/. 86,670.00	1	S/. 86,670.00
27		Relevamiento de Información	Glob-5 años	1.00	S/. 4,775,000.00	S/. 4,775,000.00	1	S/. 4,775,000.00
28		Emergencias	Glob	1.00	S/. 2,251,120.10	S/. 2,251,120.10	5	S/. 11,255,600.50
29	Datos Generales	Mes	12.00	S/. 435,682.55	S/. 5,228,190.80	5	S/. 26,140,953.00	
TOTAL		CONSERVACION						S/. 158,067,623.50

VALOR REFERENCIAL

Situación Actual:

Se ha realizado la entrega de áreas y bienes el 14 de enero del 2015. El contratista viene elaborando su Plan de conservación Vial para intervenir con Pavimento Básico. Paralelamente está ejecutando los trabajos de transitabilidad, mantenimiento Rutinario, atención de emergencias y relevamiento de información.

Se viene realizando trabajos de Transitabilidad en ambos ejes Chincha – Armas –

Plazapata y Los Molinos – Huaytará y trabajos de emergencia.

Trabajos que comprende la rehabilitación de veredas y sardineles en ciertos tramos, incluyendo trabajos de demolición de sardineles existentes. Es por ello que se ha considerado el bacheo de la vía con el fin de reparar las zonas aledañas de la vía asfaltada, que puedan dañarse con la demolición. Los trabajos que se realizaron en el proyecto fueron:

- a) Construcción de veredas de concreto simple $f'c=140 \text{ kg/cm}^2$
- b) Demolición y reconstrucción de sardineles de concreto simple $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$
- c) Bacheo de pavimento flexible deteriorado por efecto de la demolición de sardineles y veredas colindantes. Se reemplazó la capa de base afirmada de $e=0.20\text{m}$ y se aplicó un recapeo o capa nivelante (con asfalto en frío de 2" de espesor promedio en la superficie del pavimento flexible, previo riego de liga.
- d) El riego de liga se realizó con asfalto líquido de curado rápido RC-250.

D. Carga de Tránsito

Las cargas de tránsito hacen referencia a las tensiones producidas por las sollicitaciones externas debido al flujo o circulación constantes en una calle o avenida. Todo pavimento debe ser diseñado para aguantar una determinada carga de tránsito, ya que, de lo contrario, la calzada sufriría daños permanentes, pues soportarían cargas muchos mayores a las esperadas.

Es por esto, que es de gran importancia conocer el tipo de vehículos que van a circular una determinada vía. Para nuestro caso, los vehículos que recorren el tramo desde el Puente los Maestros al Puente Cutervo son los siguientes: motos lineales, moto taxis, autos, combis, microbuses, buses interprovinciales, Trailers de eje Tandem y Tridem, etc. El flujo vehicular que circula en la red de pavimento es Regular, es decir, que no hay variaciones significativas del tránsito entre el tramo existente. Se puede considerar que, en los 2000.00 metros lineales de pavimento, el tráfico es el mismo.

Dentro de los daños encontrados en el recorrido del trayecto Tramo: **EMP.PE-1S (PTE LOS MAESTROS)-VILLA VALVERDE-EMP.IC-665(DV. CHINARRO)-PTE.CUTERVO**, tenemos:

3.1.1 Daños en Fisuras y grietas

A. Fisura piel de cocodrilo



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
		X		X	

Descripción:

Se evidencia que el pavimento está descascarado, algunos pedazos se movilizan ante los efectos del tránsito. A la inspección visual se observa que esta falla tiene comprometida de 20 a 50 % de su extensión.

Posibles causas

- Falla por fatiga de la capa de rodadura ´asfáltica
- Acción repetida de las cargas de tránsito

B. Fisura en bloque



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
		X			X

Descripción:

Se evidencia que el área comprometida es mayor al 50% con una serie de fisuras interconectadas de forma rectangular, con grietas adyacentes pequeñas y nivel de severidad medio.

Causas

- Repetición de cargas pesadas
- Deficiente diseño estructural
- Continuo de flexionar de los planos aceleran la subdivisión en bloques pequeños, favoreciendo el despostillamiento de sus bordes.

