

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**



**“ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE CICLO DE VIDA
DE LAS CARRETERAS CA-1, CA-2 Y CA-3”**

**PRESENTADO POR:
CARLOS GODOFREDO BARDALES AGUILERA
GEMA IVONNE CHENG GUERRA**

**PARA OPTAR AL TÍTULO DE:
INGENIERO CIVIL**

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2013.

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

Ph.D. ING. EDGAR ARMANDO PEÑA FIGUEROA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL**

**Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL**

Título :
**“ELABORACIÓN DE LAS CURVAS DE CICLO DE VIDA
DE LAS CARRETERAS CA-1, CA-2 Y CA-3”**

Presentado por :
**CARLOS GODOFREDO BARDALES AGUILERA
GEMA IVONNE CHENG GUERRA**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :
**ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA
ING. WALTER MIGUEL VÁSQUEZ**

San Salvador, Septiembre de 2013.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docentes Directores :

ING. MAURICIO ERNESTO VALENCIA

ING. WALTER MIGUEL VÁSQUEZ

Llego a este momento tan importante para mí y para mis seres queridos; me doy cuenta que las palabras no son suficientes para expresar lo que siento, para agradecer el apoyo, la comprensión, el sacrificio y la enseñanza que me fueron dados, sin los cuales no estaría hoy escribiendo estas líneas. Todo en esta vida tiene un propósito y una razón de ser, debemos aprender a ver las crisis como una oportunidad de hacer las cosas mejor y no como un obstáculo; en nuestro paso conocemos personas que son caminos, sin las cuales no sabríamos cual es nuestro norte y nos ayudan a no perder de vista el objetivo; otras son puentes porque nos enseñan el verdadero significado de la solidaridad para superar cualquier dificultad y hay quienes son atajos que nos ayudan a recuperar el tiempo, dándonos otra opción para superarnos ante las adversidades.

Quiero agradecer a:

Mi mamá, *MIRNA DINORA*, por todo su amor y apoyo en los momentos más difíciles de mi vida; sin usted este triunfo no sería posible... gracias Toto!

Mi papá, *JOSÉ GODOFREDO*, por tener siempre su visión puesta en el futuro y creer en mí; usted me enseñó a no ser conformista, luchar por lo que quiero y alcanzar mis objetivos.

Mi novia y madre de mi hijo, *GRACIELA DEL CARMEN*, por ser mi compañía, darme tu tiempo, tu amor... y convertir todo eso en el regalo más grande que me has dado, Talito, gracias Cheli!

Mi hermano, *SALVADOR ALFONSO*, tus pensamientos aun me hablan y tu vida tiene eco en mi existencia, gracias a vos ahora entiendo el significado de vivir, me mostraste el camino.

Mis abuelos, *CATALINA* y *RAFAEL ALFONSO*, *MERCEDES* y *ALFONSO CARLOS*, por su amor incondicional; a mis tíos, *LELIS* y *LUIS MANUEL*.

Mi compañera y amiga, *GEMA IVONNE*, por confiar en mí y darme ese impulso de seguir adelante cuando las cosas se ponían difíciles, como dicen por ahí..."Caminamos donde otros temen ponerse de pie".

Quiero dedicar este trabajo de graduación a mi hijo *CARLOS ALFONSO*, a tu corta edad te has convertido en el propósito para mi vida; tu sonrisa y ocurrencias iluminan nuestras vidas.

"Tu Sonrisa dulce es tan transparente, que ya después no hay nada; un gesto simple pero tan profundo, que se detiene el tiempo y se reinventa el mundo"

Gracias por ser mi mejor maestro...

CARLOS GODOFREDO

AGRADECIMIENTOS

Hoy he llegado al final de una parte importante de mi vida, donde tuve experiencias que me hicieron madurar y que me permitieron ser la persona que soy ahora. Una aventura donde conocí a personas excepcionales y únicas que dejaron huellas en mi vida y que recordaré por siempre. Así que empiezo por agradecer a:

A Dios, por haberme dado las fuerzas a lo largo de mi vida para cumplir mis metas y sueños, por haberme brindado una familia y amigos que me quieren.

A mi padre, *She Yin Cheng*, por haberme dado todo su apoyo para estudiar mi carrera, le debo todo lo que soy porque sin usted no podría haberlo logrado, gracias.

A mi madre, *Blanca Haydee de Cheng*, por su paciencia y amor.

A mi hermana *Jacqueline*, porque desde el comienzo de mi carrera te hice madrugar y traspasar, te agradezco por ser mi amiga y siempre confiar en mí.

A mis hermanos, *Peter y Jennifer*, por ser parte de mi vida y siempre creer en mí.

A *Roberto Galán* porque con tu presencia hiciste de mi vida en la universidad una experiencia única, con tu compañía y detalles me hiciste sentir en casa, gracias mi corazón.

A mi compañero y amigo, *Carlos Godofredo Bardales*, porque sin tu ayuda nada de esto fuera posible, gracias por tus consejos y permitirme ser parte de tu vida.

A mis amigos que me apoyaron para no rendirme cuando quise abandonarlo todo, a los que hicieron de mi vida más divertida con su presencia y aquellos que siempre estuvieron cuando los necesite, gracias de todo corazón.

Gema Ivonne Cheng Guerra.

AGRADECIMIENTOS ESPECIALES

AL ING. MAURICIO VALENCIA

Por su dedicación y apoyo en la realización de este trabajo de graduación. Su dedicación y consejos nos dieron la seguridad de nuestra labor y conocer de lo que somos capaces cuando se busca un objetivo.

AL ING. WALTER VÁSQUEZ

Por ser parte activa en este trabajo de graduación, brindándonos su apoyo desinteresado y las herramientas necesarias para la realización de esta investigación.

AL ING. GILBERTO LIMA

Por proporcionarnos una parte de su valioso tiempo para brindarnos la información necesaria y compartir su experiencia como persona y como profesional.

INDICE

INTRODUCCIÓN	xi
<i>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</i>	
1.1 Antecedentes	
1.1.1 Historia de los Pavimentos	2
1.1.2 Primeros usos de Pavimentos en El Salvador	4
1.1.3 Modelos de Deterioro	6
1.1.4 Curvas de Ciclo de Vida	8
1.1.5 La Carretera Panamericana	9
1.1.6 La Carretera del Litoral	11
1.1.7 La Carretera Longitudinal del Norte	12
1.2 Planteamiento del problema	16
1.3 Objetivos	
1.3.1 Objetivo General	17
1.3.2 Objetivos Específicos	17
1.4 Alcances y Limitaciones	
1.4.1 Alcances	18
1.4.2 Limitaciones	18
1.5 Justificaciones.....	19
 <i>CAPÍTULO II: GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS.</i>	
2.1 Concepto de Pavimento	21
2.2 Clasificación de Pavimentos	23
2.2.1 Pavimentos Flexibles	23
2.2.2 Pavimentos Rígidos	25
2.3 Comportamiento Estructural de los Pavimentos	26
2.4 Daños en los Pavimentos	27
2.4.1 Clasificación de los daños	28

2.4.2 Utilidad del inventario de daños	32
2.4.2.1 Daños en Pavimentos Flexibles	32
2.4.2.2 Daños en Pavimentos Rígidos	41
2.5 Daños existentes en la base de datos de la red vial de El Salvador.....	46
2.5.1 Pavimentos Flexibles	46
2.5.2 Pavimentos Rígidos	60
2.6 Importancia de la Evaluación de Pavimentos	71

CAPÍTULO III: EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

3.1 Curvas de Ciclo de Vida	74
3.2 Índice de Condición de Pavimentos (PCI)	
3.2.1 Introducción.....	75
3.2.2 Objetivos	77
3.2.3 Procedimiento de evaluación de la condición del pavimento	77
3.2.4 Unidades de muestreo	80
3.2.5 Determinación de las unidades de muestreo para evaluación	81
3.2.6 Selección de las unidades de muestreo para inspección	82
3.2.7 Selección de unidades de muestreo adicionales	83
3.2.8 Evaluación de la condición	84
3.3 Calculo del PCI de las unidades de muestreo	85
3.4 Índice Internacional de Rugosidad (IRI)	
3.4.1. Definición de IRI	88
3.4.2. Importancia del IRI	92
3.4.3. El IRI y el Desempeño de un Pavimento	93
3.4.4. Factores que inciden en la rugosidad superficial de los pavimentos	94

CAPÍTULO IV: INVENTARIO VIAL E ÍNDICE DE CONDICIÓN DE PAVIMENTOS

4.1 Inventario Vial	96
4.2 Resumen Evaluación del Índice de Condición de Pavimento	
Carretera Panamericana, Ruta CA-01	99
4.3 Resumen Evaluación del Índice de Condición de Pavimento	
Carretera Litoral, Ruta CA-02	109
4.4 Resumen Evaluación del Índice de Condición de Pavimento	
Carretera Longitudinal del Norte, Ruta CA-03	118

CAPÍTULO V: CURVAS DE CICLO DE VIDA

5.1 Curvas de Inversión	
5.1.1 Carretera Panamericana, Ruta CA-01	122
5.1.2 Carretera Litoral, Ruta CA-02	124
5.1.3 Carretera Longitudinal del Norte, Ruta CA-03	126
5.2 Curvas de Ciclo de Vida	
5.2.1 Carretera Panamericana, Ruta CA-01	128
5.2.2 Carretera Litoral, Ruta CA-02	132
5.2.3 Carretera Longitudinal del Norte, Ruta CA-03	136

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones	141
6.2 Recomendaciones	142

BIBLIOGRAFÍA	143
---------------------------	------------

ANEXOS	144
---------------------	------------

INTRODUCCIÓN

Una Red Vial básicamente permite a los usuarios desplazarse de un lugar a otro; ahora bien, desde el punto de vista macroeconómico esta se convierte en uno de los pilares principales que dan movimiento a la economía, a través de ella se transportan los diversos productos agrícolas que se cosechan en nuestra tierra para ser comercializados posteriormente, así mismo la industria moviliza sus materias primas y sus productos. Todas estas actividades a las que está sujeta una Red Vial generan una gran demanda de la misma y esto acarrea su deterioro total o parcial con el paso del tiempo, a veces a ritmos acelerados.

En materia de Gestión de Infraestructura Vial es importante tener un sistema de evaluación que recopile información acerca del estado actual de la vía, así como también datos históricos que después de ser evaluados puedan servir para la toma de decisiones en base a criterios que reflejen la realidad y con esto realizar intervenciones que al momento de ejecutarlas traerán mayor durabilidad a la vía y se llevarán a cabo con la menor cantidad de recursos económicos.

El Índice de Condición del Pavimento, o mejor conocido como PCI por sus siglas en inglés, es una herramienta muy útil para catalogar el estado de una vía de acuerdo a los daños que presente, clasificándolos acorde a diversas patologías tipo para pavimentos con superficie de rodadura de asfalto o concreto hidráulico, y cuantificándolos en tres niveles de severidad, tal como se documenta en la designación ASTM D6433-03 titulada

“Procedimiento Estándar para la Inspección del Índice de Condición del Pavimento en Caminos y Estacionamientos”.

Como primera fase se plantea la base teórica para:

- las diferentes patologías de pavimentos de acuerdo a las normativas y manuales adoptados por El Salvador para la Gestión de Pavimentos,
- el Índice de Condición del Pavimento PCI, y
- el Índice de Rugosidad del Internacional IRI.

En la siguiente fase se presenta el Índice de Condición del Pavimento, obtenido a partir del procesamiento de la información del Inventario Vial proporcionado por el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y las partidas de inversión correspondientes a las intervenciones realizadas por el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL), en cada una de las vías en estudio, desde el año 2003 hasta la fecha.

Como resultado de la investigación, tabulación y análisis de la información se elaboran la Gráfica del Índice de Condición del Pavimento, la Gráfica del Índice de Rugosidad Internacional y las Curvas de Inversión, para las tres carreteras procesadas.

Al final se presentan las Conclusiones y Recomendaciones originadas por el desarrollo de esta investigación.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES.

1.1.1 HISTORIA DE LOS PAVIMENTOS.

El ser humano, desde tiempos antiguos, ha tenido que desplazarse en busca de lugares aptos para sobrevivir; datos históricos revelan que hubo migraciones de grandes masas de personas, estas tribus nómadas recorrían grandes distancias en busca de alimentos, dando lugar a caminos peatonales; al formar sus asentamientos, estos caminos fueron utilizados para fines comerciales o de otro tipo.

Con el avance del tiempo, hace su aparición en la historia “la rueda”, un descubrimiento que revolucionaría por completo el transporte sobre la faz de la tierra, y ya con este logro había que adecuar los caminos con superficies de mejor resistencia y desempeño para facilitar el movimiento de vehículos de tracción animal.

Los primeros indicios de la construcción de caminos datan del año 4,000 a.C., estas son calles pavimentadas con piedra en la ciudad de Ur, en el actual territorio de Irak, y caminos de madera, preservados en un pantano en Glastonbury, Inglaterra.

El pavimento es una superficie artificial en el suelo. Usado para la construcción de vías de comunicación, es la capa constituida por uno o más materiales que se colocan sobre el terreno natural o nivelado, para aumentar su resistencia y servir para la circulación de personas o vehículos. Una de las primeras formas de pavimentación fue la calzada romana, modelo de camino usado por Roma para comunicar y expandir su Imperio. Construida con varias capas de material, esta gran obra de ingeniería logró que muchos tramos hayan resistido durante siglos, hasta la actualidad. Las capas tenían una altura de entre 0.6 y 1.20 metros. El ancho variaba de 4 a 8 metros, según la importancia de la

calzada y las características del terreno. Su trazo se ensanchaba en las curvas, para permitir que los carros giraran más fácilmente. Además, contaban con taludes que permitían el escurrimiento del agua de lluvia a las cunetas, que delimitaban ambos lados de la calzada. Para permitir que las tropas romanas pudieran desplazarse con mayor rapidez, la primera vía fue creada en el año 312 a. C. por Appius Claudius Caecus: la Vía Apia, que unía Roma con Capua. Las vías llevaban el nombre de quienes las creaban. Estaban pavimentadas sólo dentro de las ciudades y sus alrededores, con excepción de la Vía Apia, que se pavimentó en todo su recorrido. En las ciudades, se adoquinaban o cubrían con losas de piedra dispuestas de forma regular. En otros lugares se rellenaban con arena y grava, extraídas de canteras abiertas en las proximidades. Las vías se caracterizaban por ser rectilíneas en terrenos llanos. Para cruzar los ríos, los romanos construían puentes de piedra, de los que se conservan muy pocos ejemplos.

A diferencia de otras civilizaciones mediterráneas, como los fenicios que basaron su desarrollo exclusivamente en sus puertos, los romanos también utilizaron sus vías terrestres para fomentar el comercio. En su apogeo, la red de carreteras romanas llegó a tener aproximadamente 100,000 kilómetros.

Hasta el siglo XIX, los constructores de caminos contaban solamente con piedra, grava y arena para hacerlos, además de agua para darle unidad a la superficie.

El año de 1820, en Inglaterra, John Mac Adam formuló las primeras consideraciones acerca de la importancia del drenaje para conservar la estructura del pavimento, así como la utilidad del cemento a base de piedras gruesas y fórmulas con claridad el concepto de que el pavimento constituye un colchón de transmisión de cargas.

La primera vez que se usó el asfalto fue en 1824, para pavimentar la famosa avenida Campos Elíseos de París. El asfalto moderno, de máxima densidad, fue desarrollado por Edward de Smedt en la Universidad de Columbia, Estados Unidos. Se estrenó en la no menos famosa Quinta Avenida de Nueva York, en 1877.

En Europa se registra la construcción de los primeros pavimentos de concreto hidráulico, encontrándose estos en Escocia (Inverness 1865, Edimburgo 1866 – 1972), España (1915). En 1891 se construye el primer tramo de pavimento rígido en América específicamente en Bellefontaine, Ohio, Estados Unidos de Norte América, a cargo de George Bartholomew, el cual consistió en una franja de 80 metros de longitud y ancho 2.4 metros, el cual actualmente existe.

Hoy en día, empiezan a usarse diversos métodos de pavimentación impermeable para calles, caminos y banquetas de bajo impacto ambiental.

1.1.2 PRIMEROS USOS DE PAVIMENTOS EN EL SALVADOR.

En nuestro país, las primeras carreteras fueron construidas para vehículos de tracción animal, por lo que no se les exigía mayores condiciones en cuanto a su alineamiento horizontal y vertical.

La pavimentación de la red vial de San Salvador se inició entre los años 1912 y 1916, en el centro de la capital, existen pavimentos de concreto hidráulico que se construyeron dentro de un proyecto llamado Saneamiento y Pavimentación de San Salvador; que inicio en marzo de 1924, en el campo Marte (hoy Parque Infantil), Av. Independencia y calle de la finca Modelo simultáneamente, finalizo en 30 de Junio de 1928, con un total de 15,250 m².

En año de 1930 se construye la Carretera Troncal del Norte, que parte desde San Salvador y conduce a la frontera con Honduras. En 1939 se construye la Ruta Militar, que de San Miguel conduce a Santa Rosa de Lima, pasando por El Divisadero y uniendo la carretera Panamericana.

El 11 de Julio de 1940 el General Maximiliano Hernández Martínez crea el Reglamento para la Construcción, Mantenimiento y Mejoramiento de las Carreteras de la República; dentro del cual se deja fuera lo relativo a los pavimentos de Concreto Hidráulico, debido principalmente a la construcción generalizada de pavimentos flexibles.

En la actualidad aun existen tramos como los antes mencionados que están brindando servicio, en los cuales se han incrementado considerablemente el tráfico en volumen como en carga, comparados con los parámetros iniciales de diseño.

En nuestro país se han realizado diferentes estudios para evaluar pavimentos de Concreto Hidráulico, aplicando diversas metodologías, que difieren un poco en cuanto a condiciones ambientales, cargas de tráfico entre otras; dichas investigaciones han sido realizadas por el ISCYC.

En el segundo semestre de 1857, el Supremo Gobierno publicó en el Diario Oficial una invitación para presentar propuestas relativas a la construcción de un “camino carretero” al puerto de La Libertad, para el cual se tienen registros de dos propuestas, una hecha por el Sr. Santiago González y la otra por los señores Francisco Portal y Buenaventura Guerrero. Dichas propuestas fueron estudiadas y analizadas por el director general de Obras Públicas Otón Fischer, quien el 2 de enero de 1858, rindió un informe sobre la construcción de la importante carretera en el que descartaba las propuestas presentadas

porque “es necesario que ambas partes estén bien entendidas de lo que se trata y esto no es posible mientras no se conozca exactamente la distancia, el trazo, la nivelación y la construcción que debe adoptarse. La determinación de estos puntos no se debe dejar a los empresarios y entonces se necesitan planos muy especiales, que cuestan tiempo, y perder tiempo es perder dinero”.

1.1.3 MODELOS DE DETERIORO.

Los modelos de deterioro de pavimentos se aplican a diversos aspectos relacionados con la administración de pavimentos; a modo de ejemplo pueden mencionarse los siguientes:

- a) La creación de un sistema de administración de pavimentos, que se sirva de los modelos para predecir los futuros deterioros del pavimento y para evaluar los resultados de aplicar diversas alternativas de mantención a ellos, para elegir la mejor planificación para la conservación de un camino, que optimice los resultados tanto de su nivel de servicio como de los costos involucrados en lograrlo.
- b) La generación de un conjunto de políticas y estándares de mantención basados en condiciones de deterioro relevantes del pavimento, cuya conducta puede predecirse en base a los modelos de comportamiento de dichas condiciones. Conociendo los deterioros en el tiempo es posible generar una política de mantenciones adecuada y coherente que permita mantener el nivel de servicio requerido del pavimento a lo largo del tiempo que el pavimento está en funciones.

- c) La evaluación del efecto relativo de algunas características del diseño con respecto a otras.

La necesidad de sistemas formales de administración de pavimentos a las redes viales, crea la demanda de contar con modelos de predicción de deterioros confiables, bien cuantificados y adecuadamente validados.

1. Entre los requerimientos con que deben cumplir los modelos de predicción se cuentan:
2. Los modelos matemáticos deben predecir la condición del camino en el tiempo.
3. La calidad del nivel de servicio del pavimento y la tendencia de su condición debe ser cuantificada de modo tal que tenga directa relación con los factores que provocan su cambio y con la decisión ingenieril de intervenir mediante una mantención al camino.
4. Para que su implementación dentro de un sistema de administración de pavimentos sea factible, los modelos de predicción deben utilizar sólo los parámetros que puedan ser medidos físicamente y obtenidos con facilidad en base a los recursos humanos y material.
5. Para ser válidas, las predicciones deben tener una bien cuantificada base empírica.
6. Los modelos deben ser aplicables a la región de interés, en todo sentido, inclusive en lo referido a tránsito, medio ambiente, materiales y métodos de construcción.

7. Deben tenerse siempre en cuenta los conceptos estadísticos de probabilidad y confiabilidad asociados a las predicciones que realizan los modelos.

En la actualidad, el Fondo de Conservación Vial está tabulando datos para diversos tramos de carretera, que reflejan anualmente los volúmenes de mezcla asfáltica y el monto que representan dichos volúmenes en la inversión total. Con esto se pretende obtener una base de datos más actualizada, facilitando a su vez mejor acceso a la información y poder realizar proyecciones a futuro.

En El Salvador, actualmente se utiliza el programa HDM4 para predecir el deterioro de la Carretera CA-3; así como también, se ha utilizado para predecir el deterioro del pavimento de diferentes proyectos viales en los últimos años. Pero, no existen antecedentes formales de la elaboración de un proceso de calibración para las condiciones locales.

1.1.4 CURVAS DE CICLO DE VIDA.

Los ciclos de vida consideran la manera como fueron construidos los pavimentos, la manera como cambia su condición durante el tiempo y la manera como este proceso de cambio se ve afectado por las diferentes formas de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción.

Todos los pavimentos se deterioran durante el transcurso del tiempo, esto quiere decir que al comienzo se presentan pocos daños y el pavimento presenta una condición aceptable, con el paso del tiempo y a causa de la acción del tránsito cada vez mayor, se presentan mayores deterioros y cada uno de estos contribuye en la generación de otros.

Es por eso que el mantenimiento reduce el ritmo con el que un pavimento se deteriora, ya que se van corrigiendo pequeños defectos antes que estos empeoren y conduzcan a deterioros mayores. Llega un momento en que un mantenimiento de rutina ya no es suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento.

1.1.5 LA CARRETERA PANAMERICANA.

En el año de 1880 se pensó por primera vez en unir longitudinalmente a América, por medio de un ferrocarril, según proposición de David Davis, miembro del Congreso de Estados Unidos. En la primera de las que habían de ser Conferencias Internacionales Americanas, celebrada en 1889 en la ciudad de Washington, el entonces Secretario de Estado de los Estados Unidos, manifestaba:

“Mucho habremos ganado cuando logremos obtener esa confianza general, que es la única base de toda buena relación entre las naciones. Mucho más lograremos cuando se estrechen las relaciones de los miembros de distintas naciones americanas, lo que se facilitara cuando establezcan entre sí medios de comunicación más frecuentes y más rápidos. Ganaremos muchísimo más aun cuando las relaciones comerciales entre los Estados Americanos del Sur y del Norte se hayan desarrollado y regularizado hasta el grado de que casa uno de ellos pueda derivar las mayores ventajas de las relaciones amplias y bien entendidas entre todas las naciones americanas...”

Se insistió en la idea del Ferrocarril Panamericano en otras conferencias; en México, en 1901; en rio de Janeiro, en 1906; en Buenos Aires, en 1910; y otra vez Washington, en 1920.

Como consecuencia del advenimiento del automóvil, durante la V Conferencia Internacional Americana de 1923, en Santiago de Chile, se mencionó la conveniencia de unir las Américas con una carretera. Como consecuencia, dos años más tarde se celebró el I Congreso Panamericano de Carreteras, en Buenos Aires y siete más hasta la fecha con ese tema primordial.

Para dar mayor fuerza y cohesión al proyecto de la ruta panamericana, en el congreso celebrado en México en 1952, se instrumentó un Comité Provisional que debería funcionar entre ese y el siguiente congresos. A partir del VI, de Caracas, quedó establecido el Comité Directivo Permanente de los Congresos Panamericanos de Carreteras, con el fin de mantener vivas las actividades de varias Comisiones Técnicas y principalmente del camino panamericano.

Con base en estos antecedentes podemos establecer que la idea de la carretera Panamericana tiene una antigüedad que data de 1923. El camino, como una realidad, no puede decirse que exista aun sino en forma discontinua, pero sorprenderá a muchos el extraordinario avance logrado.

DIMENSIONES DEL PROYECTO.

La carretera Panamericana, también llamada ruta Panamericana o simplemente Panamericana, es un sistema colectivo de carreteras, de aproximadamente 25,800 km de largo, que vincula casi a todos los países del hemisferio occidental del continente americano con un tramo unido de carretera.

La Carretera Panamericana se encuentra casi completa, y se extiende desde Alaska en Norteamérica hasta Buenos Aires, Argentina en Sudamérica. El tramo

notable que impide que la carretera se conecte completamente es un trayecto de 87 km de selva montañosa dura, ubicado entre el extremo este de Panamá (58 km) y el noroeste de Colombia (29 km) llamado el Tapón de Darién. La carretera Panamericana se corta en Yaviza, (Panamá), y en Lomas Aisladas, (Colombia) se da inicio a la Carretera panamericana en América del Sur.