C. Fisura longitudinal



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
		x		x	

Descripción

La evidencia a la inspección visual que un 20 a 50% del pavimento tienen fisuras longitudinales con un nivel de severidad alto.

Posibles causas

- Excesivas repeticiones de cargas pesada
- Ausencia de juntas longitudinales
- Juntas de construcción inadecuadamente trabajadas.

D. Fisura transversal



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Baja	Medio	Alt	<20%	20% - 50%	>50%
	X				X

Descripción:

Existe un nivel medio de severidad que presentan las fisuras transversales con una extensión mayor al 50%.

Posibles causas

- Excesiva carga pesada repetitiva
- Ausencia de juntas transversales
- Retracción térmica que origina ondulaciones

3.1.2 Deformaciones superficiales

A. Ahuellamiento



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
		x			x

Descripción:

Existe un nivel de severidad alto ante la presencia de ahuellamiento, prolongándose más del 50% de extensión. La deformación se encuentra en las capas profundas

Causas:

- La mezcla asfáltica ha sido inestable
- Deficiente capacidad estructural
- Bajo control de calidad de las técnicas de construcción
- Falta de apoyo lateral

3.1.2 Desintegración en los pavimentos asfálticos

A. Bache



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
		x	x		

Descripción:

Se observa un nivel de severidad alto por que alcanzan una profundidad mayor a 5 cm, comprometiendo un área menor del 20%.

Causas

- Capas inferiores inestables
- Errores en el diseño de espesor
- Retención de agua
- Defectos constructivos
- Efecto del tránsito

B. Desintegración de bordes



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
	X			X	

Descripción:

Se evidencia que los bordes alcanzan un nivel medio de severidad debido a que presentan roturas entre 25 y 78 mm desde el borde, presentando una apariencia de sierra; el área comprometida es del 20 a 50%.

Causas:

- Pérdidas de adherencia con los bordes de las losas, por no realizar a limpieza adecuada antes de su sellado
- Escasez o ausencia del material de sello

- Material de sello defectuoso

E. Pérdida de agregado



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
	x		X		

Descripción:

Al análisis visual se observa la separación de los materiales de agregado con un nivel de severidad medio y comprometiendo una extensión menor al 20%.

Causas:

- Empleo de diseños inefficientes
- Dosificaciones inadecuadas

- Falta de control de calidad

3.1.3 Daños superficiales

A. Desgaste superficial



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
		x			x

Descripción

Se evidencia que existe presencia de desgaste superficial alto en más del 50% de la superficie del pavimento.

Causas:

Concreto de calidad pobre y favorece la exposición de los mismos
El proceso de pavimentación se realizó en condiciones climáticas desfavorables

Cuando el agregado en la superficie llega a ser muy suave a tacto

B. Surcos



Fuente: Imagen tomada por el investigador

Severidad			Extensión		
Baja	Medio	Alto	<20%	20% - 50%	>50%
	x		X		

Descripción

Se evidencia un nivel medio de severidad con una extensión menor al 20% del área estudiada.

Causas:

- Rigidez de la carpeta asfáltica
- Pérdida de agregados
- Acumulación de agua

3.2 CONCLUSIONES

1. El mantenimiento adecuado y oportuno de los pavimentos es más rentable que la realizar un nuevo proyecto, se genera un ahorro considerable para el gobierno local, regional y nacional.
2. Los gobiernos tanto locales, regionales y nacional y entidades como PROVIAS no toman medidas oportunas para la buena conservación de las vías pavimentadas, logrando que estas se deterioren y no lleguen al tiempo de vida útil previsto.
3. Los factores externos contribuyen al deterioro de los pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Avenida Los Maestros al Puente de la Avenida Cutervo del cercado de Ica.
4. Dentro de los factores externos que determinan el alto deterioro de los pavimentos flexibles haciendo perforaciones para determinar el tipo de suelo en el tramo del puente los Maestros al puente Cutervo son la excesiva carga impuesta por el tránsito, las condiciones ambientales de nuestro clima y las carencias durante el proceso constructivo.
5. Con mayor frecuencia se observa el alto nivel de severidad reflejado en la pérdida de agregado y los baches son las desintegraciones que deterioran los pavimentos flexibles en el tramo del puente los Maestros al puente Cutervo del cercado de Ica.
6. El monto de reposición del pavimento flexible de la vía de acuerdo a los lineamientos de PROVIAS, a precios de mercado asciende a Ochocientos Setenta Mil Novecientos Noventa y Seis con 04/100 Soles (S/.870,996.04) por los 2 kilómetros de recorrido.