LA CARRETERA PANAMERICANA EN EL SALVADOR.

En 1932 se inicio la construcción de la Carretera Panamericana en El Salvador durante el gobierno del General Maximiliano Hernández Martínez, pero poco después de iniciada la obra, ocurrió un levantamiento de campesinos e indígenas debido a que en las elecciones municipales, el gobierno desconoció la victoria de los candidatos comunistas y fueron reprimidos con gran violencia ocasionando la muerte de entre 15 a 30 mil campesinos e indígenas que fueron asesinados o murieron en los combates.

1.1.6 LA CARRETERA DEL LITORAL.

Desde la Frontera con Guatemala (a 1.85 Km del Desvío La Hachadura) en el Depto. de Ahuachapán hasta el By Pass La Unión (UNI28E) en el Depto. de La Unión, la carretera mide 354 kilómetros de longitud y constituye una mínima parte del corredor Pacífico o Mesoamericano de 3,159 kilómetros, desde México hasta Panamá.

El Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) ejecuta el mantenimiento de esta vía en todo el recorrido que comprende desde el punto fronterizo en el Depto. de Ahuachapán hasta la intersección con la carretera UNI28E en el Depto. de La Unión.

La entidad identificó dos tramos donde existe un significativo deterioro: desde el kilómetro cinco hasta la Frontera La Hachadura y desde el Puente San Marcos Lempa hasta Usulután.

1.1.7 LA CARRETERA LONGITUDINAL DEL NORTE.

La idea de conectar a los municipios fronterizos con Honduras y Guatemala para dinamizar el comercio no es reciente. Entre 1976 y 1977, el gobierno del coronel Molina contrató a 10 empresas para que hicieran los estudios completos en 10 tramos que formarían la carretera Transversal del Norte. Algunos de esos tramos se lograron construir, como es el caso de la carretera que conecta Nueva Concepción con el desvío de Amayo, en Chalatenango, pero por la guerra la mayoría de planos quedaron en los archivos del MOP y se perdieron. Hace una década, la Comisión Nacional de Desarrollo (CND) buscó en los archivos del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en Washington, y gestionó con las mismas empresas que habían realizado los diseños y lograron armar el diseño original.

La vía comienza en Metapán, Santa Ana; y termina en Anamorós, en La Unión ha generado más de 2,600 empleos mensuales y una vez que finalice beneficiará a 850, 000 habitantes con sus 219 kilómetros de extensión. Según las proyecciones realizadas, la carretera sería terminada en septiembre de 2012.

Han pasado más de seis años desde que la estadounidense Corporación del Reto del Milenio (MCC, por sus siglas en inglés) seleccionó a El Salvador para recibir una donación de 460.9 millones de dólares, los cuales estarían destinados para la inversión de proyectos sociales en la zona norte del país, que incluían mejoras en la red vial,

desarrollo humano y proyectos productivos. Casi la mitad de ese dinero -219 millones- se reservó para la construcción de la carretera Longitudinal del Norte, la cual se convertiría en la inversión vial más importante que la zona norte de El Salvador ha recibido en los últimas tres décadas.

Como parte del gobierno de El Salvador, el MOP fue nombrado por Fomilenio como la Entidad Implementadora del Proyecto de Conectividad, de manera que participa con tres grandes roles en el proyecto. “Uno es el de planificador, otros es el de apoyo técnico y otro como ente normado del sector (sic)”. En otras palabras, el MOP ha sido el encargado del diseño de la red vial de la Carretera Longitudinal del Norte y ha supervisado el desarrollo de las obras, actuando de oficio ante cualquier anomalía.

La Carretera Longitudinal del Norte (CLN) comienza desde el municipio de Metapán, al norte de Santa Ana, y finaliza en Anamorós, departamento de La Unión y recorre 94 municipios a lo largo de nueve departamentos. Beneficiará a mas de 850,000 habitantes con sus 219 kilómetros de extensión. En total son 13 tramos y 25 puentes, tres de ellos atraviesan el Río Lempa y han conectado a regiones separadas por más de cuatro décadas en Santa Rosa Guachipilín, Santa Ana; Nombre de Jesús, en Chalatenango y Nuevo Edén de San Juan, San Miguel.

El 17 de mayo de 2011 en Santa Rosa Guachipilín; Santa Ana, el Presidente de la Republica Don Mauricio Funes inauguró los primeros 44 kilómetros de la Carretera Longitudinal del Norte (CLN) que conecta los municipios de Metapán y Santa Rosa

Guachipilín en el departamento de Santa Ana con el municipio de Nueva Concepción en Chalatenango.

Durante el acto de inauguración, el Presidente de FOMILENIO y Secretario Técnico de la Presidencia, Alex Segovia, hizo entrega del Manual de Mantenimiento de esta vía al señor Presidente de la República con lo cual se incorpora oficialmente el tramo construido a la red vial del país y pasa a ser responsabilidad del Gobierno Central por medio del Ministerio de Obras Públicas.

En el proyecto de diseño y construcción total de este tramo, FOMILENIO ha realizado una inversión de US\$56.5 millones que incluye la apertura de calle y la pavimentación de vías existentes en los municipios de Metapán y Nueva Concepción, así como la apertura de 6 kilómetros de carretera en medio de las montañas del municipio de Santa Rosa Guachipilín. También se construyeron dos puentes vehiculares sobre los ríos Tahuilapa y Lempa con una longitud de 27 y 150 metros respectivamente. Las obras estuvieron a cargo de tres empresas constructoras contratadas por FOMILENIO: Constructora MECO, S.A. (Costa Rica), Constructora Santa Fe (Costa Rica) y Constructora Linares S.A. (El Salvador).

FOMILENIO trabajó a lo largo y ancho de 94 municipios en la región norte de 9 departamentos del país, de forma integral para que sus comunidades sean protagonistas de su propio desarrollo, dándoles los insumos y herramientas para que ningún sueño sea imposible. De esta manera se hizo posible la entrega de la tan esperada carretera en el año 2012.

FOMILENIO trabajó durante 5 años en tres grandes proyectos:

DESARROLLO HUMANO.

El Proyecto de Desarrollo Humano: que ha mejorado la infraestructura social básica al dotar a las comunidades de electrificación rural, acceso a agua potable y saneamiento básico, caminos y puentes, así como una importante inversión en educación y capacitación, dotando a miles de jóvenes con becas de educación media y técnica superior, remodelando y construyendo institutos que ahora cuentan con las mejores condiciones para que no existan obstáculos en el anhelo de superación de las nuevas generaciones.

DESARROLLO PRODUCTIVO.

El proyecto de Desarrollo Productivo transformó en menos de cinco años la Zona Norte en un centro económico organizado que produce bienes y servicios, productos agrícolas, servicios turísticos, artesanías y un importante apoyo a la ganadería para garantizar su sostenibilidad. Agricultores, ganaderos, artesanos y empresarios turísticos han sido apoyados para que desarrollen sus capacidades empresariales y productivas, ofreciendo ahora un producto con alta rentabilidad.

CONECTIVIDAD VIAL.

La construcción de la Carretera Longitudinal del Norte ha hecho posible lo inimaginable: Unir a la Zona Norte con el resto del país.

Ahora estamos conectados a través de una moderna vía de 2 carriles que recorre 223 kilómetros desde Santa Ana hasta La Unión facilitando la comunicación y el transporte de los frutos del trabajo de miles de salvadoreños, la construcción de tres grandes puentes sobre el río Lempa son verdaderas obras maestras de la ingeniería que ahora

están a disposición de todas las comunidades que por años sufrían de aislamiento debido a la falta de algo tan esencial: un camino al progreso.

FOMILENIO cumple 5 años y nos deja una Zona Norte más bonita y productiva, con gente capacitada y dispuesta a trabajar para que el sueño de 50 años que hoy es una realidad nunca acabe, dando lo mejor de cada uno para garantizar su sostenibilidad.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Las vías de comunicación terrestre son de vital importancia para promover el desarrollo de la economía y la conectividad entre las diversas regiones de una nación, en especial cuando estas vías son los ejes principales donde fluye una gran cantidad del tráfico, es por eso que existe la importancia de contar con una infraestructura adecuada, funcional y estratégica, dirigiendo grandes cantidades de fondos para realizar este tipo de proyectos, ya que en cierta manera el desarrollo de un país está relacionado a la calidad de sus sistemas de comunicación vial, siendo este un elemento fundamental para el comercio.

El Salvador cuenta con una extensión de aproximadamente 3200 kilómetros de vías pavimentadas que necesitan mantenimiento, por medio de un control eficaz para determinar los daños a futuro que puede sufrir la infraestructura como tal y el desempeño de ésta a lo largo de su vida útil.

Para resolver esta problemática se pretende clasificar, tabular y graficar los datos que serán proporcionados por el Fondo de Conservación Vial y el Ministerio de Obras Públicas para observar el comportamiento del pavimento de las vías en estudio, siempre y cuando se logre establecer una tendencia en la curva.

1.3 OBJETIVOS.

1.3.1 OBJETIVO GENERAL.

Elaborar las Curvas de Ciclo de Vida de las Carreteras CA-1, CA-2 y CA-3.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Examinar la información existente de las carreteras en estudio a través de la recopilación y tabulación de los datos proporcionados por el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) y el Ministerio de Obras Públicas (MOP).
- Establecer tramos de estudio de las vías en análisis, para realizar de manera más fácil y ordenada la investigación.
- Identificar las fallas en el pavimento de las vías en estudio.
- Interpretar el índice de rugosidad (IRI).
- Analizar el índice de condición del pavimento (PCI) para las tres vías en estudio.
- Graficar el comportamiento del pavimento en el tiempo para las carreteras CA-1, CA-2 y CA-3.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.

1.4.1 ALCANCES.

- Clasificar la información relacionada a cada eje vial para llevar a cabo su respectivo análisis, tabulación y gráfica de datos.
- Obtener las Curvas de Ciclo de Vida para cada una de las vías.

1.4.2 LIMITACIONES.

- El período al cual está limitada la investigación y la obtención de resultados está conformado por el tiempo legalmente establecido por las autoridades universitarias.
- El éxito de este trabajo de investigación depende de los datos que proporcionen el Fondo de Conservación Vial (FOVIAL) y el Ministerio de Obras Públicas (MOP).
- La validez de los datos proporcionados condiciona la certeza de la gráfica de comportamiento de pavimento en el tiempo, para las vías en estudio.

1.5 JUSTIFICACIONES.

El Salvador no cuenta con una base de datos ordenada que refleje el mantenimiento aplicado, reparaciones realizadas y otros aspectos relevantes de la red de comunicación vial. Si estos datos se ordenaran y clasificaran de manera adecuada, se podrían hacer proyecciones a futuro y gestiones administrativas, facilitando de esta manera el análisis del desempeño en el tiempo de una vía específica o poder hacer predicciones acerca del deterioro que ésta pueda sufrir a lo largo de su vida útil, convirtiéndose esta serie de registros en una herramienta de gran utilidad para mejorar la forma de evaluar las condiciones de las vías de comunicación y la cantidad de recursos orientados para mantener la vía en funcionamiento óptimo.

Es por eso que se pretende elaborar las Curvas de Ciclo de Vida para los tres principales ejes de El Salvador, las carreteras CA-1, CA-2 y CA-3, como un ejemplo de lo que podría lograrse en previsión y revisión de daños al ser aplicada la metodología de modelos de comportamiento de pavimentos para elaborar las Curvas de Deterioro de la red vial nacional.

CAPÍTULO II

GENERALIDADES DE LOS PAVIMENTOS

2.1 CONCEPTO DE PAVIMENTO.

El pavimento es el conjunto de capas de material seleccionado que reciben en forma directa las cargas del tránsito y las transmiten a los estratos inferiores en forma disipada, proporcionando una superficie de rodamiento, la cual debe funcionar eficientemente.¹

Básicamente un pavimento es una estructura de ingeniería en contacto directo con el suelo, que se utiliza para el transporte de personas y bienes, para llevar a cabo intercambios comerciales y mejorar el acceso y la movilidad.²

Un pavimento es una estructura, asentado sobre una fundación apropiada, que tiene por finalidad proporcionar una superficie de rodamiento que permita el tráfico seguro y confortable de vehículos, a velocidades operacionales deseadas y bajo cualquier condición climática. Hay una gran diversidad de tipos de pavimento, dependiendo del tipo de vehículos que transitaran y del volumen de tráfico.³

La estructura de un pavimento está formada por los siguientes componentes:

Subrasante: es la capa que recibe las cargas que transmiten la sub-base o la base, su función principal es proporcionar soporte al pavimento. Esta capa puede estar constituida por terreno natural o material selecto dependiendo de la capacidad de carga que el suelo presente, por lo que es importante evaluar sus propiedades.

¹Manual de Especificaciones Técnicas y de Operación de los Centros de Capacitación y Adiestramiento de Conductores del Servicio de Autotransporte Federal y Transporte Privado. México.

²Alvarado Glower, Fritz. (2011). Ingeniería de Pavimentos Rígidos – IPR115, Cátedra Universidad de El Salvador

³ Guía de Pavimentos, Universidad Mayor de San Simón

Sub-Base: es la capa de estructura del pavimento destinada fundamentalmente a soportar, transmitir y distribuir con uniformidad las cargas aplicadas a la superficie de rodadura del pavimento. Se coloca entre la capa de base y sub-rasante y sirve como elemento de transición para controlar cambios de volumen que puedan causar daños a la estructura.

Base: distribuye y transmite a la sub-base y sub-rasante las cargas ocasionadas por el tráfico. Su función es primordial, razón por la cual la selección de los materiales para su construcción es fundamental, para evitar altas concentraciones de esfuerzos debajo de la superficie de rodamiento.

Superficie de Rodamiento: tiene las siguientes finalidades

- Impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento, incluso en condiciones climáticas adversas.
- Reducir las tensiones verticales que la carga por eje ejerce sobre la capa base, para poder controlar la acumulación de deformaciones plásticas en dicha capa.

Esquema típico del paquete estructural de un pavimento.

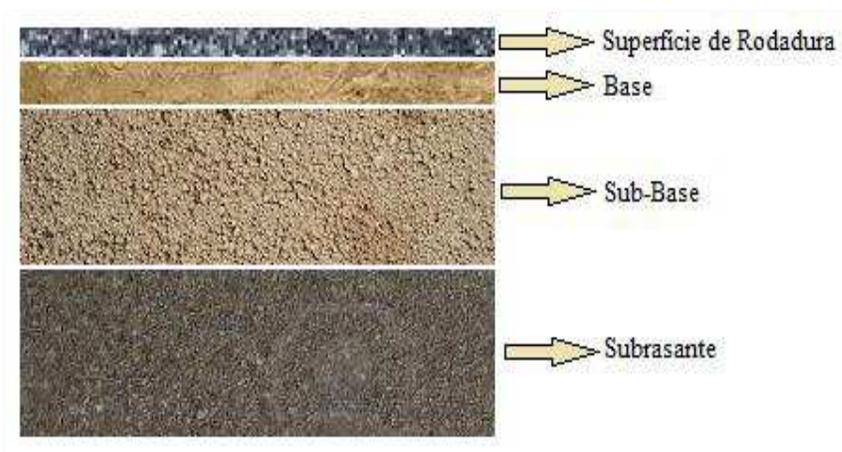


Fig. 2.1. Composición de un Pavimento.

2.2 CLASIFICACIÓN DE PAVIMENTOS.

2.2.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.

Un pavimento flexible cuenta con una carpeta asfáltica en la superficie de rodamiento, la cual permite pequeñas deformaciones de las capas inferiores sin que su estructura se rompa. Este tipo de pavimento está compuesto principalmente de una carpeta asfáltica, de la base granular y de la capa de sub-base. El pavimento flexible resulta más económico en su construcción inicial, tiene un período de vida de entre 10 y 15 años, pero tienen la desventaja de requerir mantenimiento periódico para cumplir con su vida útil.

Dicho revestimiento asfáltico, como ya se dijo, se encuentra sobre una capa base granular, en este caso la distribución de tensiones y deformaciones generadas en la estructura por las cargas de rueda del tráfico, se da de tal forma que las capas de revestimiento y base absorben las tensiones verticales de compresión del suelo de fundación por medio de la absorción de tensiones cortantes. En este proceso ocurren tensiones de deformación y tracción en la fibra inferior del revestimiento asfáltico, que provocará fisuras por fatiga por la repetición de las cargas de tráfico. Al mismo tiempo la repetición de las tensiones y deformaciones verticales de compresión que actúan en todas las capas del pavimento producirán la formación de hundimientos en la trilla de rueda, cuando el tráfico tiende a ser canalizado, y la ondulación longitudinal de la superficie cuando la heterogeneidad del pavimento fuera significativa.

Esquema típico del paquete estructural de un pavimento asfáltico.

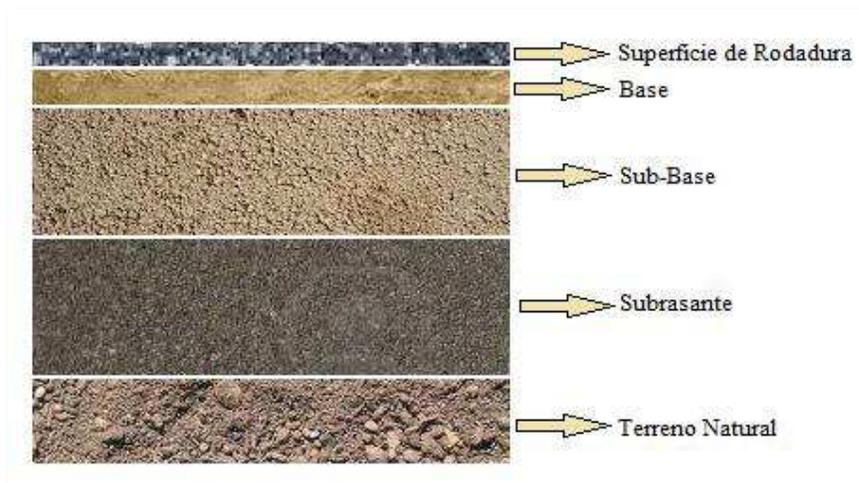


Fig. 2.2 Composición de un Pavimento Flexible.

2.2.2 PAVIMENTOS RÍGIDOS.

Se les llama así porque su estructura sufre pequeñas deflexiones debido a las cargas, debido a su alto módulo de elasticidad en su superficie de rodamiento.

En estos, la losa de concreto de cemento Portland es el principal componente estructural, que alivia las tensiones en las capas subyacentes por medio de su elevada resistencia a la flexión, cuando se generan tensiones y deformaciones de tracción bajo la losa se producen fisuras por fatiga, después de un cierto número de repeticiones de carga. La capa inmediatamente inferior a las losas de concreto denominada sub-base, por esta razón, puede ser constituida por materiales cuya capacidad de soporte sea inferior a la requerida por los materiales de la capa base de los pavimentos flexibles.

Aspectos a considerar en los pavimentos rígidos:

- El concreto absorbe casi todos los esfuerzos.
- La transferencia de cargas es de suma importancia.
- La base debe proveer soporte continuo y uniforme a las losas.
- La sub-base granular provee soporte a la base y a la losa; sin bombeo ni expansión/contracción.
- La sub-rasante debe ser compactada.

Esquema típico del paquete estructural de un pavimento rígido.

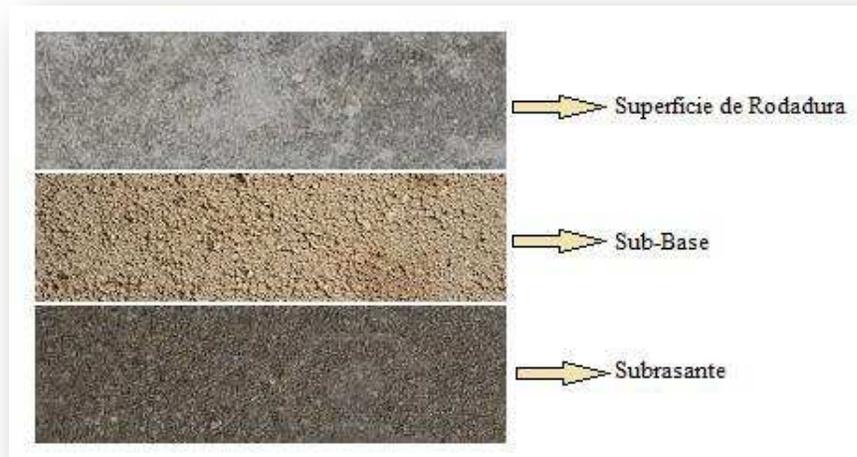


Fig. 2.3 Composición de un Pavimento Rígido.

2.3 COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE LOS PAVIMENTOS.

La diferencia preponderante entre los pavimentos rígidos y flexibles es la forma como estos distribuyen las cargas y los efectos que tienen las capas inferiores a la superficie de rodadura. Así un pavimento hecho con concreto hidráulico distribuye las cargas a las que está sometido sobre un área mayor, caso contrario, un pavimento con superficie de rodadura asfáltica transmite las cargas de manera más puntual. Ver Figura 2.4.

Comportamiento del Pavimento frente a cargas de Tránsito.

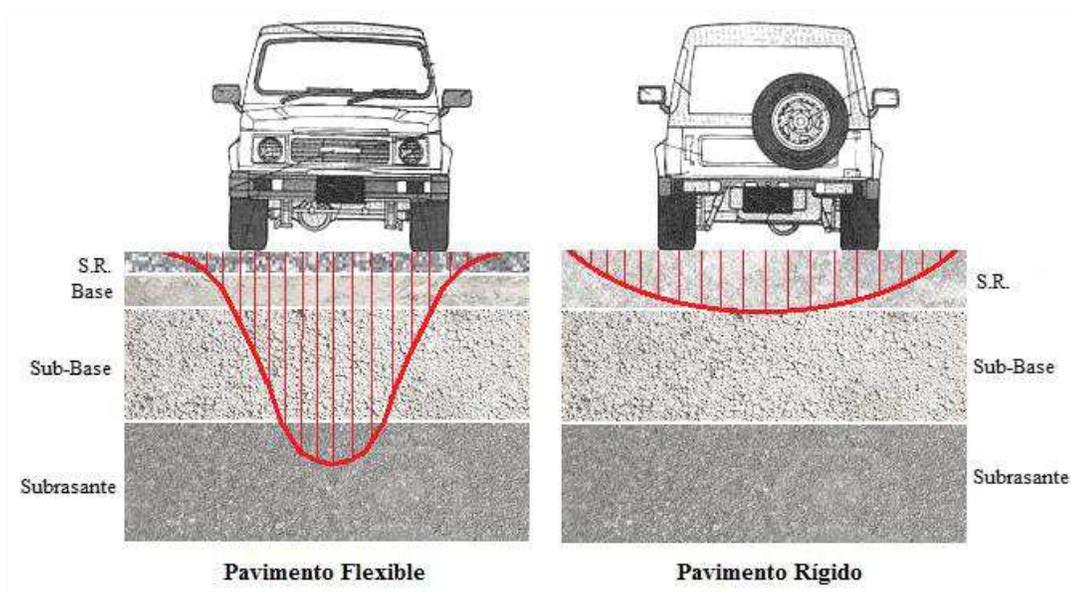


Figura 2.4 Comparación comportamiento estructural de los pavimentos rígidos y asfálticos.

2.4 DAÑOS EN LOS PAVIMENTOS⁴.

Los daños en los pavimentos informan sobre su condición y las causas posibles de la misma. El inventario de los daños de un pavimento representa una información fundamental en el proceso de evaluación del estado del pavimento. Existen múltiples catálogos de daños que presentan metodologías para establecer un diagnóstico sobre la patología de los pavimentos; algunos tienen sistemas de calificación cuantitativa del estado del pavimento permitiendo establecer índices. Al establecer los tipos de daños se pueden determinar las causas posibles y las soluciones para la condición de deterioro.

⁴Vásquez Varela, L C. (2002) Capítulo 8. Los daños y los índices de condiciones.

Los daños se pueden jerarquizar de acuerdo con la prioridad de la reparación y con su efecto sobre la comodidad y seguridad para el usuario y sobre el estado del pavimento, lo cual permite planificar los recursos y las soluciones. La información obtenida de los inventarios permite establecer tramos homogéneos de la vía de acuerdo con el estado del pavimento y la solución de construcción, y calcular las cantidades de obra correspondientes a los trabajos de reparación. Los daños tienen causas posibles que deben confirmarse para determinar las reparaciones necesarias. Para realizar un buen inventario de daños se requiere un catálogo de daños que permita realizar una evaluación del estado del pavimento en forma repetible y reproducible.

2.4.1 CLASIFICACIÓN DE LOS DAÑOS.

El daño de un pavimento es una condición o un conjunto de condiciones generadas por el tránsito, el medio ambiente, la construcción o los materiales que afectan las características funcionales o estructurales del mismo. Se pueden presentar una causa o una combinación de ellas como origen del daño. La gran mayoría de los daños evolucionan en su nivel de severidad convirtiéndose en otros de mayor importancia para los usuarios o para la estabilidad estructural del pavimento.

Los daños se pueden clasificar en funcionales o estructurales:

Daños estructurales: Colapso o rotura de uno o más de los componentes del pavimento, de tal magnitud que lo vuelven inservible para soportar las cargas que se le demandan, como producto de la falta de cohesión de una o varias capas que conforman la estructura.

Daños superficiales: Condición del pavimento que causa incomodidad e inseguridad al conductor, así como también gran esfuerzo del automotor para transitar sobre la vía. Este tipo de falla puede desencadenar otra que resulte del tipo estructural.

Los daños o fallas se identifican por la apariencia o aspecto del área deteriorada, buscando que el término usado genere una imagen fácilmente identificable. En algunos casos se abusa de términos cuyo significado es de aplicación local lo cual dificulta el uso de la información de un inventario de daños. Para obtener una información transportable lo mejor es utilizar un catálogo de daños de amplia difusión, el cual incluya la descripción de cada daño acompañada de fotografías y establezca niveles de severidad y formada medirlos. Un buen catálogo de daños debe contener un sistema de calificación del estado del pavimento en función del tipo, severidad y magnitud en forma objetiva y no sólo descriptiva o subjetiva.

En la mayoría de los catálogos de daños las áreas deterioradas se agrupan en las siguientes clases de acuerdo con el tipo de pavimento:

- a. **Flexibles.** Fisuras y grietas, deformaciones superficiales (longitudinales o transversales), desintegración de pavimentos, otras fallas. Ver figura 2.5



Figura 2.5. Esquema de Daños en Pavimentos Flexible.

- b. **Rígidos.** Agrietamientos, deformaciones, daños de junta, desintegración en los pavimentos y otras fallas. Ver figura 2.6



Figura 2.6. Esquema de Daños en Pavimentos Rígidos

Para las actividades de gestión de pavimentos es muy importante establecerla extensión y severidad de los daños existentes para determinar las estrategias o medidas correctivas que eliminen la causa o causas que generaron la situación y formular una solución duradera y económica.

2.4.2 UTILIDAD DEL INVENTARIO DE DAÑOS.

La información obtenida tiene aplicación en la determinación de zonas homogéneas por clase de daño o estado general de daño, elección de la estrategia de rehabilitación para la recuperación del pavimento y determinación de cantidades de obra para el proyecto. Generalmente, un daño está relacionado con unas causas propias o particulares que comúnmente tienen soluciones generales aceptadas por la práctica constructiva, lo cual hace que los costos de reparación sean económicos.

Sin embargo, siempre se debe contar con la información geotécnica y deflectométrica complementaria para establecer de forma clara y precisa el origen o causas de los daños. Para la clasificación de los tipos de daños en los pavimentos flexibles y rígidos nos basaremos en la metodología PCI. A continuación se detallan los daños contemplados en la metodología PCI.

2.4.2.1 Daños en Pavimentos Flexibles.

EXUDACIÓN.

Descripción.

La exudación es una película de material bituminoso en la superficie del pavimento, la cual forma una superficie brillante, cristalina y reflectora que usualmente llega a ser pegajosa. La exudación es originada por exceso de asfalto en la mezcla, exceso de aplicación de un sellante asfáltico o un bajo contenido de vacíos de aire. Ocurre cuando el asfalto llena los vacíos de la mezcla en medio de altas temperaturas ambientales y entonces se expande en la superficie del pavimento.

FISURAS EN BLOQUE.

Descripción.

Las *grietas en bloque* son grietas interconectadas que dividen el pavimento en pedazos aproximadamente rectangulares. Los *bloques* pueden variar en tamaño de 0.30 m x 0.3 m a 3.0 m x 3.0 m. Las *grietas en bloque* se originan principalmente por la contracción del concreto asfáltico y los ciclos de temperatura diarios (lo cual origina ciclos diarios de esfuerzo / deformación unitaria). Las *grietas en bloque* no están asociadas a cargas e indican que el asfalto se ha endurecido significativamente.

Normalmente ocurre sobre una gran porción del pavimento, pero algunas veces aparecerá únicamente en áreas sin tránsito. Este tipo de daño difiere de la *piel de cocodrilo* en que este último forma pedazos más pequeños, de muchos lados y con ángulos agudos. También, a diferencia de los *bloques*, la *piel de cocodrilo* es originada por cargas repetidas de tránsito y, por lo tanto, se encuentra únicamente en áreas sometidas a cargas vehiculares (por lo menos en su primera etapa).

ABULTAMIENTOS Y HUNDIMIENTOS.

Descripción.

Los *abultamientos* son pequeños desplazamientos hacia arriba localizados en la superficie del pavimento. Se diferencian de los *desplazamientos*, pues estos últimos son causados por pavimentos inestables. Los *abultamientos*, por otra parte, pueden ser causados por varios factores, que incluyen:

1. Levantamiento o combadura de losas de concreto de cemento Pórtland con una sobrecarpeta de concreto asfáltico.
2. Expansión por congelación (crecimiento de lentes de hielo).
3. Infiltración y elevación del material en una grieta en combinación con las cargas del tránsito (algunas veces denominado “*tenting*”).

Los *hundimientos* son desplazamientos hacia abajo, pequeños y abruptos, de la superficie del pavimento. Las distorsiones y desplazamientos que ocurren sobre grandes áreas del pavimento, causando grandes o largas depresiones en el mismo, se llaman “*ondulaciones*” (*hinchamiento: swelling*).

CORRUGACIÓN.

Descripción.

La *corrugación* (también llamada “lavadero”) es una serie de cimas y depresiones muy próximas que ocurren a intervalos bastante regulares, usualmente a menos de 3.0 m. Las cimas son perpendiculares a la dirección del tránsito. Este tipo de daño es usualmente causado por la acción del tránsito combinada con una carpeta o una base inestables. Si los *abultamientos* ocurren en una serie con menos de 3.0 m de separación entre ellos, cualquiera sea la causa, el daño se denomina *corrugación*.

DEPRESIÓN.

Descripción.

Son áreas localizadas de la superficie del pavimento con niveles ligeramente más bajos que el pavimento a su alrededor. En múltiples ocasiones, las *depresiones* suaves sólo son visibles después de la lluvia, cuando el agua almacenada forma un “baño de pájaros” (bird bath). En el pavimento seco las *depresiones* pueden ubicarse gracias a las manchas causadas por el agua almacenada. Las *depresiones* son formadas por el asentamiento de la subrasante o por una construcción incorrecta. Originan alguna rugosidad y cuando son suficientemente profundas o están llenas de agua pueden causar hidropneumático.

Los *hundimientos* a diferencia de *las depresiones*, son las caídas bruscas del nivel.

FISURAS DE BORDE.

Descripción.

Las fisuras de borde son paralelas y, generalmente, están a una distancia entre 0.30 y 0.60 m del borde exterior del pavimento. Este daño se acelera por las cargas de tránsito y puede originarse por debilitamiento, debido a condiciones climáticas, de la base o de la subrasante próximas al borde del pavimento. El área entre la fisura y el borde del pavimento se clasifica de acuerdo con la forma como se fisura (a veces tanto que los pedazos pueden removerse).

FISURA POR REFLEXIÓN DE JUNTA.

Descripción.

Este daño ocurre solamente en pavimentos con superficie asfáltica construidos sobre una losa de concreto de cemento Pórtland. No incluye las grietas de reflexión de otros tipos de base (por ejemplo, estabilizadas con cemento o cal). Estas grietas son causadas principalmente por el movimiento de la losa de concreto de cemento Pórtland, inducido por temperatura o humedad, bajo la superficie de concreto asfáltico. Este daño no está relacionado con las cargas; sin embargo, las cargas del tránsito pueden causar la rotura del concreto asfáltico cerca de la grieta. Si el pavimento está fragmentado a lo largo de la grieta, se dice que aquella está descascarada. El conocimiento de las dimensiones de la losa subyacente a la superficie de concreto asfáltico ayuda a identificar estos daños.

DESNIVEL CARRIL – BERMA.

Descripción.

El *desnivel carril / berma* es una diferencia de niveles entre el borde del pavimento y la berma. Este daño se debe a la erosión de la berma, el asentamiento berma o la colocación de sobrecarpeta en la calzada sin ajustar el nivel de la berma.

AGREGADO PULIDO.

Descripción.

Este daño es causado por la repetición de cargas de tránsito. Cuando el agregado en la superficie se vuelve suave al tacto, la adherencia con las llantas del vehículo se reduce considerablemente. Cuando la porción de agregado que está sobre la superficie es

pequeña, la textura del pavimento no contribuye de manera significativa a reducir la velocidad del vehículo. El *pulimento de agregados* debe contarse cuando un examen revela que el agregado que se extiende sobre la superficie es degradable y que la superficie del mismo es suave al tacto. Este tipo de daño se indica cuando el valor de un ensayo de resistencia al deslizamiento es bajo o ha caído significativamente desde una evaluación previa.

CRUCE DE VÍA FÉRREA.

Descripción.

Los defectos asociados al *cruce de vía férrea* son *depressiones* o *abultamientos* alrededor o entre los rieles.

✓ *Ahuellamiento.*

Descripción.

El *ahuellamiento* es una depresión en la superficie de las huellas de las ruedas. Puede presentarse el levantamiento del pavimento a lo largo de los lados del *ahuellamiento*, pero, en muchos casos, éste sólo es visible después de la lluvia, cuando las huellas estén llenas de agua. El *ahuellamiento* se deriva de una deformación permanente en cualquiera de las capas del pavimento o la subrasante, usualmente producida por consolidación o movimiento lateral de los materiales debidos a la carga del tránsito. Un *ahuellamiento* importante puede conducir a una falla estructural considerable del pavimento.

DESPLAZAMIENTO.

Descripción.

El *desplazamiento* es un corrimiento longitudinal y permanente de un área localizada de la superficie del pavimento producido por las cargas del tránsito. Cuando el tránsito empuja contra el pavimento, produce una onda corta y abrupta en la superficie. Normalmente, este daño sólo ocurre en pavimentos con mezclas de asfalto líquido inestables (cutback o emulsión). Los *desplazamientos* también ocurren cuando pavimentos de concreto asfáltico confinan pavimentos de concreto de cemento Pórtland. La longitud de los pavimentos de concreto de cemento Pórtland se incrementa causando el *desplazamiento*.

HINCHAMIENTO.

Descripción.

El *hinchamiento* se caracteriza por un pandeo hacia arriba de la superficie del pavimento una onda larga y gradual con una longitud mayor que 3.0 m. El *hinchamiento* puede estar acompañado de agrietamiento superficial. Usualmente, este daño es causado por el congelamiento en la subrasante o por suelos potencialmente expansivos.

En el *Cuadro No.2.1* se pueden ver las causas más comunes y las soluciones más frecuentes de los daños en Pavimentos Asfálticos.

Cuadro 2.1

Causas y soluciones más frecuentes de los daños en Pavimentos Asfálticos.

CLASE DE DAÑO	CAUSAS POSIBLES	ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN
Grietas Piel de Cocodrilo	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencia estructural. Excesivos vacíos de aire en la mezcla asfáltica. Propiedades del cemento asfáltico. Desprendimiento del asfalto de los agregados. Deficiencias de construcción. 	<ul style="list-style-type: none"> Riego de sello. Sustitución (excavación y reemplazo en toda la profundidad con mezcla asfáltica en las áreas falladas). Sobrecarpetas con espesor variable con o sin tratamiento para control de reflexión de grietas. Reciclado. Reconstrucción.
Grietas Longitudinales	<p>Asociadas a cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Deficiencia Estructural. Vacios excesivos en la mezcla asfáltica. Propiedades del cemento asfáltico. Desprendimiento del asfalto de los agregados. Deficiencia de construcción. <p>No asociadas a las cargas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cambios volumétricos potenciales de los suelos de la subrasante. Estabilidad de los taludes. Asentamientos de los terraplenes o de los materiales in situ como consecuencia del incremento de las cargas. Segregación debida al equipo de compactación. Mala construcción de la junta. Otras deficiencias constructivas. 	<ul style="list-style-type: none"> Sello de grietas. Riego de sello (aplicado a las áreas con grietas). Sustitución (excavación y reemplazo de las áreas dañadas). Sobrecarpeta delgada con tratamiento especial para sellar y minimizar la reflexión de grietas. Aplicación película de asfalto caucho con sello con agregados o sobrecarpeta delgada. Escarificación en caliente y sobrecarpeta delgada.
Ahuellamiento	<ul style="list-style-type: none"> Deficiencia estructural. Diseño de la mezcla asfáltica. Propiedades del cemento asfáltico. Estabilidad de las capas asfálticas. Compactación de las capas. 	<ul style="list-style-type: none"> Fresado en frío incluyendo perfilado, con o sin sobrecarpeta. Escarificación en caliente con tratamiento superficial o sobrecarpeta delgada. Sustitución (corrugaciones en áreas localizadas).

Fuente: Capítulo 8. "Los daños y los índices de condiciones" Luis Carlos Vásquez Varela, 2002

Cuadro 2.1

Causas y soluciones más frecuentes de los daños en Pavimentos Asfálticos

(Continuación)

CLASE DE DAÑO	CAUSAS POSIBLES	ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN
Desprendimientos	<ul style="list-style-type: none"> • Bajo contenido de asfalto. • Excesivos vacíos de aire en la mezcla. • Endurecimiento del asfalto. • Susceptibilidad al agua (stripping). • Características de los agregados. • Dureza y durabilidad de los agregados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emulsión diluida (pobre) o sello "negro" rejuvenecedor. • Riego de sello con agregados. • Lechada asfáltica (slurry seal). • Sobrecarpeta delgada.
Exudación	<ul style="list-style-type: none"> • Alto contenido de asfalto. • Densificación excesiva de la mezcla por el tránsito. • Bajo contenido de vacíos de aire en la mezcla. • Susceptibilidad térmica del asfalto (asfalto blando en altas temperaturas). • Aplicación en exceso de "sello negro" o de rejuvenecedores. • Susceptibilidad al agua de las capas subyacentes estabilizadas con asfalto, unida a la migración de asfalto a la superficie. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarpeta de gradación abierta. • Riego de sello (Bien diseñado, con buen control de calidad durante la construcción). • Fresado en frío con o sin riego de sello o sobrecarpeta delgada. • Escarificación en caliente con riego de sello o sobrecarpeta delgada. • Calentamiento superficial y cilindrado con aplicación de agregado grueso.
Grietas Transversales	<ul style="list-style-type: none"> • Endurecimiento del cemento asfáltico. • Rigidez (stiffness) de la mezcla. • Cambios volumétricos en la base y/o la sub-base. • Propiedades inusuales de la subrasante. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sello de grietas. • Riego de sello. • Sobrecarpeta con tratamiento especial para el sello de las grietas y minimizar la reflexión de las mismas. • Aplicación de película de asfalto- caucho con sello con agregados o sobrecarpeta delgada. • Escarificación en caliente con sobrecarpeta delgada.
Rugosidad.	<ul style="list-style-type: none"> • Presencia de daños físicos (agrietamiento, ahuellamiento, corrugaciones, parches, huecos, etc.). • Cambios volumétricos en los terraplenes o en las subrasantes. • Construcción no uniforme. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sobrecarpeta. • Reciclado en frío con o sin sobrecarpeta. • Escarificación en caliente con sobrecarpeta especial para áreas con corrugaciones). • Reciclado(planta central o in situ).

Fuente: Capítulo 8. "Los daños y los índices de condiciones" Luis Carlos Vásquez Varela, 2002

2.4.2.2 Daños en Pavimentos Rígidos.

BLOWUP (LEVANTAMIENTO DE LOSAS).

Descripción.

Los blowups o buckles ocurren en tiempo cálido, usualmente en una grieta o junta transversal que no es lo suficientemente amplia para permitir la expansión de la losa. Por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. Cuando la expansión no puede disipar suficiente presión, ocurrirá un movimiento hacia arriba de los bordes de la losa (Buckling) o fragmentación en la vecindad de la junta. También pueden ocurrir en los sumideros y en los bordes de las zanjas realizadas para la instalación de servicios públicos.

FISURA DE ESQUINA.

Descripción.

Es una fisura que intercepta la junta o borde que delimita la losa a una distancia menor de 1.30 m a cada lado medida desde la esquina. Las fisuras de esquina se extienden verticalmente a través de todo el espesor de la losa.

DESNIVEL CARRIL / BERMA.

Descripción.

El *desnivel carril / berma* es la diferencia entre el asentamiento o erosión de la berma y el borde del pavimento. La diferencia de niveles puede constituirse como una amenaza para la seguridad.

BOMBEO.

Descripción.

El *bombeo* es la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas. Cuando una carga pasa sobre la junta entre las losas, el agua es primero forzada bajo losa delantera y luego hacia atrás bajo la losa trasera. Esta acción erosiona y eventualmente remueve las partículas de suelo lo cual generan una pérdida progresiva del soporte del pavimento. El *bombeo* puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas.

El *bombeo* cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente, la repetición de cargas producirá grietas. El *bombeo* también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

PUNZONAMIENTO.

Descripción.

Este daño es un área localizada de la losa que está rota en pedazos. Puede tomar muchas formas y figuras diferentes pero, usualmente, está definido por una *grieta* y una *junta* o dos *grietas* muy próximas, usualmente con 1.52 m entre sí. Este daño se origina por la repetición de cargas pesadas, el espesor inadecuado de la losa, la pérdida de soporte de la fundación o una deficiencia localizada de construcción del concreto (por ejemplo, hormigueros).

CRUCE DE VÍA FÉRREA.

Descripción.

El daño de cruce de vía férrea se caracteriza por depresiones o abultamientos alrededor de los rieles.

GRIETAS DE RETRACCIÓN.

Descripción.

Son *grietas capilares* usualmente de unos pocos pies de longitud y no se extienden a lo largo de toda la losa. Se forman durante el fraguado y curado del concreto y generalmente no se extienden a través del espesor de la losa.

DESCASCARAMIENTO DE ESQUINA.

Descripción.

Es la rotura de la losa a 0.6 m de la esquina aproximadamente. Un *descascaramiento de esquina* difiere de la *grieta de esquina* en que el descascaramiento usualmente buza hacia abajo para interceptar la junta, mientras que la grieta se extiende verticalmente a través de la esquina de losa. Un *descascaramiento* menor que 127 mm medidos en ambos lados desde la grieta hasta la esquina no deberá registrarse.

DESCASCARAMIENTO DE JUNTA.

Descripción.

Es la rotura de los bordes de la losa en los 0.60 m de la junta. Generalmente no se extiende verticalmente a través de la losa si no que intercepta la junta en ángulo. Se origina por:

1. Esfuerzos excesivos en la junta causados por las cargas de tránsito o por la infiltración de materiales incompresibles.
2. Concreto débil en la junta por exceso de manipulación.

PARCHE GRANDE (MAYOR DE 0.45 M2) Y ACOMETIDAS DE SERVICIOS

PÚBLICOS.

Descripción.

Un *parche* es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado por material nuevo. Una *excavación de servicios públicos* (utility cut) es un *parche* que ha reemplazado el pavimento original para permitir la instalación o mantenimiento de instalaciones subterráneas. Los niveles de severidad de una *excavación de servicios* son los mismos que para el *parche* regular.

PULIMIENTO DE AGREGADOS.

Descripción.

Superficie de rodamiento excesivamente lisa por efecto del pulimiento de los agregados que la componen.

DESCASCARAMIENTO, MAPA DE GRIETAS, CRAQUELADO.

Descripción.

El *mapa de grietas o craquelado* (*crazing*) se refiere a una red de fisuras superficiales, finas o capilares, que se extienden únicamente en la parte superior de la superficie del concreto. Las *fisuras* tienden a interceptarse en ángulos de 120 grados.

Cuadro 2.2
Causas y Soluciones más Frecuentes en Pavimentos Rígidos.

CLASE DE DAÑO	CAUSAS POSIBLES	ALTERNATIVAS DE REPARACIÓN
Blowup - buckling.	<ul style="list-style-type: none"> Falta de espacio para la expansión de las losas durante el clima cálido, por lo general, el ancho insuficiente se debe a la infiltración de materiales incompresibles en el espacio de la junta. 	<ul style="list-style-type: none"> Parcheo profundo parcial. Reemplazo de la losa.
Fisura de Esquina.	<ul style="list-style-type: none"> Repetición de cargas combinada con la pérdida de soporte y los esfuerzos de alabeo. 	<ul style="list-style-type: none"> Sellado de grietas de más de 3 mm. Parcheo profundo.
Fisuras (Longitudinales, Transversales o diagonales)	<ul style="list-style-type: none"> Son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.
Losa Subdividida.	<ul style="list-style-type: none"> Sobrecargas o soporte inadecuado de la losa. 	<ul style="list-style-type: none"> Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm. Reemplazo de la losa
Escala	<ul style="list-style-type: none"> Asentamiento debido una fundación blanda. Bombeo o erosión del material debajo de la losa. Alabeo de los bordes de la losa debido cambios de temperatura o humedad. 	<ul style="list-style-type: none"> No se hace nada. Fresado.
Daño del sello de la junta	<ul style="list-style-type: none"> La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. 	<ul style="list-style-type: none"> No se hace nada. Resellado de juntas.
Desnivel Carril/Berma	<ul style="list-style-type: none"> Erosión de la berma que puede ser causada por el incremento de la infiltración de agua. 	<ul style="list-style-type: none"> Re nivelación y llenado de bermas para coincidir con el nivel del carril.
Parchados y reparaciones para servicios públicos.	<ul style="list-style-type: none"> Reparaciones de servicios públicos. 	<ul style="list-style-type: none"> No se hace nada. Reemplazo del parche.
Pulimiento de la superficie.	<ul style="list-style-type: none"> Aplicaciones repetidas de cargas del tránsito. 	<ul style="list-style-type: none"> Ranurado de la superficie. Sobrecarpeta.
Bombeo	<ul style="list-style-type: none"> Sello pobre de la junta. 	<ul style="list-style-type: none"> Sellado de juntas y grietas. Restauración de la transferencia de cargas.
Punzonamiento	<ul style="list-style-type: none"> Repetición de cargas pesadas. Espesor inadecuado de la losa. Pérdida de soporte de la fundación. 	<ul style="list-style-type: none"> Sellado de grietas. Parcheo profundo.
Descascaramiento.	<ul style="list-style-type: none"> Este daño ocurre por exceso de acabado en el concreto fresco colocado y puede producir el <i>descamado</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> No se hace nada. Reemplazo de la losa. Parcheo profundo o parcial.

2.5 DAÑOS EXISTENTES EN LA BASE DE DATOS DE LA RED VIAL DE EL SALVADOR.

2.5.1 PAVIMENTOS FLEXIBLES.

PIEL DE COCODRILO.

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. Ocurren necesariamente en áreas sometidas al tránsito, como las huellas de canalización del tránsito. Si la base y la sub-base son débiles, el fisuramiento será acompañado por ahuellamientos. Cuando el drenaje es inadecuado, el fisuramiento se presentará en primera estancia, en las huellas de canalización exteriores. En su etapa final, el agrietamiento se transforma en bache. La misma sección del pavimento presentara fisuras y grietas de cocodrilo, ahuellamientos y baches.

Fotografía 1
PIEL DE COCODRILO.



Causas.

La causa más frecuente es la falla por fatiga de la estructura o de la carpeta asfáltica principalmente debido a:

1. Espesor de la estructura insuficiente.
2. Deformaciones de la subrasante.
3. Rigidización de la mezcla asfáltica en zonas de carga (Por oxidación del asfalto o envejecimiento).
4. Problemas de drenaje que afectan los materiales granulares.
5. Compactación deficiente de las capas granulares o asfálticas.
6. Reparaciones mal ejecutadas, deficiencias de compactación, juntas mal elaboradas, e implementación de reparaciones que no corrigen el daño.

Todos estos factores pueden reducir la capacidad estructural o inducir esfuerzos adicionales en cada una de las capas del pavimento, haciendo que ante el paso del tránsito se generen deformaciones que no son admisibles para el pavimento que se pueden manifestar mediante fisuración.

Niveles de severidad.

L (Low: Bajo): Grietas finas capilares (menores de 2 mm) y longitudinales que se desarrollan de forma paralela con unas pocas o ninguna interconectadas. Las grietas no están descascaradas, es decir, no presentan rotura del material a lo largo de los lados de la grieta.

M (Medium: Medio): Desarrollo posterior de grietas piel de cocodrilo del nivel L, fisuras finas a moderadas (ancho menor a 5mm) en un patrón o red de grietas que pueden estar ligeramente descascaradas.

H (High: Alto): 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 tránsito.

Medida.

Se miden en metros cuadrados de área 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. Si estas porciones pueden ser diferenciadas con facilidad, deben

medirse y registrarse separadamente. De lo contrario, toda el área deberá ser calificada en el mayor nivel de severidad presente.

Opciones de reparación.

B: No se hace nada, sello superficial. Sobrecarpeta.

M: Parcheo parcial o en toda la profundidad (Full Depth). Sobrecarpeta. Reconstrucción.

A: Parcheo parcial o Full Depth. Sobrecarpeta. Reconstrucción.

FISURAS LONGITUDINALES Y TRANSVERSALES.