3.3 RECOMENDACIONES

1. Es recomendable realizar el mantenimiento oportuno a los pavimentos y más aún cuando estas son muy concurridos, se ha demostrado que haciéndolo se aumenta el tiempo de vida útil de los pavimentos flexibles, es por eso que se deben hacer proyectos de mantenimiento de estas vías a nivel local, regional y nacional; también se recomienda que la Municipalidad Provincia de Ica, deba incorporar en sus presupuesto anual partidas para el mantenimiento de las vías pavimentadas.
2. Se sugiere a los gobiernos locales, regionales y nacionales así como entidades como PROVIAS, provean de proyectos integrales para el mejoramiento de vías pavimentadas de esta manera lograr la su conservación.
3. Es recomendable determinar los factores externos que determinan el nivel de severidad de los deterioros, con el fin de implementar reparaciones técnicas adecuadas, garantizando así una mayor vida útil de la estructura del pavimento.
4. Es necesario diagnosticar, en base a perforaciones, el tipo de suelo donde se va a ejecutar el proyecto, debido a que las condiciones climatológicas son variables, definiendo así el material de mejoramiento, que optimice el diseño del pavimento, aumentando la capacidad portante del mismo.
5. El parámetro a considerar para asegurar una buena reparación, es la identificación de los deterioros más considerables, estableciendo dimensiones óptimas de las áreas a reparar, utilizando un método de remoción que no afecte la estructura del pavimento, plasmando dicha información en los planos de arreglo de la vía.
6. Se recomienda hacer una inversión para la reposición de esta vía que es altamente transitada, la inversión estimada por los 2 kilómetros de la via a precios de mercado actual asciende a Ochocientos Setenta Mil Novecientos Noventa y Seis con 04/100 Soles (S/.870,996.04)

3.4 FUENTES DE INFORMACIÓN

1. AUTORES VARIOS, (2009), Pavimentos selección de principales artículos, Perú, Editorial ICG.
2. BOOZ HALLEN HAMILTON, BARRIGA DALL'ORTO Y WILBUR SMITH, (1999). Manual de identificación, clasificación y tratamientos de fallas en pavimentos urbanos, Lima – Perú.
3. CAZORLA ARTILES ELENA, (2010), Metodología para la evaluación del pavimento flexible y propuesta de soluciones de rehabilitación de un tramo de carretera, a partir de la Inspección Visual, Trabajo de graduación de maestría de la facultad de Ingeniería Civil, Habana – Cuba.
4. CHANG ALBITRES CARLOS M. (2007), Pavimentos un enfoque al futuro, Perú, Editorial ICG.
5. CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMERICA, (2002), Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles – Volumen N° 11.
6. CONSEJO NACIONAL DE VIABILIDAD, (2002), Especificaciones generales para conservación de carreteras, caminos y puentes en Costa Rica, Costa Rica.
7. CORONADO ITURBIDE JORGE, (2000), Manual centro americano de mantenimiento de carreteras – Tomo III. Guatemala.
8. CORONADO ITURBIDE JORGE, (2002), Manual centro americano para el diseño de pavimentos. Guatemala.

9. CORREDOR GUSTAVO, (2005). Apuntes de Pavimentos - Volumen 2; Mezclas Asfálticas Materiales y Diseño, Venezuela.
10. CORROS MAYLIN, URBÁEZ ERNESTO Y CORREDOR GUSTAVO, (2009), Manual de evaluación de pavimentos, Venezuela.
11. CRESPO C. (2002), Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos, México, Editorial Limusa. 1
12. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL, (2009), Mantenimiento de la capa de rodadura de concreto asfáltico en un pavimento flexible, Ecuador - Guayaquil.
13. FERNÁNDEZ DIEZ DE URDANIVIA JOSÉ ANTONIO, (2006), Factores que dan origen a fallas en pavimentos flexibles y algunas alternativas de solución, Trabajo de graduación de la facultad de Ingeniería Civil, Estado de Puebla – México.
14. GAMBOA CHICCHÓN KARLA PATRICIA, (2009), Cálculo del índice de condición aplicado en del pavimento flexible en la av. Las palmeras de Piura, Trabajo de graduación de la facultad de Ingeniería Civil, Piura – Perú.
15. GUTIÉRREZ TOLEDO FRANCISCO A., (2006), Manual para la inspección visual de pavimentos rígidos, Bogotá.