Descripción.

Las *fisuras longitudinales* son paralelas al eje del pavimento o a la dirección de construcción.

Fotografía 2
FISURA LONGITUDINAL.



Causas.

1. Una junta de carril del pavimento pobremente construida.
2. Contracción de la superficie de concreto asfáltico debido a bajas temperaturas o al endurecimiento del asfalto o al ciclo diario de temperatura.
3. Una grieta de reflexión causada por el agrietamiento bajo la capa de base, incluidas las grietas en losas de concreto de cemento Pórtland, pero no las juntas de pavimento de concreto.

Las *fisuras transversales* se extienden a través del pavimento en ángulos aproximadamente rectos al eje del mismo o a la dirección de construcción. Usualmente, este tipo de grietas no está asociado con carga.

Fotografía 3
FISURA TRANSVERSAL.



Causas.

Las posibles causas incluyen:

1. 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 importantes.
2. Reflexión de grietas en la capa subyacente, incluyendo pavimentos de concreto, con excepción de la reflexión de sus juntas.
3. Defectuosa ejecución de las juntas transversales de construcción de las capas asfálticas de superficie.

Niveles de Severidad.

L (Low: Bajo): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Fisura sin relleno de ancho menor que 10.0 mm.
2. Fisura rellena de cualquier ancho (con condición satisfactoria del material llenante).

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

1. Fisura sin relleno de ancho entre 10.0 mm y 76.0 mm.
2. Fisura sin relleno de cualquier ancho hasta 76.0 mm, rodeada grietas aleatorias pequeñas.
3. Fisura rellena de cualquier ancho, rodeada de grietas aleatorias pequeñas.

H (High: Alto) Existe una de las siguientes condiciones:

1. Cualquier fisura rellena o no, rodeada de fisuras aleatorias pequeñas de severidad media o alta.
2. Fisura sin relleno de más de 76.0 mm de ancho.
3. Una fisura de cualquier ancho en la cual unas pocas pulgadas del pavimento alrededor de la misma están severamente fracturadas.

Medición.

Las fisuras longitudinales se miden en metros lineales. La longitud y severidad de cada fisura debe registrarse después de su identificación. Si la fisura no tiene el mismo nivel de severidad en toda su extensión, cada porción evidenciando un diferente nivel de severidad, debe ser observada en la sección o muestra.

Opciones de reparación.

B: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

A: Sellado de grietas. Parcheo parcial.

BACHEO.

Descripción.

Un bacheo es un área donde el pavimento original ha sido removido y reemplazado, ya sea con material similar o diferente, para reparar el pavimento existente. También un bacheo por reparación de servicios públicos es un parche que se ha ejecutado para permitir la instalación o mantenimiento de algún tipo de servicio público subterráneo.

Los bacheos disminuyen el nivel de servicio de la carretera, al tiempo que puede constituir un indicador tanto de la intensidad de mantenimiento demandado por una carretera, como de la necesidad de reforzar la estructura de la misma. En general las áreas parchadas tienen un comportamiento inferior al pavimento original y en muchos casos son el origen de una mayor rugosidad del pavimento o de nuevas fallas en el mismo o en el área adyacente, particularmente cuando su ejecución es defectuosa.

*Fotografía 4
BACHEO.*



Fuente: Manual para la inspección visual de pavimentos flexibles, Ministerio de Transporte, Colombia.

Causas.

Si bien los bacheos por reparaciones de servicios públicos se deben a causas diferentes, los niveles de severidad se definen en forma idéntica.

Niveles de severidad.

L (Low: Bajo) El bacheo está en buena condición buena y es satisfactorio. La calidad del tránsito se califica como de baja severidad o mejor.

M (Medium: Medio) El bacheo está moderadamente deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de severidad media.

H (High: Alto) El bacheo está muy deteriorado o la calidad del tránsito se califica como de alta severidad. Requiere pronta sustitución.

Medida.

Los *bacheos* se miden en metros cuadrados de área afectada. Sin embargo, si un solo bacheo tiene áreas de diferente severidad, estas deben medirse y registrarse de forma separada. Por ejemplo, un bacheo de 2.32 m² puede tener 0.9 m² de severidad media y 1.35 m² de baja severidad. Estas áreas deben registrarse separadamente. Ningún otro daño (por ejemplo, desprendimiento y agrietamiento) se registra dentro de un bacheo; aún si el material del bacheo se está desprendiendo o agrietando, el área se califica únicamente como bacheo. Si una cantidad importante de pavimento ha sido

reemplazada, no se debe registrar como un bacheo sino como un nuevo pavimento (por ejemplo, la sustitución de una intersección completa).

Opciones de reparación.

B: No se hace nada.

M: No se hace nada. Sustitución del bacheo.

A: Sustitución del bacheo.

HUECOS.

Descripción.

Los *huecos* son depresiones pequeñas en la superficie del pavimento, usualmente con diámetros menores que 0.90 m y con forma de tazón. Por lo general presentan bordes aguzados y lados verticales en cercanías de la zona superior. El crecimiento de los huecos se acelera por la acumulación de agua dentro del mismo.

Fotografía 5
HUECOS.



Causas.

Los *huecos* se producen cuando el tráfico arranca pequeños pedazos de la superficie del pavimento. La desintegración del pavimento progresa debido a mezclas pobres en la superficie, puntos débiles de la base o la subrasante, o porque se ha alcanzado una condición de *piel de cocodrilo* de severidad alta. Con frecuencia los huecos son daños asociados a la condición de la estructura y no deben confundirse con *desprendimiento* o *meteorización*. Cuando los huecos son producidos por *piel de cocodrilo* de alta severidad deben registrarse como huecos, no como *meteorización*.

Niveles de severidad.

Los niveles de severidad para los huecos de diámetro menor que 762 mm están basados en la profundidad y el diámetro de los mismos, de acuerdo con el Cuadro Niveles de severidad para huecos. Si el diámetro del hueco es mayor que 762 mm, debe medirse el área en metros cuadrados y dividirla entre 0.47 m² para hallar el número de huecos equivalentes. Si la profundidad es menor o igual que 25.0 mm, los huecos se consideran como de severidad media. Si la profundidad es mayor que 25.0 mm la severidad se considera como alta.

Cuadro 2.3 Niveles de severidad para huecos.

Profundidad máxima del hueco.	Diámetro medio (mm)		
	102 a 203 mm	203 a 457 mm	457 a 762 mm
12.7 a 25.4 mm	L	L	M
> 25.4 a 50.8 mm	L	M	H
> 50.8 mm	M	M	H

Medida.

Los huecos se miden contando aquellos que sean de severidades baja, media y alta, y registrándolos separadamente.

Opciones de reparación.

B: No se hace nada. Parcheo parcial o profundo.

M: Parcheo parcial o profundo.

A: Parcheo profundo.

DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.***Descripción.***

Desintegración superficial de la carpeta asfáltica como consecuencia de la pérdida de ligante bituminoso y del desprendimiento del agregado pétreo, aumentando la textura del pavimento y exponiendo cada vez más los agregados a la acción del tránsito y clima.

Fotografía 6
DESPRENDIMIENTO DE AGREGADOS.



Causas.

Esta anomalía es indicativa que el ligante se ha endurecido apreciablemente, perdiendo sus propiedades ligante, o bien que la mezcla asfáltica existente es de deficiente calidad, ya sea por un contenido de ligante insuficiente, empleo de agregados sucios o muy absorbentes, como también por deficiencias durante la construcción, especialmente en tratamientos superficiales bituminosos; frecuentemente se presenta como un desprendimiento de agregados en forma de estrías longitudinales, paralelas a la dirección del riego. El desprendimiento puede ser originado también en un proceso de descubrimiento por pérdida de adherencia entre el agregado y el asfalto, cuando actúan agentes agresivos tales como solventes y otros derivados del petróleo, e inclusive, la acción del agua (pluvial).

Niveles de severidad.

L (Low: Bajo) Han comenzado a perderse los agregados o el ligante. En algunas áreas la superficie ha comenzado a deprimirse. En el caso de derramamiento de aceite, puede verse la mancha del mismo, pero la superficie es dura y no puede penetrarse con una moneda.

M (Medium: Medio) Se han perdido los agregados o el ligante. La textura superficial es moderadamente rugosa y ahuecada. En el caso de derramamiento de aceite, la superficie es suave y puede penetrarse con una moneda.

H (High: Alto) Se han perdido de forma considerable los agregados o el ligante. La textura superficial es muy rugosa y severamente ahuecada. Las áreas ahuecadas tienen diámetros menores que 10.0 mm y profundidades menores que 13.0 mm; áreas ahuecadas mayores se consideran *huecos*. En el caso de derramamiento de aceite, el ligante asfáltico ha perdido su efecto ligante y el agregado está suelto.

Medición.

Las peladuras se miden en metros cuadrados de superficie afectada, registrando éstas separadamente según el nivel de severidad identificado para cada caso.

Opciones de reparación.

B: No se hace nada. Sello superficial. Tratamiento superficial.

M: Sello superficial. Tratamiento superficial. Sobrecarpeta.

A: Tratamiento superficial. Sobrecarpeta. Reciclaje. Reconstrucción.

Para los niveles M y H, si el daño es localizado, por ejemplo, por derramamiento de aceite, se hace parcheo parcial.

2.5.2 PAVIMENTOS RÍGIDOS.

*BACHE (HUECO).*⁵

Descripción.

Descomposición o desintegración la losa de concreto y su remoción en una cierta área, formando una cavidad de bordes irregulares.

*Fotografía 7
BACHE.*



Causas.

Los baches se producen por conjunción de varias causas: fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente 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 o sobre áreas en las

⁵ Los Baches o huecos no están contemplados en la Metodología PCI, el concepto ha sido tomado del Manual de la SIECA.

que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

Niveles de severidad.

Se definen tres niveles de severidad (Bajo, Mediano, Alto) en función del área afectada y de la profundidad del bache, asociada ya sea a hundimientos como a la pérdida de material, de acuerdo al siguiente cuadro:

Cuadro 2.4 Niveles de Severidad para Baches, Manual PCI

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

Medición.

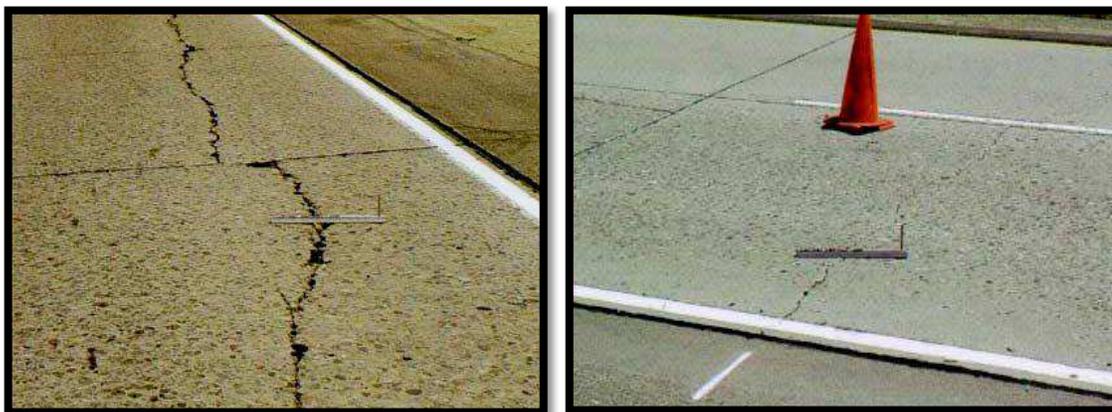
Los baches descubiertos pueden medirse alternativamente: a) Contando el número de baches por cada nivel de severidad y registrando estos separadamente, y b) Computando éstos en metros cuadrados de superficie afectada, registrando separadamente las áreas, según su nivel de severidad.

FISURAS LINEALES (LONGITUDINALES, TRANSVERSALES Y DIAGONALES).

Descripción.

Estas fisuras, que dividen la losa en dos o tres pedazos, son causadas usualmente por una combinación de la repetición de las cargas de tránsito y el alabeo por gradiente térmico o de humedad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se contabilizan como *losas divididas*. Comúnmente, las *fisuras* de baja severidad están relacionadas con el alabeo o la fricción y no se consideran daños estructurales importantes. Las *fisuras capilares*, de pocos pies de longitud y que no se propagan en toda la extensión de la losa, se contabilizan como *fisuras de retracción*.

*Fotografía 8 y 9
FISURAS LINEALES.*



*Fisura Longitudinal (izq); Fisura transversal (der)
Fuente: Manual SIECA*

Causas.

Son causadas por la repetición de cargas pesadas, pérdida de soporte de la fundación, gradientes de tensiones originados por cambios de temperatura y humedad, o por las deficiencias en la ejecución de éstas y/o sus juntas longitudinales.

Niveles de severidad.

Losas sin refuerzo.

L (Low: Bajo) Grietas no selladas (incluye llenante inadecuado) con ancho menor que 12.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

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

1. Grieta no sellada con ancho entre 12.0 mm y 51.0 mm.
2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 51.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala menor que 10.0 mm.

H (High: Alto) Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada con ancho mayor que 51.0 mm.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho con escala mayor que 10.0 mm.

Losas con refuerzo.

L (Low: Bajo) Grietas no selladas con ancho entre 3.0 mm y 25.0 mm, o grietas selladas de cualquier ancho con llenante en condición satisfactoria. No existe escala.

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

1. Grieta no sellada con un ancho entre 25.0 mm y 76.0 mm y sin escala.

2. Grieta no sellada de cualquier ancho hasta 76.0 mm con escala menor que 10.0 mm.
3. Grieta sellada de cualquier ancho con escala hasta de 10.0 mm.

H (High: Alto): Existe una de las siguientes condiciones:

1. Grieta no sellada de más de 76.0 mm de ancho.
2. Grieta sellada o no de cualquier ancho y con escala mayor que 10.0 mm.

Medida.

Una vez se ha establecido la severidad, el daño se registra como una losa. Si dos grietas de severidad media se presentan en una losa, se cuenta dicha losa como una poseedora de grieta de alta severidad. Las losas divididas en cuatro o más pedazos se cuentan como *losas divididas*. Las losas de longitud mayor que 9.10 m se dividen en “losas” de aproximadamente igual longitud y que tienen juntas imaginarias, las cuales se asumen están en perfecta condición.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sellado de grietas más anchas que 3.0 mm.

M: Sellado de grietas.

H: Sellado de grietas. Parcheo profundo. Reemplazo de la losa.

LOSA SUBDIVIDIDA.

Descripción.

La losa es *dividida* por grietas en cuatro o más pedazos debido a sobrecarga o a soporte inadecuado. Si todos los pedazos o grietas están contenidos en una *grieta de esquina*, el daño se clasifica como una *grieta de esquina severa*.

Fotografía 10
LOSA SUBDIVIDIDA.



Fuente: Manual PCI.

Causas.

Son originadas por la fatiga del concreto, provocadas por la repetición de elevadas cargas de tránsito y/o deficiente soporte de la fundación, que se traducen en una capacidad de soporte deficiente de la losa. Cuando no se toman medidas preventivas o correctivas oportunas, las "Losas Subdivididas" se degeneran en "Fisuras en Bloque".

Niveles de severidad.

En el cuadro siguiente se anotan los niveles de severidad para losas divididas.

Cuadro 2.5 Niveles de severidad para grietas

Severidad de la mayoría de las grietas	Número de pedazos en la losa agrietada		
	4 a 5	6 a 8	8 ó más
L	L	L	M
M	M	M	H
H	M	M	H

Medida.

Si la *losa dividida* es de severidad media o alta, no se contabiliza otro tipo de daño.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Sellado de grietas de ancho mayor de 3mm.

M: Reemplazo de la losa.

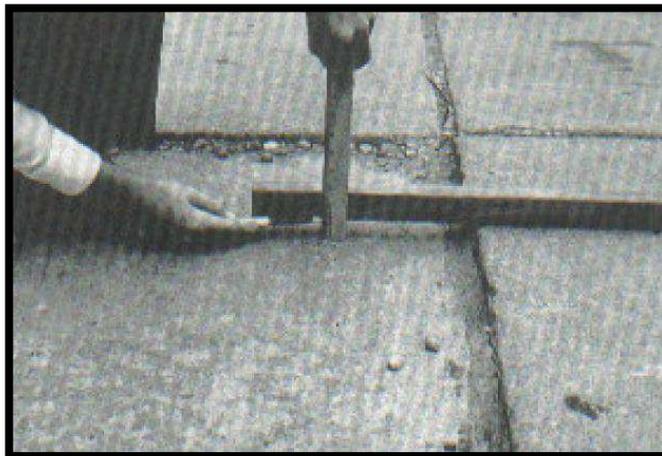
H: Reemplazo de la losa.

ESCALA (DISLOCAMIENTO).***Descripción.***

Escala es la diferencia de nivel a través de la junta. Algunas causas comunes que la originan son:

1. Asentamiento debido una fundación blanda.
2. Bombeo o erosión del material debajo de la losa.
3. Alabeo de los bordes de la losa debido a cambios de temperatura o humedad.

Fotografía 11
ESCALA (DISLOCAMIENTO).



Fuente: Manual PCI

Causas.

Es el resultado en parte del ascenso a través de la junta o grieta del material suelto proveniente de la capa inferior de la losa (en sentido de la circulación del tránsito) como también por depresión del extremo de la losa posterior, al disminuir el soporte de la fundación. Son manifestaciones del fenómeno de bombeo, cambios de volumen que sufren los suelos bajo la losa de concreto y de una deficiente transferencia de carga entre juntas.

Niveles de Severidad.

Se definen por la diferencia de niveles a través de la grieta o junta como se indica en el siguiente cuadro.

Cuadro 2.6 Niveles de Seguridad para Dislocamiento, Fuente Manual PCI

Nivel de severidad	Diferencia en elevación
L	3 a 10 mm
M	10 a 19 mm
H	Mayor que 19 mm

Medida.

La *escala* a través de una junta se cuenta como una losa. Se cuentan únicamente las losas afectadas. Las *escalas* a través de una grieta no se cuentan como daño pero se consideran para definir la severidad de las grietas.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada. Fresado.

M: Fresado.

H: Fresado.

DAÑO DEL SELLO DE LA JUNTA.***Descripción.***

Es cualquier condición que permite que suelo o roca se acumule en las juntas, o que permite la infiltración de agua en forma importante. La acumulación de material incompresible impide que la losa se expanda y puede resultar en fragmentación, levantamiento o descascaramiento de los bordes de la junta. Un material llenante adecuado impide que lo anterior ocurra. Los tipos típicos del daño de junta son:

1. Desprendimiento del sellante de la junta.
2. Extrusión del sellante.
3. Crecimiento de vegetación.
4. Endurecimiento del material llenante (oxidación).
5. Pérdida de adherencia a los bordes de la losa.
6. Falta o ausencia del sellante en la junta.

Fotografía 12
DAÑO DEL SELLO DE JUNTA.



Fuente: Manual PCI.

Causas.

Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

1. Endurecimiento por oxidación del material de sello.
2. Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
3. Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
4. Escasez o ausencia del material de sello.
5. Material de sello inadecuado.

Niveles de Severidad.

L: El *sellante* está en una condición buena en forma general en toda la sección. Se comporta bien, con solo daño menor.

M: Está en condición regular en toda la sección, con uno o más de los tipos de daño que ocurre en un grado moderado. El sellante requiere reemplazo en dos años.

H: Está en condición generalmente buena en toda la sección, con uno o más de los daños mencionados arriba, los cuales ocurren en un grado severo. El sellante requiere reemplazo inmediato.

Medida.

No se registra losa por losa sino que se evalúa con base en la condición total del *sellante* en toda el área.

Opciones de reparación.

L: No se hace nada.

M: Resellado de juntas.

H: Resellado de juntas.

2.6 LA IMPORTANCIA DE LA EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS.

Es de vital importancia tomar en cuenta que existen dos grupos de características que debe de satisfacer un pavimento, dependiendo del punto de vista desde el cual se aprecie, ya que para los usuarios lo importante en la funcionalidad es que sea confortable, de buen acceso y seguro; mientras que para los propietarios es de mucha importancia la durabilidad, el bajo costo, que sean de fácil construcción y buen manejo.

Dado que un gran porcentaje de los accidentes automovilísticos que tienen lugar todos los días en las grandes ciudades están relacionados con el deterioro de las calles, resulta de gran importancia prolongar la vida de los pavimentos. Esto se logra estudiando potenciales cambios en sus diseños, de manera que el desgaste producido por los vehículos afecte tan sólo la capa superficial y no genere daños de tipo estructural. Es evidente que los beneficios de dichos avances repercutirían tanto en la seguridad vial como en la economía.

Las condiciones necesarias para un adecuado funcionamiento son:

- El ancho.
- El trazo horizontal y vertical.
- La resistencia adecuada a las cargas para evitar las fallas y los agrietamientos.
- Además de una adherencia adecuada entre el vehículo y el pavimento aún en condiciones húmedas.

Por otro lado, en países con un alto grado de industrialización, cada año crece el número de vehículos pesados que recorren sus rutas sin piedad, lo que acelera exponencialmente el desgaste de las carreteras. Si no se busca una alternativa a la estructura actual, las interrupciones de tráfico para realizar tareas de mantenimiento y reconstrucción serán cada vez más frecuentes, lo que acarreará problemas tales como embotellamientos, contaminación acústica, mayor nivel de estrés y violencia.

Se pueden buscar soluciones coyunturales a dichas cuestiones, como revolucionar la composición del pavimento para conseguir una resistencia mucho mayor sin aumentar el espesor, o multiplicar la cantidad de autopistas para pintar cuadros propios de las películas de ciencia ficción, pero eso sólo constituye una serie de parches que disimulan por un tiempo un problema mucho mayor, presente en la raíz de las sociedades que buscan acelerar sus vidas hasta perder el control.

CAPITULO III

EVALUACIÓN DE PAVIMENTOS

3.1 CURVAS DE CICLO DE VIDA.

La elaboración de Ciclos de Vida para un pavimento es un proceso sistemático para mantener, mejorar y operar una red vial, con el firme propósito de mantener un buen estado en las vías y llevar un control adecuado de los montos de inversión, así como también los tiempos en los cuales es requerido el mantenimiento oportuno de estas.

Este proceso comprende tres componentes principales:

- Ciclo de Vida de los Pavimentos.
- Costos durante el Ciclo de Vida de los Pavimentos.
- Sistemas de Administración de Pavimentos.

Básicamente los Ciclos de Vida consideran la manera cómo fueron construidos los pavimentos, la manera cómo cambia su condición durante el tiempo y la manera como este proceso de cambio se ve afectado por las diferentes formas de mantenimiento, rehabilitación y reconstrucción.

Todos los pavimentos se deterioran durante el transcurso del tiempo, esto quiere decir que al comienzo se presentan pocos daños y el pavimento presenta una condición aceptable, con el paso del tiempo y a causa de la acción del tránsito cada vez mayor, se presentan mayores deterioros y cada uno de estos contribuye en la generación de otros.

Es por eso que el mantenimiento reduce el ritmo con el que un pavimento se deteriora, ya que se van corrigiendo pequeños defectos antes que estos empeoren y conduzcan a deterioros mayores. Llega un momento en que un mantenimiento de rutina ya no es

suficiente y se requieren obras de rehabilitación que conducen a un mejoramiento en la condición del pavimento.

3.2 ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).

3.2.1 INTRODUCCIÓN.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI, por su sigla en inglés) es la metodología más completa para la evaluación y calificación objetiva de pavimentos, flexibles y rígidos, dentro de los modelos de Gestión Vial disponibles en la actualidad. Ha sido ampliamente aceptado y formalmente adoptado, como procedimiento estandarizado, por agencias como por ejemplo: el Departamento de Defensa de los Estados Unidos, el APWA (*American Public Work Association*) y ha sido publicado por la ASTM como método de análisis y aplicación (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos ASTM D6433-03).

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), fue desarrollado entre los años 1974 a 1976 por el Cuerpo de Ingeniería de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos y ejecutado por los Ingenieros Srs. Mohamed Y. Shahin, Michael L. Darter y Starr D. Kohn, con el objeto de obtener un sistema de administración del mantenimiento de pavimentos rígidos y flexibles a través del PCI.

El cálculo del PCI se fundamenta en los resultados de un inventario visual del estado del pavimento en el cual se establecen clase, severidad y cantidad de cada falla presente. Dada la gran cantidad de combinaciones posibles, el método introduce un factor de ponderación, llamado “valor deducido”, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación de deterioro, nivel de severidad y densidad (cantidad).

Es un índice numérico que varía desde cero (0), para un pavimento fallado o en mal estado, hasta cien (100) para un pavimento en perfecto estado. El PCI se desarrolló para obtener un índice de la integridad estructural del pavimento y de la condición operacional de la superficie. La información de los daños obtenida como parte del inventario ofrece una percepción clara de las causas de los daños y su relación con las cargas o con el clima. En el Cuadro 3.1 se presentan los rangos de PCI con la correspondiente descripción cualitativa de la condición del pavimento.

Cuadro 3.1
Rangos de Calificación del PCI.

Rango	Clasificación
100-85	Excelente
85-70	Muy Bueno
70-55	Bueno
55-40	Regular
40-25	Malo
25-10	Muy Malo
10-0	Fallado

Fuente: Manual PCI

3.2.2 OBJETIVOS.

Los objetivos que se esperan con la aplicación del Método PCI son los siguientes:

- ✓ Determinar el estado en que se encuentra el pavimento en términos de su integridad estructural y del nivel de servicio que ofrece al usuario.
- ✓ Cuando se habla de integridad estructural, se hace referencia a la capacidad que tiene el paquete estructural de soportar solicitaciones externas, como cargas de tránsito o condiciones ambientales. En cambio, el nivel de servicio es la capacidad del pavimento para brindar un uso confortable y seguro al conductor.
- ✓ Obtener un indicador que permita comparar, con un criterio uniforme, la condición y comportamiento del pavimento y de esta manera justificar la programación de obras de mantenimiento y rehabilitación, seleccionando la técnica de reparación más adecuada al estado del pavimento en estudio.

3.2.3 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DEL PAVIMENTO.

La primera etapa corresponde al trabajo de campo en el cual se identifican los daños teniendo en cuenta la clase, severidad y extensión de los mismos. Esta información se registra en formatos adecuados para tal fin. Los cuadros 3.2 y 3.3 ilustran los formatos para la inspección de pavimentos asfálticos y de concreto, respectivamente.

3.2.4 UNIDADES DE MUESTREO.

Se divide la vía en secciones o “unidades de muestreo”, cuyas dimensiones varían de acuerdo con los tipos de vía y de capa de rodadura:

- a. Carreteras con capa de rodadura asfáltica y ancho menor que 7.30 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **230.0 ± 93.0 m²**. En el Cuadro 3.4 se presentan algunas relaciones longitud – ancho de calzada pavimentada.

Cuadro 3.4

Longitudes de unidades de muestreo asfálticas.

Ancho de Calzada(m)	Longitud de la unidad de muestreo (m)
5.0	46.0
5.5	41.8
6.0	38.3
6.5	35.4
7.3 (máximo)	31.5

Fuente: Manual PCI.

- b. Carreteras con capa de rodadura en losas de concreto de cemento Pórtland y losas con longitud inferior a 7.60 m: El área de la unidad de muestreo debe estar en el rango **20 ± 8 losas**. Se recomienda tomar el valor medio de los rangos y en ningún caso definir unidades por fuera de aquellos. Para cada pavimento inspeccionado se sugiere la elaboración de esquemas que muestren el tamaño y la localización de las unidades ya que servirá para referencia futura.

3.2.5 DETERMINACIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA EVALUACIÓN.

En la “**Evaluación De Una Red**” vial puede tenerse un número muy grande de unidades de muestreo cuya inspección demandará tiempo y recursos considerables; por lo tanto, es necesario aplicar un proceso de muestreo.

En la “**Evaluación de un Proyecto**” se deben inspeccionar todas las unidades; sin embargo, de no ser posible, el número mínimo de unidades de muestreo que deben evaluarse se obtiene mediante la Ecuación 3.1, la cual produce un estimado del PCI ± 5 del promedio verdadero con una confiabilidad del 95%.

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

Ecuación 3.1

Donde:

n: Número mínimo de unidades de muestreo a evaluar.

N: Número total de unidades de muestreo en la sección del pavimento.

e: Error admisible en el estimativo del PCI de la sección (e = 5%)

s: Desviación estándar del PCI entre las unidades.

Durante la inspección inicial se asume una desviación estándar (s) del PCI de 10 para pavimento asfáltico (rango PCI de 25) y de 15 para pavimento de concreto (rango PCI de 35). En inspecciones subsecuentes se usará la desviación estándar real (o el rango

PCI) de la inspección previa en la determinación del número mínimo de unidades que deben evaluarse. Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), *todas las unidades deberán evaluarse*.

3.2.6 SELECCIÓN DE LAS UNIDADES DE MUESTREO PARA INSPECCIÓN.

Se recomienda que las unidades elegidas estén igualmente espaciadas a lo largo de la sección de pavimento y que la primera de ellas se elija al azar (aleatoriedad sistemática) de la siguiente manera:

- a. El intervalo de muestreo (i) se expresa mediante la Ecuación 3.2:

$$i = \frac{N}{n}$$

Ecuación 3.2

Donde:

N: Número total de unidades de muestreo disponible.

n: Número mínimo de unidades para evaluar.

i: Intervalo de muestreo, se redondea al número entero inferior (por ejemplo, 3.7 se redondea a 3)

- b. El inicio al azar se selecciona entre la unidad de muestreo 1 y el intervalo de muestreo i .

Así, si $i = 3$, la unidad inicial de muestreo a inspeccionar puede estar entre 1 y 3. Las unidades de muestreo para evaluación se identifican como (S), (S + 1), (S + 2), etc.

Siguiendo con el ejemplo, si la unidad inicial de muestreo para inspección seleccionada es 2 y el intervalo de muestreo (i) es igual a 3, las subsiguientes unidades de muestreo a inspeccionar serían 5, 8, 11, 14, etc.

Sin embargo, si se requieren cantidades de daño exactas para pliegos de licitación (rehabilitación), todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

3.2.7 SELECCIÓN DE UNIDADES DE MUESTREO ADICIONALES.

Uno de los mayores inconvenientes del método aleatorio es la exclusión del proceso de inspección y evaluación de algunas unidades de muestreo en muy mal estado. También puede suceder que unidades de muestreo que tienen daños que sólo se presentan una vez (por ejemplo, “*cruce de línea férrea*”) queden incluidas de forma inapropiada en un muestreo aleatorio.

Para evitar lo anterior, la inspección deberá establecer cualquier unidad de muestreo inusual e inspeccionarla como una “*unidad adicional*” en lugar de una “*unidad representativa*” o aleatoria. Cuando se incluyen unidades de muestreo adicionales, el cálculo del PCI es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

3.2.8 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN.

El procedimiento varía de acuerdo con el tipo de superficie del pavimento que se inspecciona. Debe seguirse estrictamente la definición de los daños de este manual para obtener un valor del PCI confiable.

La evaluación de la condición incluye los siguientes aspectos:

a. Equipo.

- ✓ Odómetro manual para medir las longitudes y las áreas de los daños.
- ✓ Regla y una cinta métrica para establecer las profundidades de los ahuellamientos o depresiones.
- ✓ Manual de Daños del PCI con los formatos correspondientes y en cantidad suficiente para el desarrollo de la actividad.

b. Procedimiento.

Se inspecciona una unidad de muestreo para medir el tipo, cantidad y severidad de los daños de acuerdo con el Manual de Daños, y se registra la información en el formato correspondiente. Se deben conocer y seguir estrictamente las definiciones y procedimientos de medida los daños. Se usa un formulario u “*hoja de información de exploración de la condición*” para cada unidad muestreo y en los formatos cada renglón se usa para registrar un daño, su extensión y su nivel de severidad.

- c. El equipo de inspección deberá implementar todas las medidas de seguridad para su desplazamiento en la vía inspeccionada, tales como dispositivos de señalización y advertencia para el vehículo acompañante y para el personal en la vía.

3.3 CÁLCULO DEL PCI DE LAS UNIDADES DE MUESTREO.

Al completar la inspección de campo, la información sobre los daños se utiliza para calcular el PCI. El cálculo puede ser manual o computarizado y se basa en los “*Valores Deducidos*” de cada daño de acuerdo con la cantidad y severidad reportadas. En el caso que el procedimiento sea manual deben tenerse claras cada una de las etapas a seguir para Pavimentos Flexibles como para Pavimentos Rígidos.

En esta investigación el cálculo del PCI se llevará a cabo de forma computarizada utilizando el software UnalPCI⁶, utilizando la versión UnalPCIA para aquellas secciones de pavimentos con carpeta asfáltica y el UnalPCIC para los construidos de concreto hidráulico.

El programa utiliza hojas de cálculo de valores separados por comas para realizar el análisis de cada unidad evaluada en una vía, cada fila consta de datos como:

- Codificación de la Vía
- Fecha de ejecución del levantamiento de Daños
- Estacionamiento Inicial y Final de la unidad en estudio
- Área de la unidad en estudio

⁶ Luis Ricardo Vásquez Varela, Ingeniero Civil. Especialista en Vías y Transporte.

- Y cada uno de los daños evaluados por el Método PCI; por ejemplo para pavimentos flexibles se cuenta con diecinueve tipos de daños, dividiéndolos en sus respectivos niveles de severidad.

Nota: para los daños que cuentan con un solo nivel de severidad, el valor puede colocarse indistintamente en el nivel bajo, medio o alto; estos niveles se han incluido por razones de procesamiento de la matriz que utiliza el programa.

A continuación se presenta una captura de Microsoft Excel®, donde se resume la información detallada anteriormente.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	COD	DATE	ABS I	ABS F	UNIT	AREA	FL1	FM1	FH1	FL2
2	1	12/06/2013	30	60	1	225	0.00	6.12	13.50	0.00
3	1	12/06/2013	120	150	2	225	55.40	0.00	3.60	0.00
4	1	12/06/2013	210	240	3	225	0.00	0.00	0.00	0.00
5	1	12/06/2013	30	60	4	225	7.88	11.44	0.00	0.00
6	1	12/06/2013	120	150	5	225	5.45	5.25	0.00	0.00
7	1	12/06/2013	210	240	6	225	22.48	0.00	0.00	0.00
8										
9										

Figura 3.1 Datos de entrada para el programa UnalPCIA

En la imagen se observa los datos de referencia, como el código, la fecha del levantamiento y el número de la unidad, y aquellos valores con los que el programa realiza el análisis, los estacionamientos, el área y los daños, los cuales están enumerados con su respectivo nivel de severidad (L=bajo, M=medio, H=alto).

Una vez ejecutado el programa este muestra el Índice de Condición de Pavimento para cada unidad de estudio, y detalla para cada una de ellas un resumen de los daños que posee, así como la cantidad, la densidad con respecto al área en estudio y el valor

deducido; especificando al final el valor del índice, tal como se muestra en la siguiente figura.

Abscisa inicial	:	K0+030.00		
Abscisa final	:	K0+060.00		
Unidad	:	001		
Área unidad -m ²	:	225.00		
=====				
Daño (severidad)	-	unidad	Cantidad	Densidad(%) valor deducido
=====				
01.Piel de cocodrilo (M)	-	m ² :	006.12	002.72 0031.5
01.Piel de cocodrilo (H)	-	m ² :	013.50	006.00 0054.6
03.Agriet. en bloque (L)	-	m ² :	013.00	005.78 0005.6
05.Corrugación (L)	-	m ² :	002.40	001.07 0002.7
06.Depresión (M)	-	m ² :	002.40	001.07 0007.9
06.Depresión (H)	-	m ² :	002.80	001.24 0016.8
11.Parcheo-acometida (L)	-	m ² :	020.40	009.07 0015.8
11.Parcheo-acometida (H)	-	m ² :	012.75	005.67 0040.3
Número de deducidos: 8				
=====				
Daño	valor deducido			
=====				
01.Piel de cocodrilo (H)	054.6			
11.Parcheo-acometida (H)	040.3			
01.Piel de cocodrilo (M)	031.5			
06.Depresión (H)	016.8			
11.Parcheo-acometida (L)	015.8			
06.Depresión (M)	007.9			
03.Agriet. en bloque (L)	005.6			
05.Corrugación (L)	002.7			
Valor deducido más alto	: 054.6			
Número admisible de deducidos (asfalto - carreteras):	05.17			
=====				
PCI Sección	: <u>019 Muy malo</u>			

Figura 3.2 Resultados obtenidos con el programa UnalPCIa por unidad de muestreo

3.4 ÍNDICE DE RUGOSIDAD INTERNACIONAL – IRI.

3.4.1. DEFINICIÓN DE IRI⁷.

El Índice de Rugosidad Internacional, más conocido por sus siglas IRI, es una medida de la rugosidad que presenta la superficie de una carretera o camino a lo largo de su perfil longitudinal. Para el caso de carreteras, lo que se persigue es representar la calidad de viaje de un vehículo al circular, por lo que la medición de los perfiles se lleva a cabo en la zona del zurco o marca que dejan a su paso las huellas de los vehículos; siendo de vital importancia, ya que los resultados obtenidos al realizar este tipo de mediciones están íntimamente relacionados con:

- a) Desempeño del pavimento.
- b) Comodidad del usuario al circular por la superficie.
- c) Seguridad al manejar.
- d) Costos de operación de los vehículos.
- e) Otros.

El concepto de IRI fue desarrollado por el Banco Mundial en la década de 1980, y consiste en la representación de un modelo matemático, que simula el movimiento de la suspensión acumulada por un vehículo (modelo de cuarto de carro) al circular por una determinada longitud de perfil de la carretera, a una velocidad estándar de 80 km/h. Este

⁷ Rendón, J; Carrillo, C (2009) Aspectos que inciden en la regularidad de una capa de rodadura, construida a base de Mezcla Asfáltica en Caliente. UIDV - MOP

valor es medido en unidades de m/km, mm/m o in/mi, dependiendo del sistema en el que se trabaje; se considera que en una carretera con valores de IRI mayores a 8 m/km es difícil de transitar, excepto a velocidades bajas.

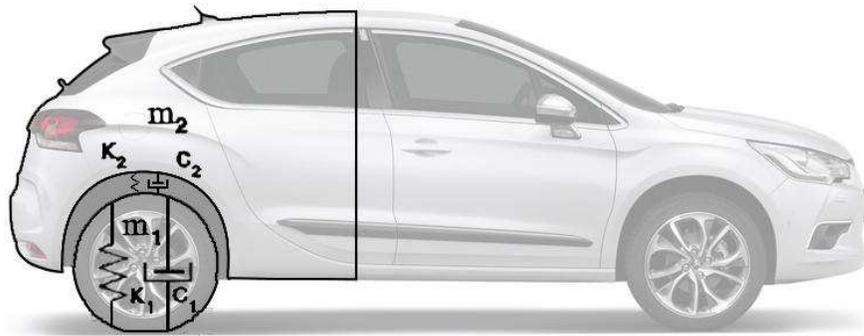


Figura 3.3. Modelo de cuarto de carro, Banco Mundial.

L = Longitud de cálculo del IRI.

v = Velocidad de circulación del vehículo.

m_1 = Masa inferior.

m_2 = Masa superior o suspendida.

K_1 = constante de rigidez de la suspensión primaria (entre el pavimento y la masa inferior), es decir del neumático.

K_2 = constante de rigidez de la suspensión secundaria (entre la masa inferior y la masa superior) es decir la suspensión del vehículo.

C_1 = constante de amortiguación de la suspensión primaria.

C_2 = constante de amortiguación de la suspensión secundaria

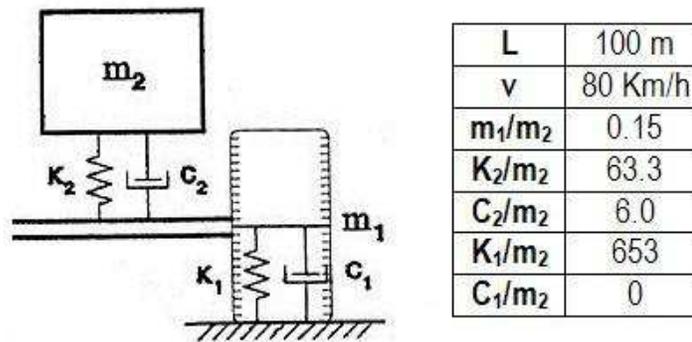


Figura.3.4. Esquema de funcionamiento del modelo y tabla de constantes para su aplicación, Banco Mundial.

El IRI puede ser medido a través del empleo de diversos equipos, los cuales pueden ser del tipo estático o dinámico. Los equipos de tipo estático se consideran de bajo rendimiento, sin embargo se caracterizan por tener muy buena precisión; mientras que los equipos del tipo dinámico son de alto rendimiento (usualmente son instalados en vehículos o remolques, alcanzando rendimientos diarios de hasta 300 km). La precisión de ambos equipos depende de una debida calibración, así como del cumplimiento de determinadas características para el muestreo de datos a lo largo del perfil (muestreo longitudinal), y de la resolución de mediciones verticales.

Para el caso de carreteras, la designación AASHTO PP 37M-99 (2005), “Standard Practice for Quantifying Roughness of Pavements” (“Práctica Estándar para la Cuantificación de la Rugosidad de Pavimentos”), establece el método para estimar la

rugosidad de una capa de rodadura, a partir del cálculo de perfiles longitudinales, los cuales deben ser medidos en la zona de roderas (a una separación entre éstas de 1.6m a 1.8m), ubicados en el carril en que se desarrolla la medición.

Es importante mencionar que la escala con que se cuantifican los valores de IRI comienza desde cero, para una superficie perfecta y cubre números positivos que crecen en forma proporcional a la rugosidad del perfil. En la siguiente figura se muestran los valores típicos de IRI para rutas con pavimentos bituminosos.

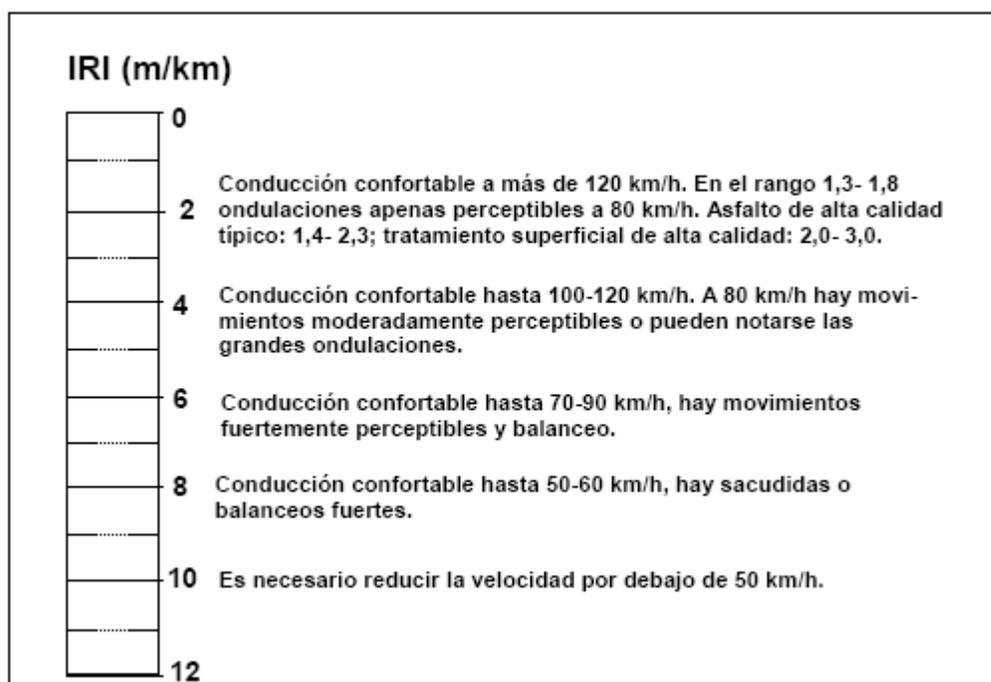


Figura.3.5. Escala estimativa de IRI para capas de rodadura a base de mezcla asfáltica.

Usualmente, la rugosidad de una vía incrementará a medida transcurre su vida útil, viéndose afectada en mayor medida cuando la rugosidad alcanzada inmediatamente después de su construcción es considerable (alta rugosidad inicial); de ahí la necesidad de implementar procesos constructivos adecuados, con el objeto de obtener superficies con una buena rugosidad inicial. A modo de ejemplo, algunos de los factores que generan un incremento de la rugosidad superficial a lo largo de la vida útil de un pavimento son los siguientes:

- Daños localizados en el pavimento, tales como depresiones, hoyos y grietas.
- Corrugaciones superficiales ocasionadas por el tráfico.
- Factores medio ambientales combinados con las propiedades que presentan las capas de la estructura de pavimento, tales como: drenaje pobre, presencia de suelos expansivos sin un adecuado control de los cambios en la humedad de los mismos, mala densificación de la subrasante, otros.

3.4.2. IMPORTANCIA DEL IRI.

Tomando en cuenta que la rugosidad de la capa de rodadura se relaciona con el desempeño de un pavimento, y además, es un parámetro que los conductores perciben fácilmente, su importancia ha incrementado a todo nivel, tanto para los organismos encargados la administración de carreteras, como para los usuarios de las mismas.

Para los organismos encargados de la administración de carreteras, es conveniente la construcción de vías que presenten una rugosidad adecuada, en vista que la inversión

relacionada con el mantenimiento de éstas a lo largo de su vida útil, tenderá a disminuir, obteniendo por lo tanto un beneficio económico.

De acuerdo con el Departamento de Transporte de Washington (WSDOT), los conductores que circulan por carreteras que presentan una rugosidad aceptable, obtienen una gama de beneficios, ya que la rugosidad de un pavimento es una característica importante porque no solo afecta la calidad de viaje, sino que también los costos por retrasos, consumo de combustible y costo de mantenimiento de los vehículos.

3.4.3. EL IRI Y EL DESEMPEÑO DE UN PAVIMENTO.

Como se ha mencionado anteriormente, la rugosidad de la capa de rodadura se relaciona con el desempeño de una estructura de pavimento a lo largo de su vida útil, ya que a medida la rugosidad aumenta, las cargas dinámicas originadas por el tráfico también se incrementan, generando impactos que son transmitidos a la estructura del pavimento, acelerando el deterioro de la misma.

Actualmente, este índice forma parte de los parámetros recopilados en las bases de datos de las agencias que administran redes de carreteras, con la finalidad de contribuir en la planificación del mantenimiento de las carreteras de manera oportuna. Por lo anterior, la rugosidad de un pavimento es frecuentemente utilizada como índice de calidad, ya que se ve influenciada por diversos daños que afectan a una carretera.

3.4.4 FACTORES QUE INCIDEN EN LA RUGOSIDAD SUPERFICIAL DE LOS PAVIMENTOS.

La rugosidad de la capa superficial de un pavimento se ve influenciada por diversos factores, los cuales deben tenerse en cuenta desde la etapa de planificación de un proyecto, ya que dependiendo del adecuado manejo de éstos, así se obtendrá un producto final satisfactorio.

Algunos de los factores más incidentes en la rugosidad de la capa superficial, a base de mezcla asfáltica en caliente, son los siguientes:

- Características de los materiales del terreno de fundación de la estructura del pavimento (subrasante).
- Rugosidad superficial y condición de soporte de las capas subyacente.
- Procesos utilizados en la construcción de la capa de mezcla asfáltica en caliente.

CAPÍTULO IV

**INVENTARIO VIAL
E ÍNDICE DE CONDICIÓN DE
PAVIMENTOS**

4.1 INVENTARIO VIAL

Para la elaboración de las Curvas de Ciclo de Vida de las carreteras CA01, CA02 y CA03, se solicitó al Ministerio de Obras Públicas (MOP), mediante la Unidad de Planificación Vial (UPV), el levantamiento de daños que dio origen al Overall Pavement Index (OPI) de las tres vías en estudio.

De acuerdo a lo solicitado se recibió la siguiente información⁸:

Ubicación del tramo en estudio:

Tramo De	Tramo A	Tramo	Distrito	Depto.	Núm.	Dirección	KmI	KmF	Intersección
CA04S	LD Sonsonate	CA04S - LD Sonsonate	5	CA	02	W	33.39	33.64	33.39
CA04S	LD Sonsonate	CA04S - LD Sonsonate	5	CA	02	W	33.64	33.89	33.39
CA04S	LD Sonsonate	CA04S - LD Sonsonate	5	CA	02	W	33.89	34.14	33.39
CA04S	LD Sonsonate	CA04S - LD Sonsonate	5	CA	02	W	34.14	34.39	33.39

Porcentaje de daños existentes en la capa de rodadura:

Huecos	Bacheo	Fisuras	Desprendimiento Agregado	Piel de Cocodrilo (nivel bajo)	Piel de Cocodrilo (nivel medio)	Piel de Cocodrilo (nivel alto)
3	3	5	0	8	0	0
0	0	5	0	2	0	0
5	3	5	0	5	0	0
3	2	5	0	3	0	0

Características del tramo en estudio:

Lane Núm.*	Tipo Superficie	Clasificación
3	2	2
3	2	2
3	2	2
3	2	2

*Ver el apartado de Geometría del Anexo "C", Manuales de Inventario Físico de Vías Pavimentadas.

⁸ Ver Manual de Inventario Físico de Vías Pavimentadas – Anexo "C"

Se proporcionó el levantamiento de daños correspondientes a los años 2003, 2008 y 2012. Con ello se elaboraron las siguientes tablas que muestran un resumen de los daños existentes en las vías en estudio para los diferentes años.

Tabla 4.1

Resumen de Daños Carretera Panamericana.

Carretera Panamericana, Ruta CA-01							
Desde: Frontera San Cristóbal – Hasta: Frontera El Amatillo							
Año	Piel de Cocodrilo (bajo) (%)	Piel de Cocodrilo (medio)(%)	Piel de Cocodrilo (alto) (%)	Huecos (%)	Bacheo (%)	Fisuras (%)	Desprendimiento de Agregados (%)
2003	21.81	3.4	0.79	0.4	8.93	8.72	1.68
2008	1.65	1	0	0.04	1.62	2.39	1.70
2012	7.29	2.4	4.02	1.16	6.79	4.91	6.32

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV-MOP).