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA.

ANEXO 02: INSTRUMENTOS

ANEXO 03: FICHAS DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS

ANEXO 04: PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN

ANEXO 05: PLANO DE PLANTA, PROGRESIVAS

ANEXO 06: FOTOS DE CAMPO

ANEXO 07: ESTUDIO DE TRAFICO (IMD)

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

INFLUENCIA DE LOS FACTORES EXTERNOS EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PUENTE LOS MAESTROS AL PUENTE CUTERVO, CON FINES DE REPOSICIÓN EN EL CERCADO DE ICA, AÑO 2017

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA
<p>Problema Principal</p> <p>¿En qué medida los factores externos influyen en el deterioro de los pavimentos flexibles en el tramo del Puente de la Av. los Maestros al Puente de la Av. Cutervo del cercado de Ica?</p> <p>Problemas Específicos</p> <p>¿Cuáles son los factores externos al evaluar el deterioro del pavimento flexible en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av Cutervo del cercado de Ica, año 2017?</p> <p>¿Cómo influyen los factores externos del deterioro del pavimento flexible en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av Cutervo del cercado de Ica, año 2017?</p> <p>¿Existe daños superficiales que permite evaluar el deterioro del pavimento flexible en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av Cutervo del cercado de Ica, año 2017?</p>	<p>Objetivo General</p> <p>Determinar las influencias de los factores externos que sufren los pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. los Maestros al Puente de la Av Cutervo del cercado de Ica.</p> <p>Objetivos Específicos</p> <p>Identificar los factores externos que determinan el deterioro de los pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av Cutervo del cercado de Ica, año 2017.</p> <p>Identificar las deformaciones superficiales del deterioro de pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av Cutervo del cercado de Ica, año 2017.</p> <p>Identificar la desintegración del deterioro de pavimentos flexibles en el tramo del puente de la Av. los Maestros al puente de la Av Cutervo del cercado de Ica, año 2017.</p>	No aplica	DETERIORO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES	<p>1. Fisuras y Grietas Fisuras piel de cocodrilo Fisuras en bloque Fisuras en arco Fisuras longitudinal Fisuras transversal Fisuras en borde Fisura por reflexión de junta</p> <p>2. Deformaciones superficiales Ahuellamiento Corrugación Hinchamiento Hundimiento</p> <p>3. Desintegración Bache Desintegración de bordes Pérdida del agregado</p> <p>4. Daños superficiales Desgaste superficial Exudación de asfalto Surcos</p>	<p>Diseño de la Investigación</p> <p>El diseño de la investigación es no experimental - transversal y prospectivo</p> <p>Tipo de Investigación</p> <p>El presente estudio es comparativo referenciado y de investigación realizados y todo su contexto descriptivo.</p> <p>Población:</p> <p>Estuvo formada por 2 km del tramo puente de la Av. Los Maestros hasta puente de la Av. Cutervo</p> <p>Muestra:</p> <p>Estuvo constituida por 1 km del tramo central</p> <p>Técnica: Registro de evaluación</p> <p>Instrumento: Ficha de registro</p>

Anexo N° 02: Instrumentos de recogida de datos

FICHA DE EVALUACIÓN SOBRE DETERIORO DE PAVIMENTOS FLEXIBLES.

NOMBRE DE LA VÍA: AV. ACOMAYO

LONGITUD DEL TRAMO: 2.00 KM.

UBICACIÓN DE FALLA:

DIRECCIÓN DEL TRÁNSITO: Margen Izquierdo y Derecho

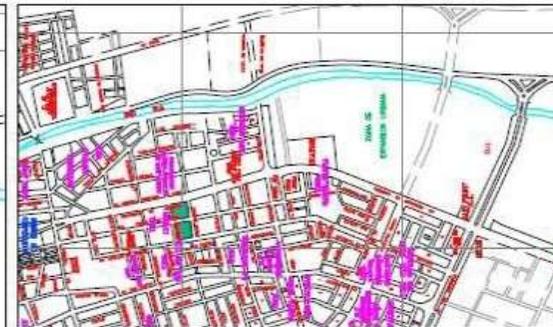
Clase de Vía: Regional (); Provincial (); Local (x).