Tabla 4.2

Resumen de Daños Carretera Litoral.

Carretera Litoral, Ruta CA-02							
Desde: Frontera Guatemala – Hasta: By Pass La Unión							
Año	Piel de Cocodrilo (bajo) (%)	Piel de Cocodrilo (medio)(%)	Piel de Cocodrilo (alto) (%)	Huecos (%)	Bacheo (%)	Fisuras (%)	Desprendimiento de Agregados (%)
2003	12.34	1.80	0.60	0.19	5.69	7.21	0.38
2008	1.28	0.4	0.72	0.01	2.94	4.33	0.47
2012	6.77	0.38	0.07	0.95	3.45	8.61	10.26

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV-MOP).

Tabla 4.3

Resumen de Daños Carretera Longitudinal del Norte.

Carretera Longitudinal del Norte, Ruta CA-03							
Desde: LD Santa Ana (El Matazano) – Hasta: Dv Chalatenango (inicio 8ª C Pte)							
Año	Piel de Cocodrilo (bajo) (%)	Piel de Cocodrilo (medio)(%)	Piel de Cocodrilo (alto) (%)	Huecos (%)	Bacheo (%)	Fisuras (%)	Desprendimiento de Agregados (%)
2003	3.73	0	0	0.09	0.19	7.97	0.23
2008	3.59	0	0	0	0	7.94	0.23
2012	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV-MOP).

El levantamiento de daños de la superficie de rodamiento se ha realizado a cada 250 metros, registrando para cada tramo los respectivos porcentajes por unidad de área de cada uno de los daños expuestos en las tablas anteriores.

La información será utilizada para la elaboración de Gráficas de Índice de Condición del Pavimento (PCI), el cual nos permitirá tener un panorama del comportamiento de las tres vías en estudio en un determinado tiempo.

Con la información anterior se procedió a utilizar el programa UNALPCI⁹ para el cálculo del Índice de Condición del Pavimento, con el cual se obtuvieron los siguientes datos para cada tramo de carretera.

⁹ Software para el cálculo automatizado del Pavement Condition Index. Ing. Luis Ricardo Vásquez Varela.

4.2 RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI).

CARRETERA PANAMERICANA

Nombre de la vía: Carretera Panamericana

Codificación: CA01

Año de Estudio: 2003

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
Santa Tecla(Las Delicias)	LD San Salvador - Santa Tecla(Las Delicias)	55	Regular
La Cuchilla	Santa Tecla(Las Delicias) - La Cuchilla	56	Bueno
Dv Ciudad Arce	Dv Quezaltepeque - Dv Ciudad Arce	10	Fallado
LD Santa Ana	Dv Ciudad Arce - LD Santa Ana	30	Malo
Dv Lago de Coatepeque	LD La Libertad - Dv Lago de Coatepeque	18	Muy Malo
Dv Santa Ana	Dv Lago de Coatepeque - Dv Santa Ana (Ida)	7	Fallado
Dv Lago de Coatepeque	Dv Santa Ana - Dv Lago de Coatepeque (Vuelta)	15	Muy Malo
LD La Libertad	Dv Lago de Coatepeque - LD La Libertad	29	Malo
Dv Ciudad Arce	LD Santa Ana - Dv Ciudad Arce	29	Malo

Santa Tecla(Las Delicias)	La Cuchilla - Santa Tecla(Las Delicias)	90	Excelente
LD San Salvador	Santa Tecla(Las Delicias) - LD San Salvador	56	Bueno
CA12S	Dv Santa Ana - CA12S	16	Muy Malo
Dv Chalchuapa	CA12S - Dv Chalchuapa	20	Muy Malo
Dv El Porvenir	Dv Chalchuapa - Dv El Porvenir	72	Muy Bueno
Candelaria de la Frontera	Dv El Porvenir - Candelaria de la Frontera	91	Excelente
Frontera San Cristóbal	Candelaria de la Frontera - Frontera San Cristóbal	96	Excelente
Dv Ilopango	San Salvador - Dv Ilopango	81	Muy Bueno
San Salvador	Dv Ilopango - San Salvador VUELTA	78	Muy Bueno
San Martín	Dv Ilopango - San Martín	49	Regular
LD Cuscatlán	San Martín - LD Cuscatlán	28	Malo
San Pedro Perulapán	LD San Salvador - San Pedro Perulapán	27	Malo
Dv Santa Cruz Michapa	Dv San Pedro Perulapán - Dv Santa Cruz Michapa	30	Malo

Dv Cojutepeque	Dv Santa Cruz Michapa - Dv Cojutepeque	41	Regular
Dv San Rafael Cedros	Dv Cojutepeque - Dv San Rafael Cedros	42	Regular
LD San Vicente	Dv San Rafael Cedros - LD San Vicente	71	Muy Bueno
Dv San Sebastián	LD Cuscatlán - Dv San Sebastián	76	Muy Bueno
Dv San Esteban Catarina	Dv San Sebastián - Dv San Esteban Catarina	67	Bueno
Dv San Vicente	Dv San Esteban Catarina - Dv San Vicente (Ida)	67	Bueno
Dv San Esteban Catarina	Dv San Vicente - Dv San Esteban Catarina (Vuelta)	57	Bueno
Dv San Sebastián	Dv San Esteban Catarina - Dv San Sebastián	80	Muy Bueno
LD Cuscatlán	Dv San Sebastián - LD Cuscatlán	92	Excelente
Dv San Rafael Cedros	LD San Vicente - Dv San Rafael Cedros	100	Excelente
Cojutepeque	Dv San Rafael Cedros - Cojutepeque	91	Excelente
Dv Santa Clara	Dv San Vicente - Dv Santa Clara	53	Regular
KM 70+000	Dv Santa Clara - KM 70+000	58	Bueno
LD Usulután	Km 70+000 - LD Usulután	33	Malo

Dv Mercedes Umaña	LD San Vicente - Dv Mercedes Umaña	38	Malo
Dv El Triunfo	Dv Mercedes Umaña - Dv El Triunfo	46	Regular
Dv San Buenaventura	Dv El Triunfo - Dv San Buenaventura	38	Malo
LD San Miguel	DV San Buenaventura - LD San Miguel	29	Malo
Dv Lolotique	LD Usulután - Dv Lolotique	89	Excelente
Dv Moncagua	Dv Lolotique - Dv Moncagua	91	Excelente
Dv Quelepa	Dv Moncagua - Dv Quelepa	100	Excelente
Dv San Jorge	Dv Quelepa - Dv San Jorge	100	Excelente
San Miguel	Dv San Jorge - San Miguel	94	Excelente
LD La Unión	San Miguel - LD La Unión	23	Muy Malo
El Carmen	LD San Miguel - El Carmen	8	Fallado
Sirama	El Carmen - Sirama	6	Fallado
Dv Hato Nuevo	Sirama - Dv Hato Nuevo	25	Muy Malo
Dv Santa Rosa de Lima	Dv Hato Nuevo - Dv Santa Rosa de Lima	39	Malo
Frontera El Amatillo	Dv Santa Rosa de Lima - Frontera El Amatillo	95	Excelente

RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Nombre de la vía: Carretera Panamericana

Codificación: CA01

Año de Estudio: 2008

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
Santa Tecla(Las Delicias)	LD San Salvador - Santa Tecla(Las Delicias)	46	Regular
La Cuchilla	Santa Tecla(Las Delicias) - La Cuchilla	76	Muy Bueno
Dv Ciudad Arce	Dv Quezaltepeque - Dv Ciudad Arce	100	Excelente
LD Santa Ana	Dv Ciudad Arce - LD Santa Ana	99	Excelente
Dv Lago de Coatepeque	LD La Libertad - Dv Lago de Coatepeque	99	Excelente
Dv Santa Ana	Dv Lago de Coatepeque - Dv Santa Ana (Ida)	100	Excelente
Dv Lago de Coatepeque	Dv Santa Ana - Dv Lago de Coatepeque (Vuelta)	100	Excelente
LD La Libertad	Dv Lago de Coatepeque - LD La Libertad	100	Excelente
Dv Ciudad Arce	LD Santa Ana - Dv Ciudad Arce	100	Excelente
Dv Quezaltepeque	Dv Ciudad Arce - Dv Quezaltepeque	100	Excelente

Santa Tecla(Las Delicias)	La Cuchilla - Santa Tecla(Las Delicias)	51	Regular
LD San Salvador	Santa Tecla(Las Delicias) - LD San Salvador	38	Malo
CA12S	Dv Santa Ana - CA12S	100	Excelente
Dv Chalchuapa	CA12S - Dv Chalchuapa	98	Excelente
Dv El Porvenir	Dv Chalchuapa - Dv El Porvenir	89	Excelente
Candelaria de la Frontera	Dv El Porvenir - Candelaria de la Frontera	90	Excelente
Frontera San Cristóbal	Candelaria de la Frontera - Frontera San Cristóbal	84	Muy Bueno
Dv Ilopango	San Salvador - Dv Ilopango	62	Bueno
San Salvador	Dv Ilopango - San Salvador VUELTA	78	Muy Bueno
San Martín	Dv Ilopango - San Martín (Incluye Paso a Desnivel y sus Accesos)	59	Bueno
Cojutepeque	Dv San Rafael Cedros - LD San Vicente	86	Excelente
Dv San Sebastián	LD Cuscatlán - Dv San Sebastián	91	Excelente
Dv San Esteban Catarina	Dv San Sebastián - Dv San Esteban Catarina	93	Excelente
Dv San Vicente	Dv San Esteban Catarina - Dv San Vicente	95	Excelente
Dv San Esteban Catarina	Dv San Vicente - Dv San Esteban Catarina	94	Excelente
Dv San Sebastián	Dv San Esteban Catarina - Dv San Sebastián	96	Excelente

LD Cuscatlán	Dv San Sebastián - LD Cuscatlán	97	Excelente
Dv San Rafael Cedros	LD San Vicente - Dv San Rafael Cedros	95	Excelente
Dv Santa Clara	Dv San Vicente - Dv Santa Clara	78	Muy Bueno
KM 70+000	Dv Santa Clara - KM 70+000	88	Excelente
LD Usulután	Km 70+000 - LD Usulután	74	Muy Bueno
Dv Mercedes Umaña	LD San Vicente - Dv Mercedes Umaña	54	Regular
Dv El Triunfo	Dv Mercedes Umaña - Dv El Triunfo	79	Muy Bueno
Dv San Buenaventura	Dv El Triunfo - Dv San Buenaventura	65	Bueno
LD San Miguel	DV San Buenaventura - LD San Miguel	69	Bueno
Dv Lolotique	LD Usulután - Dv Lolotique	76	Muy Bueno
Dv Moncagua	Dv Lolotique - Dv Moncagua	72	Muy Bueno
Dv Quelepa	Dv Moncagua - Dv Quelepa	76	Muy Bueno
Dv San Jorge	Dv Quelepa - Dv San Jorge	68	Bueno
San Miguel	Dv San Jorge - San Miguel	69	Bueno
Dv Hato Nuevo	Sirama - Dv Hato Nuevo	96	Excelente
Dv Santa Rosa de Lima	Dv Hato Nuevo - Dv Santa Rosa de Lima	92	Excelente
Frontera El Amatillo	Dv Santa Rosa de Lima - Frontera El Amatillo	77	Muy Bueno

RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Nombre de la vía: Carretera Panamericana

Codificación: CA01

Año de Estudio: 2012

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
Santa Tecla(Las Delicias)	LD San Salvador - Santa Tecla(Las Delicias)	49	Regular
La Cuchilla	Santa Tecla(Las Delicias) - La Cuchilla	100	Excelente
LD Santa Ana	Dv Ciudad Arce - LD Santa Ana	79	Muy Bueno
Dv Lago de Coatepeque	LD La Libertad - Dv Lago de Coatepeque	79	Muy Bueno
Dv Santa Ana	Dv Lago de Coatepeque - Dv Santa Ana (Ida)	79	Muy Bueno
Dv Lago de Coatepeque	Dv Santa Ana - Dv Lago de Coatepeque (Vuelta)	79	Muy Bueno
LD La Libertad	Dv Lago de Coatepeque - LD La Libertad	78	Muy Bueno
Dv Ciudad Arce	LD Santa Ana - Dv Ciudad Arce	79	Muy Bueno
Santa Tecla(Las Delicias)	La Cuchilla - Santa Tecla(Las Delicias)	100	Excelente
LD San Salvador	Santa Tecla(Las Delicias) - LD San Salvador	85	Excelente
CA12S	Dv Santa Ana - CA12S	79	Muy Bueno
Dv Chalchuapa	CA12S - Dv Chalchuapa	79	Muy Bueno

Dv El Porvenir	Dv Chalchuapa - Dv El Porvenir	25	Muy Malo
Candelaria de la Frontera	Dv El Porvenir - Candelaria de la Frontera	10	Fallado
Frontera San Cristóbal	Candelaria de la Frontera - Frontera San Cristóbal	21	Muy Malo
Dv Ilopango	San Salvador - Dv Ilopango	66	Bueno
Int. SAL02W	Dv Ilopango - Int. SAL02W	64	Bueno
Et. SAL03E (Incluye Paso a Desnivel y sus Accesos, San Martín)	Int. SAL02W - Et. SAL03E (Incluye Paso a Desnivel y sus Accesos, San Martín)	63	Bueno
Dv Ilopango	Int. SAL02W - Dv Ilopango	63	Bueno
San Salvador (Dv 38 Av. Sur)	Dv Ilopango - San Salvador (Dv 38 Av. Sur)	47	Regular
LD San Vicente	Dv San Rafael Cedros - LD San Vicente	99	Excelente
Dv San Sebastián	LD Cuscatlán - Dv San Sebastián	93	Excelente
Dv San Esteban Catarina	Dv San Sebastián - Dv San Esteban Catarina	88	Excelente
Dv San Vicente	Dv San Esteban Catarina - Dv San Vicente (Ida)	20	Muy Malo
Dv San Esteban Catarina	Dv San Vicente - Dv San Esteban Catarina (Vuelta)	79	Muy Bueno
Dv San Sebastián	Dv San Esteban Catarina - Dv San Sebastián	88	Excelente
LD Cuscatlán	Dv San Sebastián - LD Cuscatlán	93	Excelente
Dv San Rafael Cedros	LD San Vicente - Dv San Rafael Cedros	97	Excelente
Dv Santa Clara	Dv San Vicente - Dv Santa Clara	16	Muy Malo

KM 70+000	Dv Santa Clara - KM 70+000	14	Muy Malo
LD Usulután	Km 70+000 - LD Usulután	26	Malo
Dv Mercedes Umaña	LD San Vicente - Dv Mercedes Umaña	16	Muy Malo
Dv El Triunfo	Dv Mercedes Umaña - Dv El Triunfo	3	Fallado
Dv San Buenaventura	Dv El Triunfo - Dv San Buenaventura	11	Muy Malo
LD San Miguel	DV San Buenaventura - LD San Miguel	2.5	Fallado
Dv Lolotique	LD Usulután - Dv Lolotique	52	Regular
Dv Moncagua	Dv Lolotique - Dv Moncagua	18	Muy Malo
Dv Quelepa	Dv Moncagua - Dv Quelepa	8.6	Fallado
Dv San Jorge	Dv Quelepa - Dv San Jorge	22	Muy Malo
San Miguel	Dv San Jorge - San Miguel (El Triángulo)	10	Fallado
Et. RN17S)	Avenida Roosevelt (El Triángulo - Et. RN17S)	52	Regular

4.3 RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

CARRETERA EL LITORAL

Nombre de la vía: Carretera El Litoral

Codificación: CA02

Año de Estudio: 2003

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
LD Sonsonate (incluye 2 Calle Ote.- Pte de La Libertad).	CA04S - LD Sonsonate (incluye 2 Calle Ote.- Pte de La Libertad).	76	Muy Bueno
Dv Santa Isabel Ishuatán	LD La Libertad - Dv Santa Isabel Ishuatán	97	Excelente
CA12S	Dv Santa Isabel Ishuatán - CA12S	91	Excelente
Dv Guaymango	CA12S - Dv Guaymango	64	Bueno
LD Ahuachapán	Dv Guaymango - LD Ahuachapán	63	Bueno
Dv San Francisco Menéndez	LD Sonsonate - Dv San Francisco Menéndez	75	Muy Bueno
Dv La Hachadura	Dv San Francisco Menéndez - Dv La Hachadura	93	Excelente
Frontera Guatemala	Dv La Hachadura - Frontera Guatemala	83	Muy Bueno
LD La Paz	CA04S - Dv Rosario de Mora	32	Malo

Dv Comalapa	Dv Rosario de Mora - LD La Paz	50	Regular
RN05S (Dv Aeropuerto El Salvador)	LD La Libertad - Dv Comalapa	59	Bueno
Dv San Luis La Herradura	Dv Comalapa - Dv Aeropuerto El Salvador	62	Bueno
Dv Zacatecoluca (Incluye Rotonda)	Dv San Luis La Herradura - Dv Zacatecoluca	43	Regular
LD San Vicente	Dv Zacatecoluca - LD San Vicente	50	Regular
Dv San José de La Montaña	LD La Paz - Dv San José de La Montaña	92	Excelente
LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa)	Dv San José La Montaña - LD Usulután	77	Muy Bueno
Dv Salinas El Potrero	LD Usulután - Dv Salinas El Potrero	77	Muy Bueno
Dv Jiquilisco	Dv Salinas El Potrero - Dv Jiquilisco	71	Muy Bueno
Dv Santiago de María	Dv Jiquilisco - Dv Santiago de María	83	Muy Bueno
Usulután (Entrada)	Dv Santiago de María - Usulután	98	Excelente
Dv Santa Elena	Usulután (Entrada) - Dv Santa Elena	75	Muy Bueno
LD San Miguel (Dv RN16S)	Dv Santa Elena - LD San Miguel (Dv RN16S)	79	Muy Bueno
Dv Playa El Espino	LD Usulután (Dv. RN16S) - Dv Playa El Espino	92	Excelente

Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio)	Dv Playa El Espino - Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio)	53	Regular
Dv Chilanguera	Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio) - Dv Chilanguera	9	Fallado
Dv Chirilagua	Dv Chilanguera - Dv Chirilagua	3	Fallado
LD La Unión	Dv Chirilagua - LD La Unión Unión	8	Fallado
Dv El Tamarindo	LD La Unión - Dv El Tamarindo	3	Fallado
By Pass La Unión (UNI28E)	Dv El Tamarindo - By Pass La Unión (UNI28E)	5	Fallado

RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Nombre de la vía: Carretera El Litoral

Codificación: CA02

Año de Estudio: 2008

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
LD Sonsonate (incluye 2 Calle Ote.- Pte de La Libertad).	CA04S - LD Sonsonate (incluye 2 Calle Ote.- Pte de La Libertad).	97	Excelente
Dv Santa Isabel Ishuatán	LD La Libertad - Dv Santa Isabel Ishuatán	94	Excelente
CA12S	Dv Santa Isabel Ishuatán - CA12S	94	Excelente
Dv Guaymango	CA12S – Dv Guaymango	71	Muy Bueno
LD Ahuachapán	Dv Guaymango - LD Ahuachapán	47	Regular
Dv San Francisco Menéndez	LD Sonsonate - Dv San Francisco Menéndez	43	Regular
Dv La Hachadura	Dv San Francisco Menéndez - Dv La Hachadura	44	Regular
Frontera Guatemala	Dv La Hachadura - Frontera Guatemala	57	Bueno
LD La Paz	CA04S – Dv Rosario mora	100	Excelente
Dv San Luis La Herradura	Dv Aeropuerto El Salvador - Dv San Luis La Herradura	100	Excelente

Dv Zacatecoluca	Dv San Luis La Herradura - Dv Zacatecoluca	99	Excelente
LD San Vicente	Dv Zacatecoluca (Incluye Rotonda) - LD San Vicente	62	Bueno
Dv San José de La Montaña	LD La Paz - Dv San José de La Montaña	78	Muy Bueno
LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa)	Dv San José La Montaña - LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa)	53	Regular
Dv Salinas El Potrero	LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa) - Dv Salinas El Potrero	78	Muy Bueno
Dv Jiquilisco	Dv Salinas El Potrero - Dv Jiquilisco	72	Muy Bueno
Dv Santiago de María	Dv Jiquilisco - Dv Santiago de María	83	Muy Bueno
Usulután (Entrada)	Dv Santiago de María - Usulután (Entrada)	99	Excelente
Dv Santa Elena	Usulután (Entrada) - Dv Santa Elena	46	Regular
LD San Miguel (Dv RN16S)	Dv Santa Elena - LD San Miguel (Dv RN16S)	38	Malo
Dv Playa El Espino	LD Usulután (Dv. RN16S) - Dv Playa El Espino	38	Malo
Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio)	Dv Playa El Espino - Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio)	41	Malo
Dv Chilanguera	Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio) - Dv Chilanguera	64	Bueno
Dv Chirilagua	Dv Chilanguera - Dv Chirilagua	50	Regular
LD La Unión	Dv Chirilagua - LD La Unión	65	Bueno
Dv El Tamarindo	LD La Unión - Dv El Tamarindo	55	Regular

By Pass La Unión (UNI28E)	Dv El Tamarindo - By Pass La Unión (UNI28E)	62	Bueno
	TRAMO 2A		
Dv Rosario de Mora	CA04S - Dv Rosario de Mora	100	Excelente
LD La Paz	Dv Rosario de Mora - LD La Paz	100	Excelente
Dv Comalapa	LD La Libertad - Dv Comalapa	100	Excelente
Dv Aeropuerto El Salvador	Dv Comalapa - Dv Aeropuerto El Salvador	100	Excelente

RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Nombre de la vía: Carretera El Litoral

Codificación: CA02

Año de Estudio: 2012

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
LD Sonsonate (incluye 2 Calle Ote.- Pte de La Libertad).	CA04S - LD Sonsonate (incluye 2 Calle Ote.- Pte de La Libertad).	70	Bueno
Dv Santa Isabel Ishuatán	LD La Libertad - Dv Santa Isabel Ishuatán	73	Muy Bueno
CA12S	Dv Santa Isabel Ishuatán - CA12S	60	Bueno
Dv Guaymango	CA12S - Dv Guaymango	47	Regular
LD Ahuachapán	Dv Guaymango - LD Ahuachapán	43	Regular
Dv San Francisco Menéndez	LD Sonsonate - Dv San Francisco Menéndez	42	Regular
Dv La Hachadura	Dv San Francisco Menéndez - Dv La Hachadura	45	Regular
Frontera Guatemala	Dv La Hachadura - Frontera Guatemala	39	Malo
LD La Paz	CA04S - LD La Paz	20	Muy Malo
Dv Comalapa	LD La Libertad - Dv Comalapa	41	Regular

RN05S (Dv Aeropuerto El Salvador)	Dv Comalapa - RN05S (Dv Aeropuerto El Salvador)	40	Regular
Dv San Luis La Herradura	RN05S (Dv Aeropuerto El Salvador) - Dv San Luis La Herradura	75	Muy Bueno
Dv Zacatecoluca (Incluye Rotonda)	Dv San Luis La Herradura - Dv Zacatecoluca (Incluye Rotonda)	70	Bueno
LD San Vicente	Dv Zacatecoluca (Incluye Rotonda) - LD San Vicente	76	Muy Bueno
Dv San José de La Montaña	LD La Paz - Dv San José de La Montaña	81	Muy Bueno
LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa)	Dv San José La Montaña - LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa)	64	Bueno
Dv Salinas El Potrero	LD Usulután (Inicio Puente San Marcos Lempa) - Dv Salinas El Potrero	13	Muy Malo
Dv Jiquilisco	Dv Salinas El Potrero - Dv Jiquilisco	9	Fallado
Dv Santiago de María	Dv Jiquilisco - Dv Santiago de María	12	Muy Malo
Usulután (Entrada)	Dv Santiago de María - Usulután (Entrada)	35	Malo
Dv Santa Elena	Usulután (Entrada) - Dv Santa Elena	36	Malo
LD San Miguel (Dv RN16S)	Dv Santa Elena - LD San Miguel (Dv RN16S)	73	Muy Bueno
Dv Playa El Espino	LD Usulután (Dv. RN16S) - Dv Playa El Espino	54	Regular
Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio)	Dv Playa El Espino - Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio)	47	Regular
Dv Chilanguera	Dv San Miguel (Dv. RN17S El Delirio) - Dv Chilanguera	25	Muy Malo

Dv Chirilagua	Dv Chilanguera - Dv Chirilagua	32	Malo
LD La Unión	Dv Chirilagua - LD La Unión	32	Malo
Dv El Tamarindo	LD La Unión - Dv El Tamarindo	22	Muy Malo
By Pass La Unión (UNI28E)	Dv El Tamarindo - By Pass La Unión (UNI28E)	27	Malo

4.4 RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

CARRETERA LONGITUDINAL DEL NORTE

Nombre de la vía: Carretera Longitudinal del Norte

Codificación: CA03

Año de Estudio: 2003

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
Nueva Concepción	CA04N - Nueva Concepción	55	Regular
Dv El Paraíso	CA04N - Dv El Paraíso	100	Excelente
Dv El Dorado	Dv El Paraíso - Dv El Dorado	100	Excelente
Dv Chalatenango	Dv El Dorado - Dv Chalatenango	98	Excelente

RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Nombre de la vía: Carretera Longitudinal del Norte

Codificación: CA03

Año de Estudio: 2008

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
Nueva Concepción	CA04N - Nueva Concepción	67	Bueno
Dv El Paraíso	CA04N - Dv El Paraíso	100	Excelente
Dv El Dorado	Dv El Paraíso - Dv El Dorado	100	Excelente
Dv Chalatenango	Dv El Dorado - Dv Chalatenango	100	Excelente

RESUMEN EVALUACIÓN DEL ÍNDICE DE CONDICIÓN DEL PAVIMENTO (PCI)

Nombre de la vía: Carretera Longitudinal del Norte

Codificación: CA03

Año de Estudio: 2012

Evaluado por: Carlos G. Bardales Aguilera, Gema I. Cheng Guerra

Tramo	Tramo Inicial-Final	PCI	Condición
CA12N (Metapán)	LD Chalatenango - CA12N (Metapán)	100	Excelente
Nueva Concepción	CA04N - Nueva Concepción (Dv. CHA34W)	100	Excelente
LD Santa Ana (El Matazano)	Nueva Concepción (Dv. CHA34W) - LD Santa Ana (El Matazano)	100	Excelente
Dv El Paraíso	CA04N - Dv El Paraíso	100	Excelente
Dv El Dorado	Dv El Paraíso - Dv El Dorado	100	Excelente
Dv Chalatenango	Dv El Dorado - Dv Chalatenango (Inicio 8 C.Pte.)	100	Excelente

CAPÍTULO V

CURVAS DE CICLO DE VIDA

Curvas de Inversión

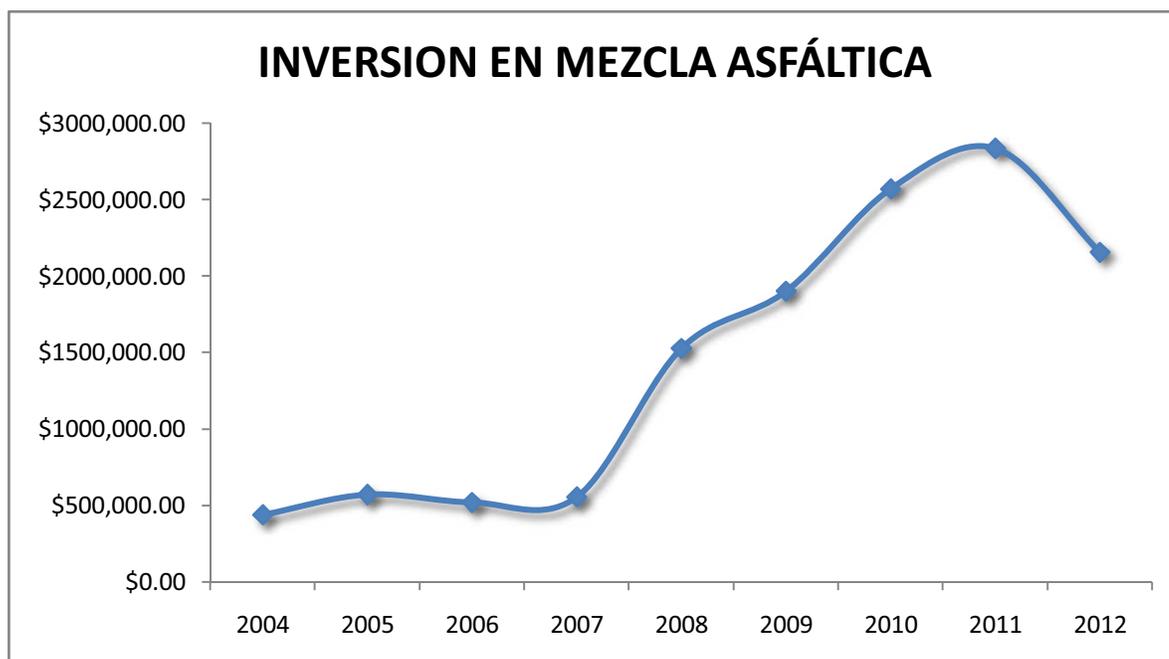
5.1.1 Carretera Panamericana – Ruta Ca01

Tabla 5.1

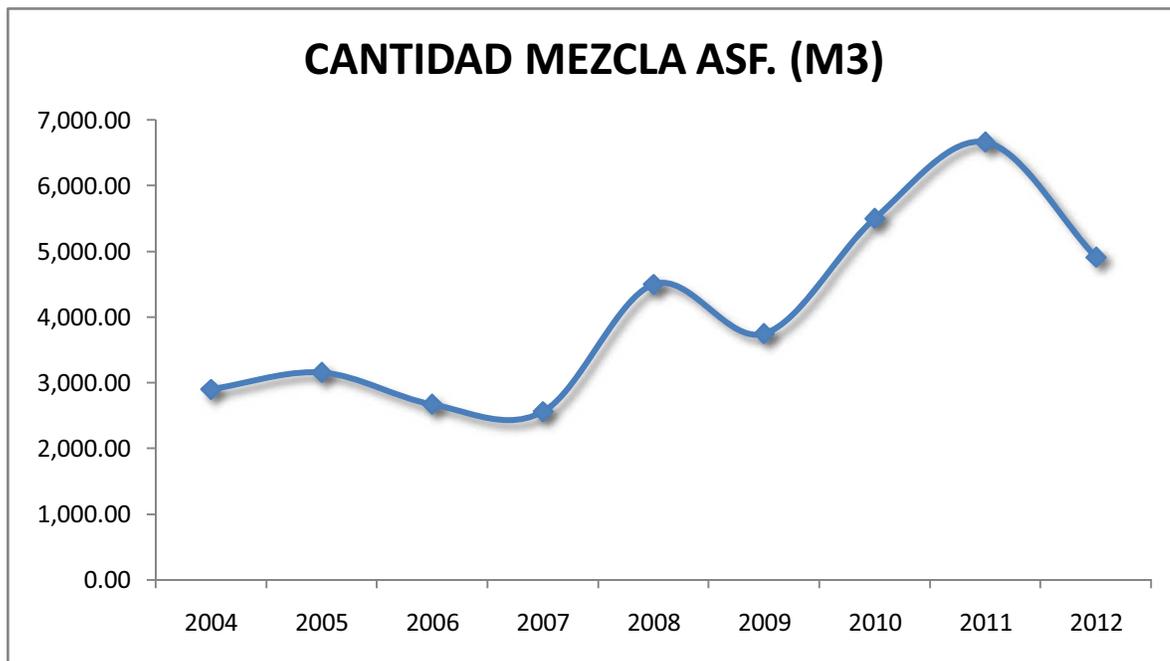
Resumen de inversión para Carretera Panamericana.

AÑO	CODIGO	LONGITUD (KM)	CANTIDAD MEZCLA ASF. (M3)	INVERSION EN MEZCLA ASFÁLTICA	INVERSION TOTAL EN MANTTO RUTINARIO	IRI (m/Km)
2003	CA01	396.06	-	-	-	5.03
2004			2,905.45	\$439,642.16	\$8857,401.05	2.52
2005		403.30	3,160.21	\$571,347.68	\$2992,455.20	2.31
2006		401.53	2,675.59	\$520,293.96	\$2115,100.67	2.53
2007		396.02	2,565.40	\$555,252.03	\$13916,625.06	2.45
2008		401.28	4,502.30	\$1526,861.49	\$10364,496.54	2.69
2009		398.65	3,752.20	\$1901,065.95	\$3477,848.06	3.03
2010		398.42	5,504.87	\$2570,098.48	\$3876,871.13	2.99
2011		395.92	6,665.17	\$2834,647.34	\$6608,095.74	3.27
2012			4,915.52	\$2155,119.92	\$17792,584.16	-

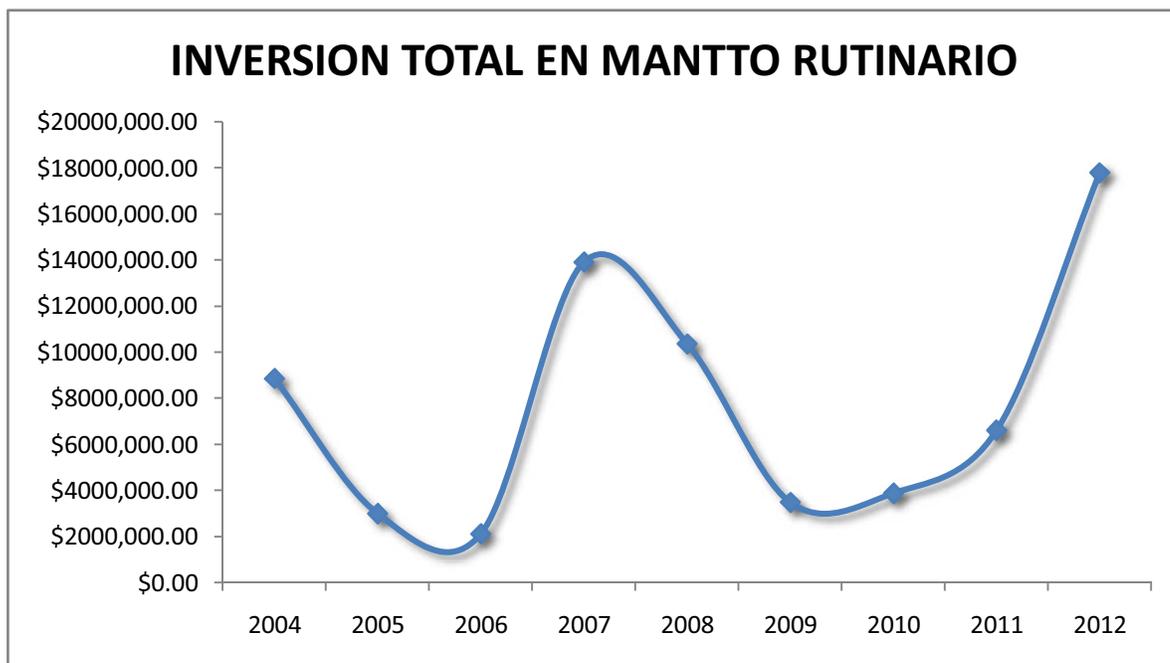
Fuente: Fondo de Conservación Vial (FOVIAL)



Gráfica 5.1 Inversión de Mezcla Asfáltica para la Carretera Panamericana.



Gráfica 5.2 Cantidad Mezcla Asfáltica para la Carretera Panamericana



Gráfica 5.3 Inversión Total en Mantenimiento Rutinario – Carretera Panamericana

Curvas de Inversión

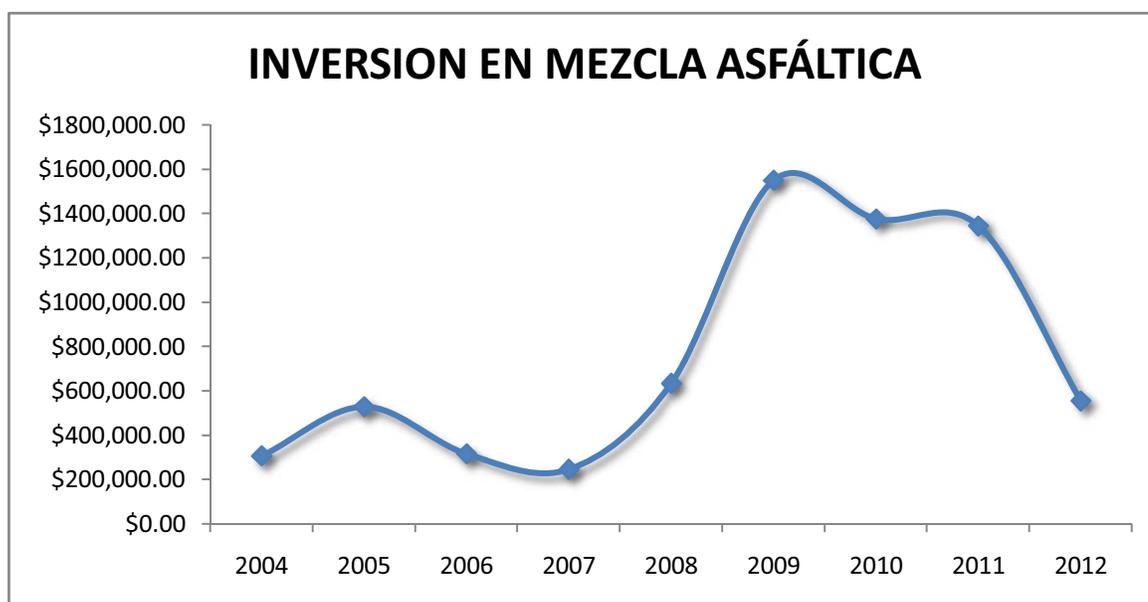
5.1.2 Carretera Litoral – Ruta CA02

Tabla 5.2

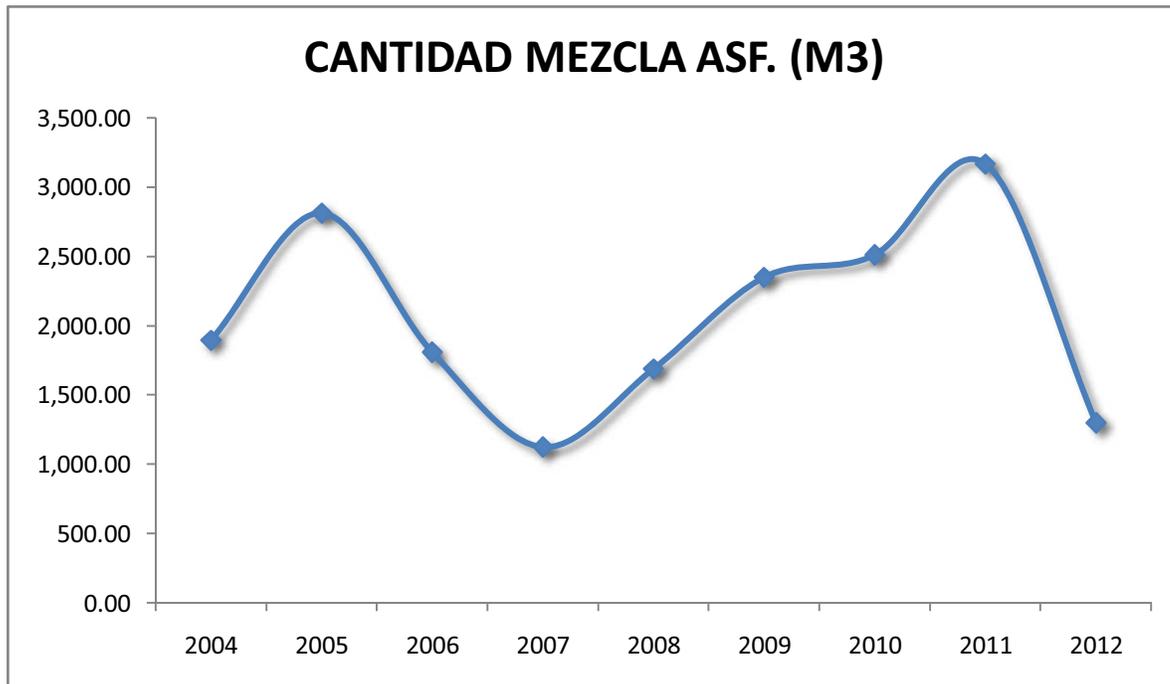
Resumen de inversión para la Carretera Litoral.

AÑO	CODIGO	LONGITUD (KM)	CANTIDAD MEZCLA ASF. (M3)	INVERSION EN MEZCLA ASFÁLTICA	INVERSION TOTAL EN MANTTO RUTINARIO	IRI (m/Km)	
2003	CA02	314.29				3.19	
2004			1,897.50	\$306,038.38	\$1242,968.49	1.60	
2005		316.72	2,815.47	\$527,607.88	\$1903,462.87	1.97	
2006		313.56	1,811.48	\$315,000.80	\$1403,627.05	2.07	
2007		314.29	1,127.31	\$245,051.47	\$15640,972.03	2.11	
2008		314.04	1,691.53	\$633,574.30	\$3005,957.19	2.21	
2009		314.26	2,352.46	\$1549,506.86	\$3059,059.76	2.21	
2010		313.84	2,514.47	\$1375,336.46	\$5062,776.07	2.38	
2011		312.71	3,169.85	\$1343,212.14	\$3243,816.16	2.38	
2012				1,302.41	\$554,251.24	\$2181,500.41	

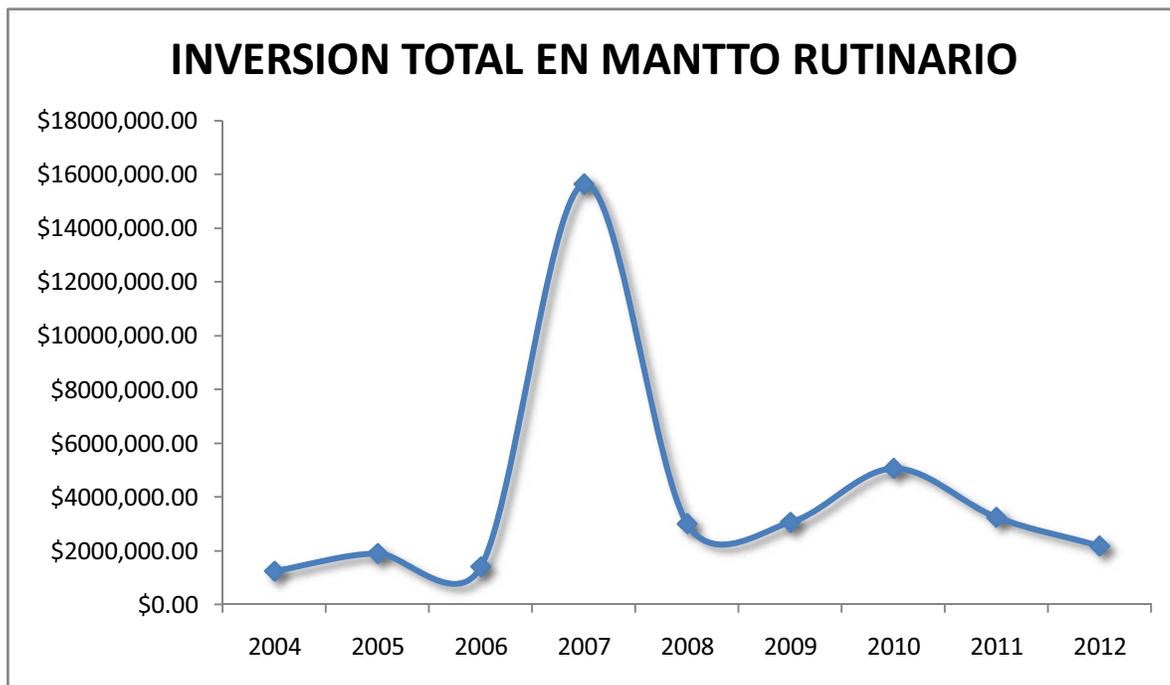
Fuente: Fondo de Conservación Vial (FOVIAL)



Gráfica 5.4 Inversión de Mezcla Asfáltica para la Carretera Litoral.



Gráfica 5.5 Cantidad Mezcla Asfáltica para la Carretera Litoral



Gráfica 5.6 Inversión Total en Mantenimiento Rutinario – Carretera Litoral

Curvas de Inversión

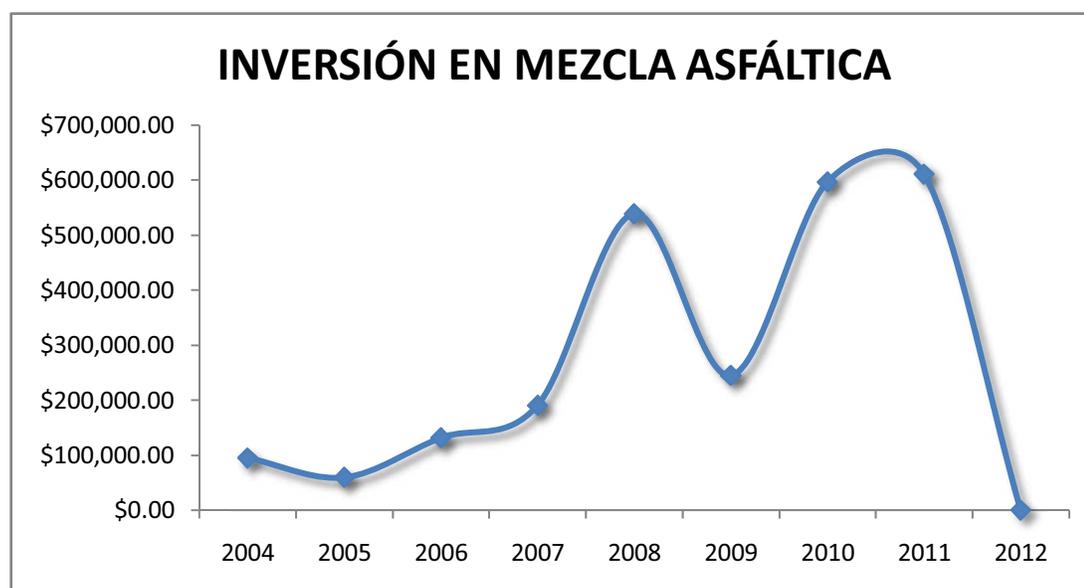
5.1.3 Carretera Longitudinal del Norte – Ruta CA03

Tabla 5.3

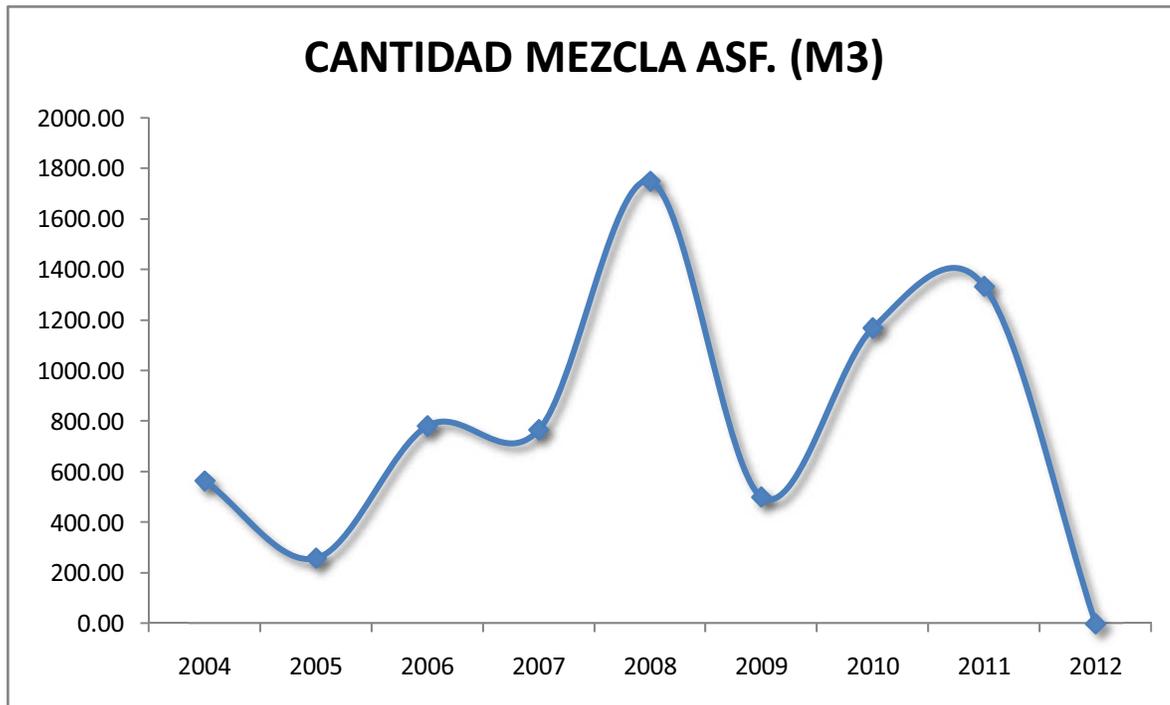
Resumen de inversión para la Carretera Longitudinal del Norte

AÑO	CODIGO	LONGITUD (KM)	CANTIDAD MEZCLA ASF. (M3)	INVERSION EN MEZCLA ASFÁLTICA	INVERSION TOTAL EN MANTTO RUTINARIO	IRI (m/Km)	
2003	CA03	43.70				3.50	
2004			564.82	\$94,687.63	\$275,112.19	3.51	
2005		44.35	259.83	\$59,454.81	\$359,456.98	3.53	
2006		44.26	782.71	\$131,396.07	\$697,408.25	3.65	
2007		43.70	767.56	\$190,531.76	\$263,945.45	3.62	
2008		44.07	1750.54	\$538,758.08	\$721,449.47	4.17	
2009		44.01	501.82	\$244,859.89	\$610,301.43	4.24	
2010		44.02	1170.17	\$596,616.12	\$1127,467.37	4.42	
2011		43.70	1334.90	\$610,989.62	\$887,084.83	4.75	
2012				0.00	\$0.00	\$153,900.37	