FALLAS EN PAVIMENTOS FLEXIBLES	Severidad			Extensión		
	Baja	Medio	Alt	<20%	20% - 50%	>50%
FISURAS Y GRIETAS						
Fisuras piel de cocodrilo			X		X	
Fisuras en bloque			X			X
Fisura longitudinal			X		X	
Fisura transversal		X				X
DEFORMACIONES SUPERFICIALES DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS						
Ahuellamiento			X			X
DESINTEGRACIÓN EN LOS PAVIMENTOS ASFÁLTICOS						
Bache			x	x		
Desintegración de bordes		x			x	
Pérdida de agregado		x		X		
DAÑOS SUPERFICIALES						
Desgastes superficial			x			x
Surcos		x		X		

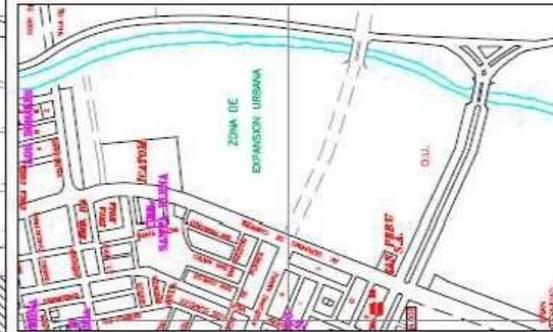
Elaboración Propia año 2018



UBICACION
ESCALA 1:2000



LOCALIZACION
ESCALA 1:6000



ZONIFICACION
ESCALA 1:6000



UBICACION DEPARTAMENTAL



UBICACION PROVINCIAL



UBICACION DISTRITAL



Rediagra Planimetría

INFLUENCIA DE LOS FACTORES EXTERNOS EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PUENTE LOS MAESTROS AL PUENTE CUTERVO, ICA

TRAMO DE LA ANTIGUA PANAMERICANA DISTRITO DE ICA, PROVINCIA DE ICA - ICA*

Ubicación	Departamento	Dep. : ICA
Localización	Provincia	Prov. : ICA
Dirección	Distrito	Dist. : ICA
Indicador	Sector	Sector : ...

INDICADA : J.A.C.E. | MAR - 2018

UL-01

ESTUDIO DE TRAFICO

1. GENERALIDADES

LEYENDA: DATOS A INGRESAR

Nombre del Proyecto: INFLUENCIA DE LOS FACTORES EXTERNOS EN EL DETERIORO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE DEL TRAMO PUENTE LOS MAESTROS AL PUENTE CUTERVO, CON FINES DE REPOSICIÓN EN EL CERCADO DE ICA, AÑO 2017

Ubicación: Tramo: EMP.PE-1S (PTE LOS MAESTROS)-VILLA VALVERDE-EMP.IC-665(DV. CHINARRO)-PTE.CUTERVO (sector Villa Valverde ,Distrito de los Aquijes)

Departamento: Ica
 Provincia: Ica
 Distrito: Ica
 Zona Geográfica: Costa

1. DETERMINACIÓN DEL TRÁNSITO ACTUAL

1.1 Resumen los conteos de tránsito a nivel del día y tipo de vehículo

Resultados de los conteo de tráfico:

Tipo de Vehículo	Mes: Marzo						
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
Automovil	5	8	3	2	3	6	3
Camioneta	4	5	6	7	2	4	5
C.R.	2	3	1	2	0	1	1
Micro	1	2	1	2	2	1	0
Bus Grande	6	5	3	5	1	7	8
Camión 2E	4	7	3	3	4	4	4
Camión 3E	2	3	2	8	5	1	1
TOTAL	24	33	19	29	17	24	22



1.2 Determinar los factores de corrección promedio de una estación de peaje cercano al camino

F.C.E. Vehículos ligeros: 1.10842699
 F.C.E. Vehículos pesados: 1.06801025

1.3 Aplicar la siguiente fórmula, para un conteo de 7 días

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \frac{\sum VI}{7}$$

Donde:
 IMD_s = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada
 IMD_a = Índice Medio Anual
 VI = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo
 FC = Factores de Corrección Estacional

Tipo de Vehículo	Tráfico Vehicular en dos Semanas por Día							TOTAL SEMANA	IMD	FC	IMD _a
	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo				
Automovil	5	8	3	2	3	6	3	30	4	1.10842699	4
Camioneta	4	5	6	7	2	4	5	38	5	1.10842699	2
C.R.	2	3	1	2	0	1	1	10	1	1.10842699	1
Micro	1	2	1	2	2	1	0	9	1	1.10842699	1
Bus Grande	6	5	3	5	1	7	8	35	5	1.10842699	7
Camión 2E	4	7	3	3	4	4	4	34	5	1.06801025	5
Camión 3E	2	3	2	8	5	1	1	17	2	1.06801025	8
TOTAL	24	33	19	29	17	24	22	166	23		28

2. ANALISIS DE LA DEMANDA

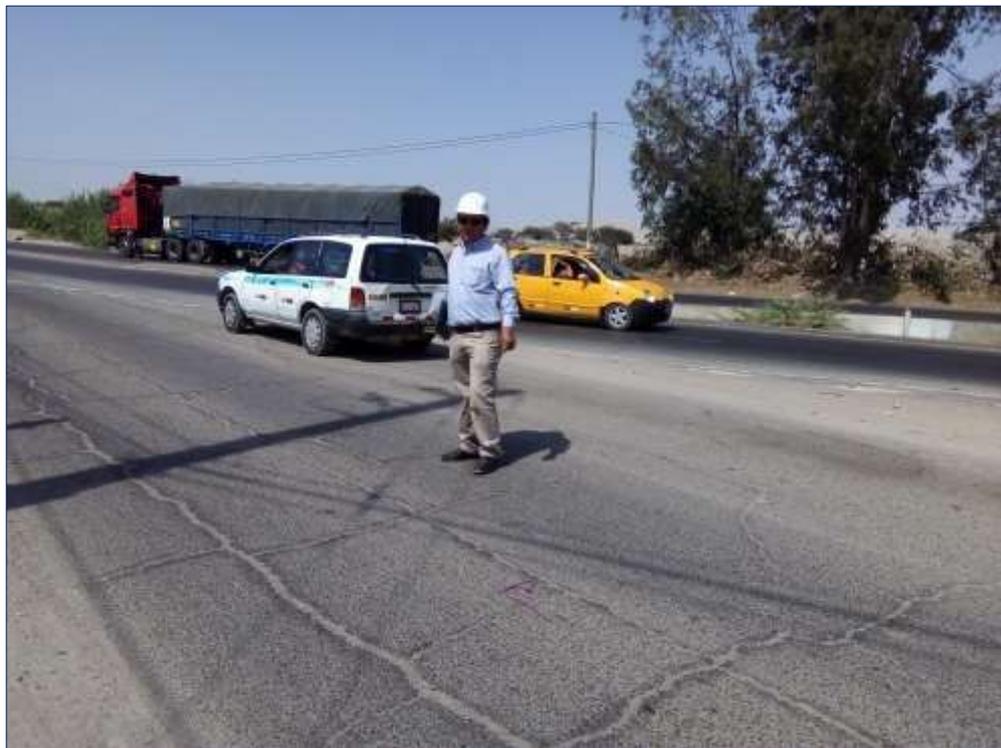
2.1 Demanda Actual

Tráfico Actual por Tipo de Vehículo		
Tipo de Vehículo	IMDA	Porcentaje (%)
Automovil	4	16.00
Camioneta	8	24.00
C.R.	1	4.00
Micro	1	4.00
Bus Grande	5	24.00
Camión 2E	5	20.00
Camión 3E	2	8.00
IMD	25	100.00

PRINCIPALES FALLAS ENCONTRA EN EL TRAMO: EMP.PE-1S (PTE LOS MAESTROS)-VILLA VALVERDE-EMP.IC-665(DV. CHINARRO)- PTE.CUTERVO



TRAMO INICIAL: PUENTE LOS MESTROS



FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES



BACHES MENORES



BACHES MAYORES



DISGREGACIÓN DEL MATERIAL GRANULAR



BACHEO EXTREMO SOBRE LA CAPA GRANULAR



FISURAS IRREGULARES



DISGREGACIÓN DEL BORDE



AHUELLAMIENTO



PELADURA POR INTEMPERISMO



CARGAS PESADAS POR EL TRAMO



TRAMO FINAL: EMP.PE-1S (PTE LOS MAESTROS)-VILLA VALVERDE-EMP.IC-665(DV. CHINARRO)-PTE.CUTERVO

PRESUPUESTO ESTIMADO DE REPOSICION DE PAVIMENTO FLEXIBLE PARA LA VIA DESDE PUENTE AV. LOS MAESTROS HASTA PUENTE AV. CUETERVO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PRELIMINARES				53,134.59
01.01	MOVILIZACION DE MAQUINARIAS HERRAMIENTAS PARA LA OBRA	glb	1.00	34,925.00	34,925.00
01.02	TOPOGRAFIA Y GEOREFERENCIACION	km	2.00	1,484.80	2,969.59
01.03	MANTENIMIENTO DE TRANSITO Y SEGURIDAD VIAL	mes	1.00	15,240.00	15,240.00
02	PAVIMENTOS			0.00	436,387.70
02.01	CALZADA			0.00	250,934.13
02.01.01	FRESADO DE CARPETA ASFÁLTICA E=2.5 CM	m2	480.00	4.75	2,279.90
02.01.05	BACHEO SUPERFICIAL	m2	157.41	75.13	11,826.57
02.01.06	RIEGO DE LIGA	m2	9,545.03	0.66	6,303.54
02.01.07	EMULSION ASFALTICA DE ROTURA LENTA	L	29,574.33	2.91	86,011.03
02.01.08	RECAPADO ASFALTICO	m3	189.63	155.38	29,465.25
02.01.09	CEMENTO ASFALTICO PEN 60 - 70	L	25,008.78	3.16	79,085.27
02.01.10	FILLER	kg	3,982.19	0.77	3,085.00
02.01.11	ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	kg	132.74	21.62	2,869.21
02.01.12	SLURRY SEAL	m2	11,198.40	2.68	30,008.35
02.02	BERMAS			0.00	185,453.57
02.02.01	ESCARIFICADO DE BERMAS	m2	6,219.71	0.74	4,581.44
02.02.02	RECONFORMACIÓN DE BERMAS CON ADICIÓN DE RAP	m3	932.96	16.00	14,929.18
02.02.03	IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA EN BERMAS	m2	6,219.71	1.19	7,425.09
02.02.04	ASFALTO DILUIDO MC-30	L	6,219.71	3.51	21,801.34
02.02.05	TRATAMIENTO SUPERFICIAL BICAPA	m2	6,219.71	7.79	48,421.09
02.02.06	EMULSION ASFALTICA DE ROTURA RAPIDA	L	28,610.68	3.09	88,295.42
03	OBRAS DE ARTE Y DRENAJE			0.00	33,631.33
03.01	OBRAS DE ARTE MENORES			0.00	5,234.35
03.01.01	ROCE	m2	45.55	10.10	459.86
03.01.02	LIMPIEZA DE ALCANTARILLAS	m3	8.59	41.81	358.99
03.01.03	DESCOLMATACIÓN DE ALCANTARILLAS	m3	50.00	42.06	2,103.12
03.01.04	REPARACION DE CABEZALES ALCANTARILLA	m3	2.00	997.08	1,994.15
03.01.05	REPARACIÓN SUPERFICIAL DE CONCRETO	m2	5.00	54.27	271.34
03.01.06	PINTURA ASFÁLTICA	m2	4.00	11.72	46.89
04	TRANSPORTE				17,469.82
04.01	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D<= 1 KM	m3k	120.41	8.91	1,073.30
04.02	TRANSPORTE DE MATERIAL GRANULAR D>1 KM	m3k	2,078.42	1.35	2,813.39
04.03	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D<= 1 KM	m3k	72.39	9.67	699.75
04.04	TRANSPORTE DE MATERIAL EXCEDENTE D> 1 KM	m3k	2,078.42	1.46	3,025.73
04.05	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA D<= 1 KM	m3k	189.63	12.97	2,460.29
04.06	TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA D> 1 KM	m3k	2,078.42	1.46	3,025.73
04.07	TRANSPORTE DE MATERIAL RAD D<= 1 KM	m3k	139.23	9.67	1,345.91
04.08	TRANSPORTE DE MATERIAL RAD D> 1 KM	m3k	2,078.42	1.46	3,025.73
05	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD VIAL			0.00	35,395.92
05.01	SEÑAL PREVENTIVA DE 0.75 X 0.75 M	u	2.00	329.17	658.34
05.02	REEMPLAZO DE SEÑAL PREVENTIVA DE 0.75 X 0.75 M.	u	1.00	355.31	355.31
05.03	MANTENIMIENTO DE SEÑAL PREVENTIVA	u	2.00	36.58	73.15
05.04	SEÑAL REGLAMENTARIA DE 0.80 X 1.20 M.	u	1.00	559.50	559.50
05.04.01	REEMPLAZO DE SEÑAL REGLAMENTARIA DE 0.80 X 1.20 M.	u	2.00	557.35	1,114.70
05.05	MANTENIMIENTO DE SEÑAL REGLAMENTARIA	u	2.00	36.58	73.15
05.06	SEÑAL INFORMATIVA	m2	4.00	722.92	2,891.69
05.07	REEMPLAZO DE SEÑAL INFORMATIVA	m2	4.00	616.57	2,466.29

05.08	MANTENIMIENTO DE SEÑAL INFORMATIVA	m2	1.00	98.91	98.91
05.09	REEMPLAZO DE POSTE DE SOPORTE DE SEÑAL	u	2.00	308.88	617.75
05.10	MANTENIMIENTO DE POSTE DE SOPORTE DE SEÑAL	u	2.00	27.86	55.73
05.11	ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE SEÑALES	u	1.00	1,343.51	1,343.51
05.12	REEMPLAZO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE SEÑALES	u	1.00	1,379.51	1,379.51
05.13	MANTENIMIENTO DE ESTRUCTURAS DE SOPORTE DE SEÑAL	u	1.00	27.86	27.86
05.16	MANTENIMIENTO DE POSTES DELINEADORES	u	0.47	27.44	12.81
05.17	TACHAS RETROREFLECTIVAS	u	90.00	12.22	1,099.57
05.18	MARCAS EN EL PAVIMENTO	m2	1,165.74	9.79	11,414.57
05.19	MANTENIMIENTO DE GUARDAVIAS	u	11.00	23.98	263.75
05.25	POSTE KILOMETRICOS	u	1.00	122.83	122.83
05.26	MANTENIMIENTO DE POSTE KILOMETRICO	u	2.00	37.35	74.70
05.27	REDUCTORES DE VELOCIDAD	u	1.00	9,216.57	9,216.57
05.28	POSTE DELINEADOR	u	6.53	142.34	929.97
05.29	POSTES DE SOPORTE DE SEÑALES	u	2.00	272.87	545.74
06	PROTECCION AMBIENTAL		0.00	0.00	14,486.43
06.01	ACONDICIONAMIENTO DE DEPOSITO DE MATERIAL EXCEDENTE	m3	72.39	3.09	223.39
06.02	READECUACION AMBIENTAL DE CANTERAS, PLANTAS DE CHANCADO Y ASFALTO	m2	2,056.00	1.70	3,498.90
06.03	READECUACION AMBIENTAL DE CAMPAMENTOS, ALMACENES Y PATIOS DE MAQUINAS	m2	342.67	1.38	474.35
06.04	SEÑALIZACION AMBIENTAL	u	1.00	3,685.78	3,685.78
06.05	MONITOREO AIRE RUIDO	glb	1.00	889.00	889.00
06.07	CAPACITACION AMBIENTAL	glb	1.00	5,715.00	5,715.00
	COSTO DIRECTO				590,505.79
	GASTOS GENERALES (15%)				88,575.87
	UTILIDAD (10%)				59,050.58
	SUBTOTAL				738,132.24
	IMPUESTO (18%)				132,863.80
	TOTAL PRESUPUESTO				870,996.04

TRAMO DE INTERVENCIÓN DEL

CUERVO

PUENTE AV. LOS MAESTROS A PUENTE AV.