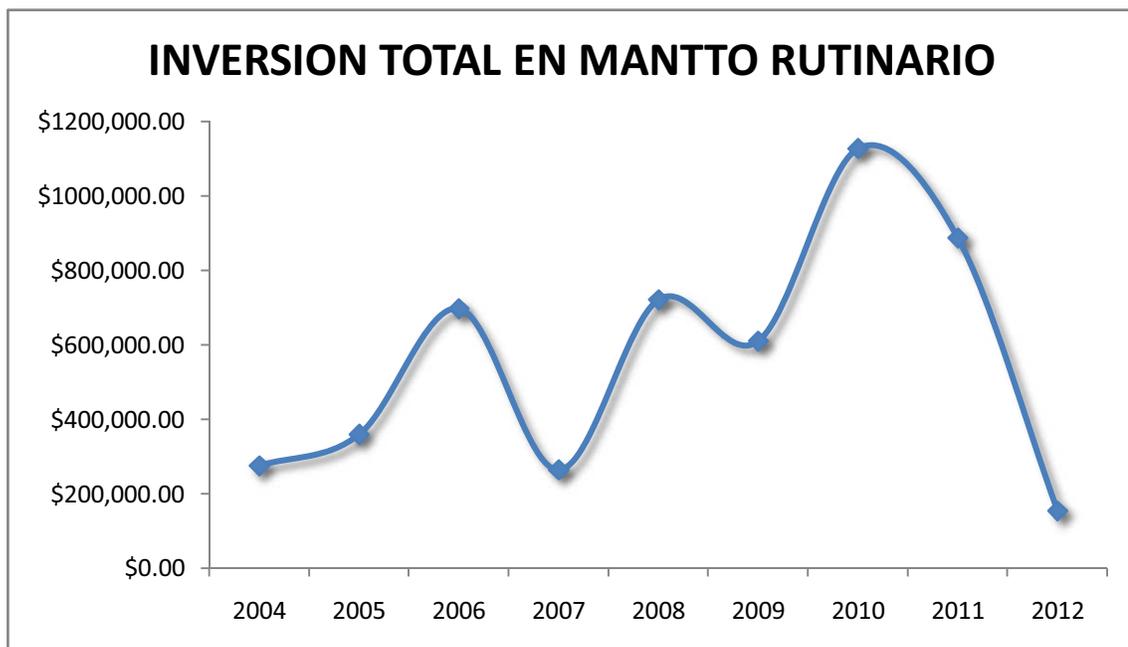
. Fuente: Fondo de Conservación Vial (FOVIAL)



Gráfica 5.7 Inversión de Mezcla Asfáltica para la Carretera Longitudinal del Norte



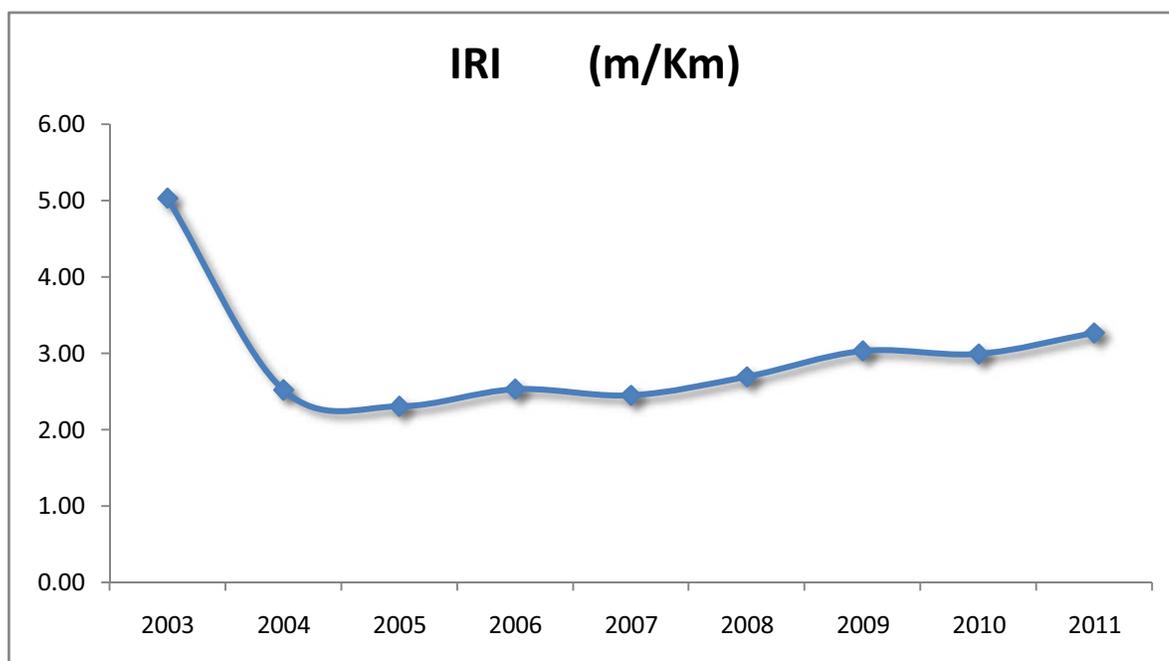
Gráfica 5.8 Cantidad Mezcla Asfáltica para la Carretera Longitudinal del Norte



Gráfica 5.9 Inversión Total en Mantenimiento Rutinario – Carretera Longitudinal del Norte

Curvas de Ciclo de Vida

5.2.1 Carretera Panamericana – Ruta CA01



Gráfica 5.10 Valores de IRI promedio para cada año de estudio – Carretera Panamericana

La gráfica muestra un dato elevado para el año 2003, sin embargo, para los años subsecuentes puede apreciarse una normalización de los datos reportados, mostrando una ligera tendencia a aumentar conforme pasan los años. Estos pequeños incrementos indican una buena rugosidad, vale mencionar, que esta vía está sujeta a grandes demandas de tránsito por ser uno de los principales corredores del país. Estos valores de Índice de Rugosidad Internacional, a pesar de tener valores aceptables, no son sinónimo de una buena condición de pavimento; esto quiere decir que aunque un pavimento tenga un IRI con valor inferior a 3.0 no quiere decir necesariamente que no posea daños como

piel de cocodrilo por ejemplo; que tal vez no afecten su rugosidad de una forma apreciable, pero sí afecta en gran manera el Índice de Condición.

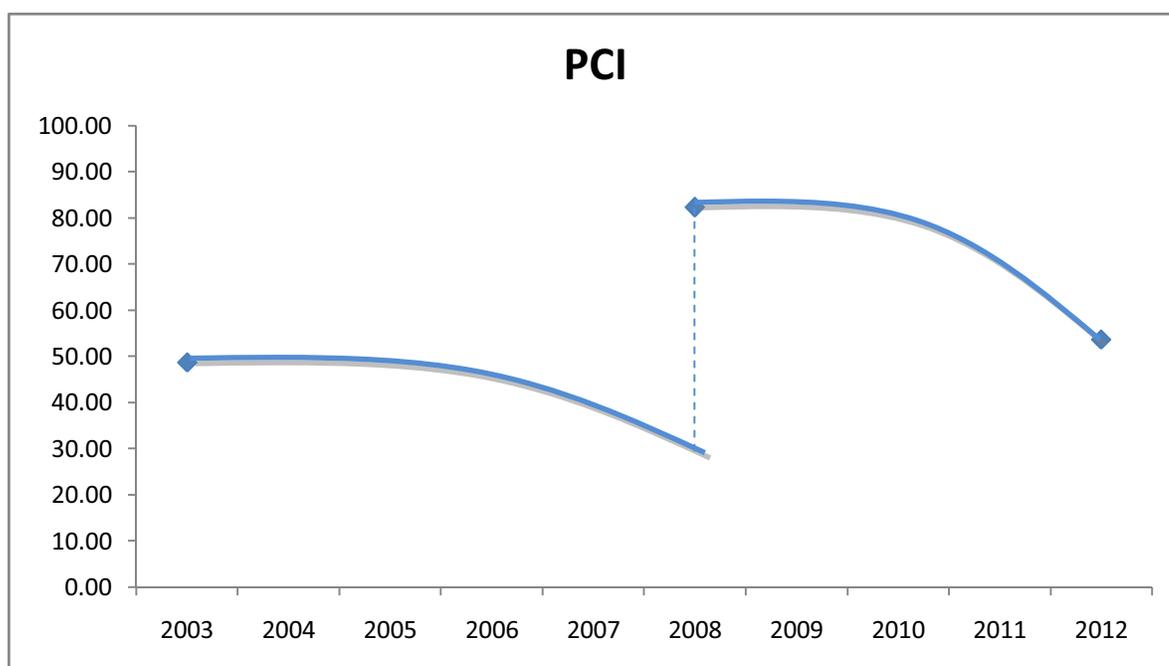
Según los datos de la UPV-MOP, esta vía presentó piel de cocodrilo (B) en un 21% de su área total para el año 2003; en la actualidad, esta patología se ha logrado reducir hasta un 7.29%. (ver Tabla 4.1)

Tabla 5.4

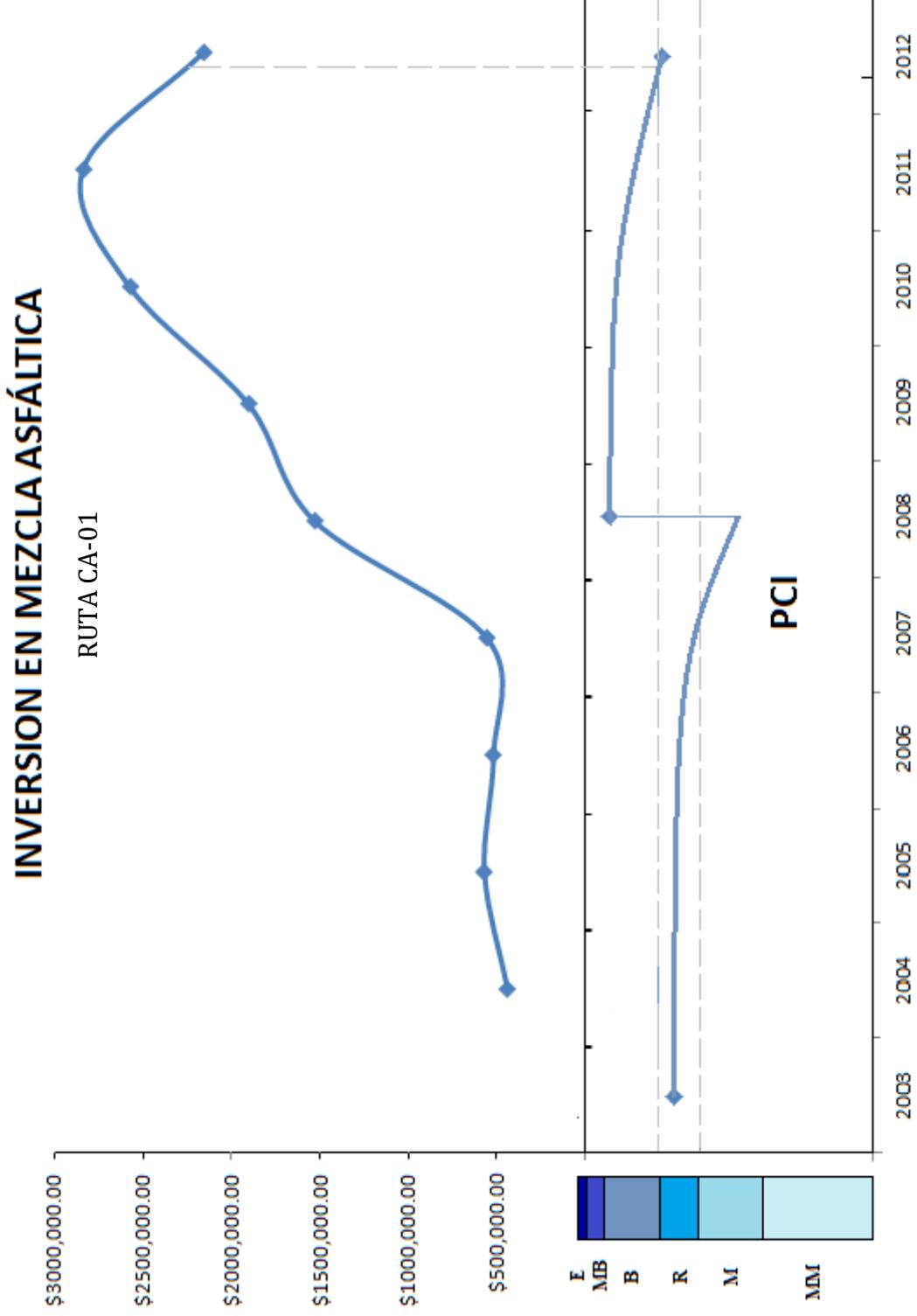
Valores del Índice de Condición para Pavimentos, Carretera Panamericana

AÑO	PCI
2003	49
2008	82
2012	54

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV-MOP)



Gráfica 5.11 Valores Del Índice De Condición De Pavimento – Carretera Panamericana



Gráfica 5.12 Inversión Total y curva de tendencia para PCI – Carretera Panamericana

Para la Carretera Panamericana se obtuvo que el PCI de 82 correspondiente al año 2008 es el más elevado para esta serie, partiendo de esto se asume que es el punto de partida de la curva hasta llegar a un PCI de 54 para el año 2012. Entonces para este tramo vamos a asumir que la curva más aproximada está dada por la función:

$$PCI = -1.6875 t^2 + 27 t - 27 ,$$

Donde:

PCI = Índice de Condición del Pavimento

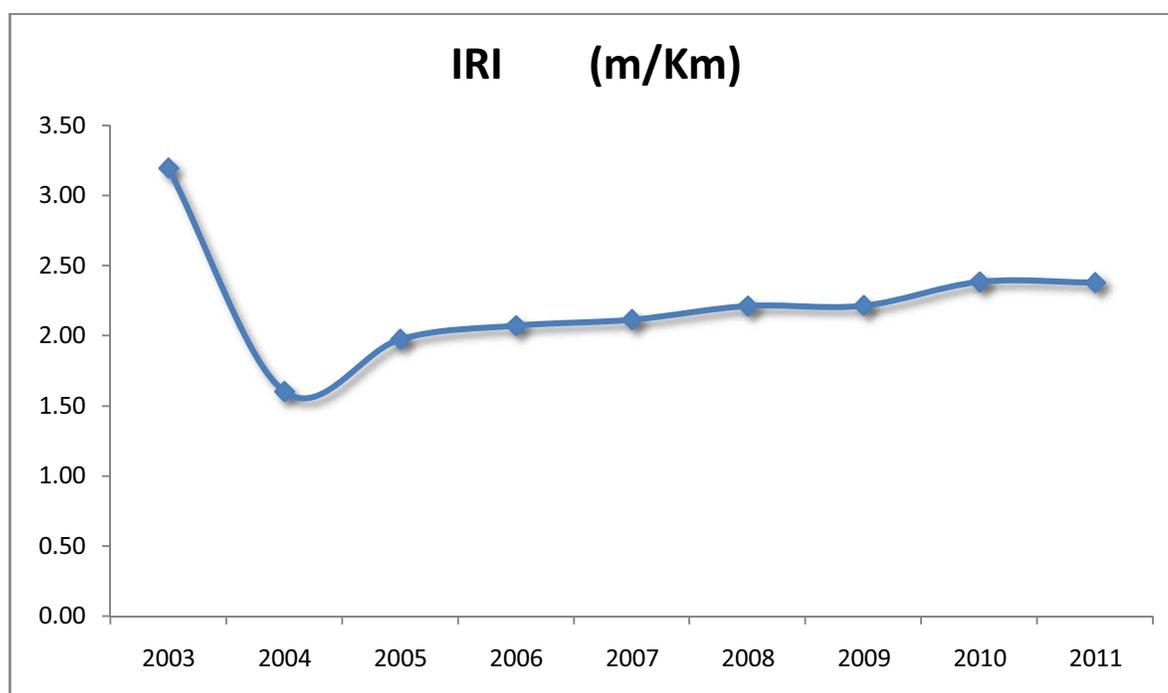
t = tiempo en años

Válido solamente para el período comprendido entre 2008-2012, porque la continuidad de dicha curva solo puede garantizarse para dicho rango de tiempo. Como puede observarse en un lapso de 4 años el PCI decayó en un 28%, lo cual es bastante acelerado evidentemente, lo que quiere decir que si aplicara esta misma tendencia a los valores 2003 y 2008 se obtiene que en 5 años el PCI pasara de tener un valor de 49 a 6; esto es lógico desde el punto de vista que el deterioro aumenta aceleradamente con respecto al tiempo, sin embargo es de poca credibilidad suponer que la vía alcanzó un Índice de Condición de 6.

Después de haber realizado la evaluación del Índice de Condición del Pavimento para la Carretera Panamericana se obtuvo un valor promedio de 49 para el año 2003, el cual da una condición *Regular* para el estado del pavimento. A partir del año 2003 se invirtieron aproximadamente 2 millones USD en mezcla asfáltica dando como resultado una mejora en el Índice de Condición del Pavimento elevándolo a una condición *Muy Buena*. En contraparte a lo expresado anteriormente desde el año 2008 se han realizado inversiones en mezcla asfáltica por encima del valor optimo que rondaba el medio millón USD, se ha notado un incremento en los gastos de mezcla asfáltica del orden del 600%, sin embargo el valor del PCI para la vía no mostro ninguna mejora, en cambio bajo su condición de *Muy Buena* a *Regular*. Esta particularidad puede deberse al alza que ha experimentado durante los últimos años el precio del petróleo, lo que hace que se incrementen los gastos pero no el volumen de mezcla obtenido.

Curvas de Ciclo de Vida

5.2.2 Carretera Litoral – CA02



Gráfica 5.13 Valores de IRI promedio para cada año de estudio – Carretera Litoral

Los datos de IRI mostrados en esta gráfica muestran una tendencia similar a los de la Carretera Panamericana. Sin embargo, en las Curvas de Inversión para ambas carreteras se observa que se han destinado mayor cantidad de recursos económicos para la CA01.

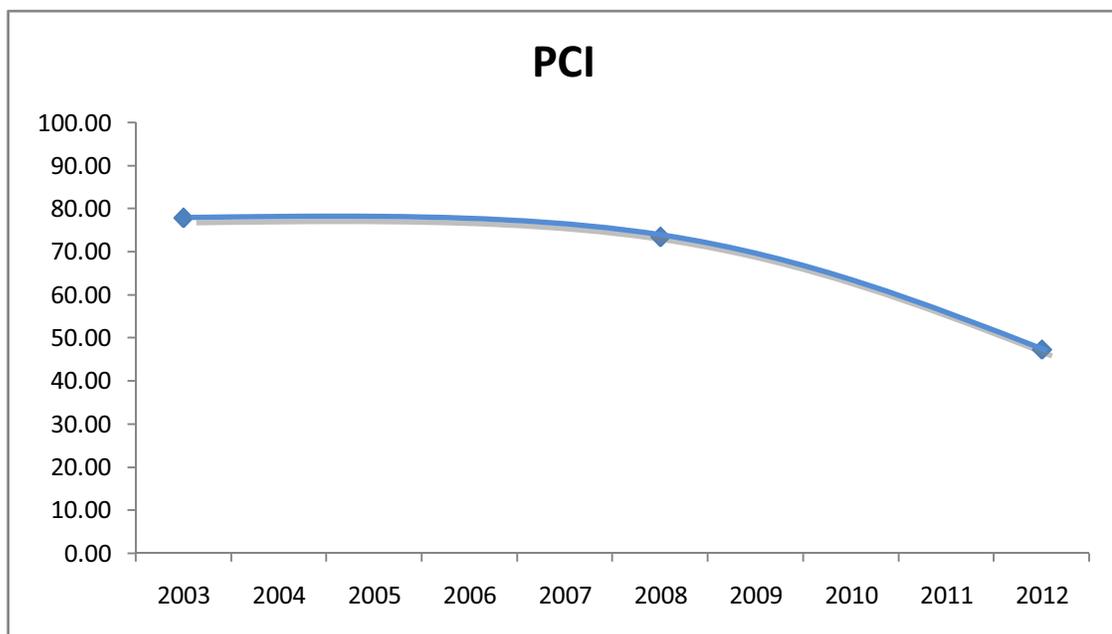
Para esta vía, el parámetro con valores más elevados en el inventario de daños es el desprendimiento de agregados con 10.26% de presencia del área total.

Tabla 5.5

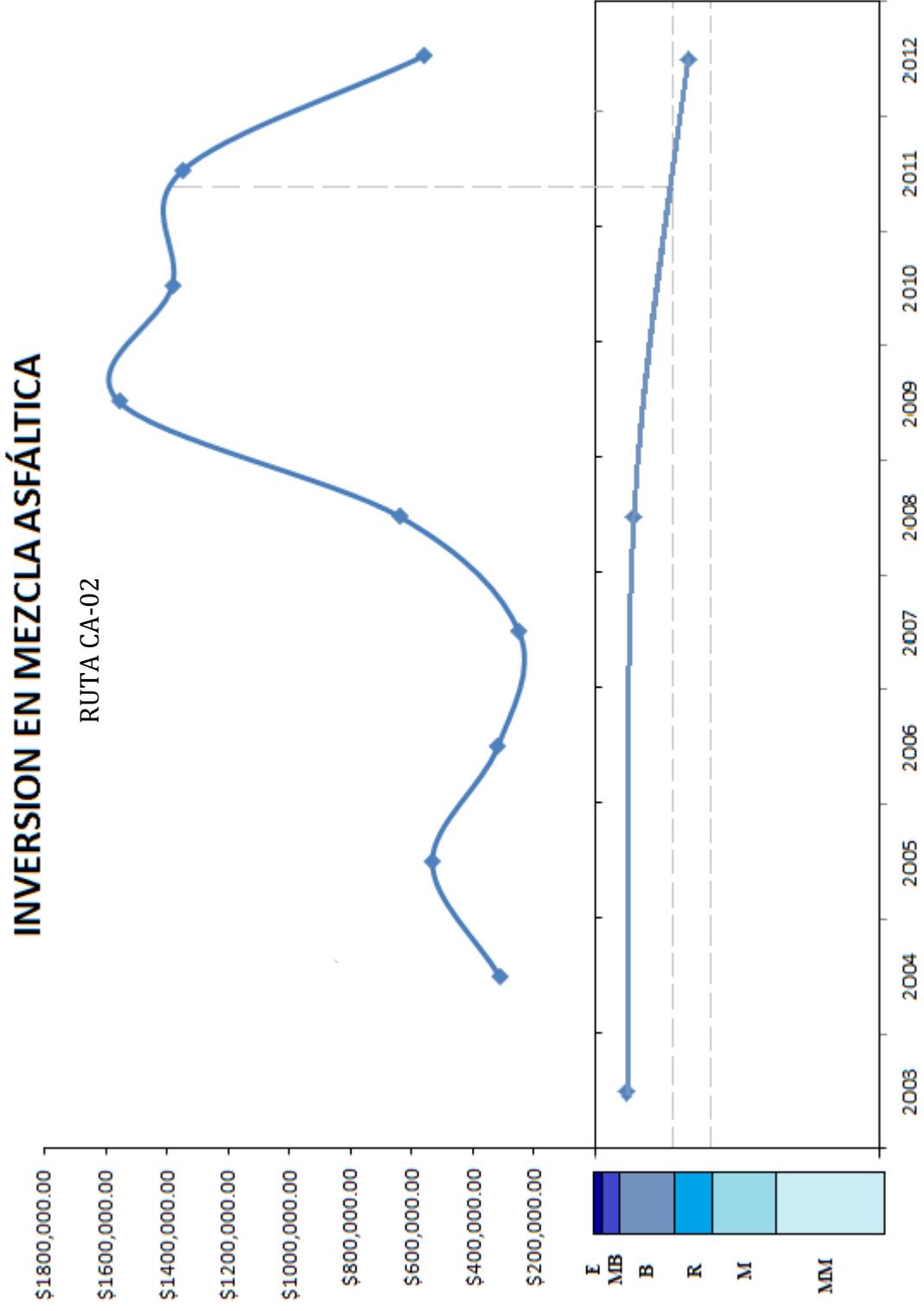
Valores del Índice de Condición para Pavimentos, Carretera Litoral

AÑO	PCI
2003	78
2008	73
2012	47

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV-MOP)



Gráfica 5.14 Valores Del Índice De Condición De Pavimento – Carretera Litoral.



Gráfica 5.15 Inversión Total y curva de tendencia para PCI – Carretera Litoral

Para la Carretera del Litoral puede observarse que los Índices de Condición decaen, asemejando la tendencia de una parábola que se ajusta a la tendencia de una Curva de Ciclo de Vida para Pavimentos; sin embargo, debido a que solo se cuenta con una serie de tres datos no puede asegurarse que dicha gráfica corresponda a una sola cresta.

Suponiendo la serie como una sola cresta y después de hacer una regresión polinómica a la serie de datos, la curva que mejor se ajustaría al comportamiento es:

$$PCI = -0.520833 t^2 + 4.479167 t + 68$$

De las tres vías en estudio esta es la única que presenta la peculiaridad de tener una tendencia a la baja en su PCI.

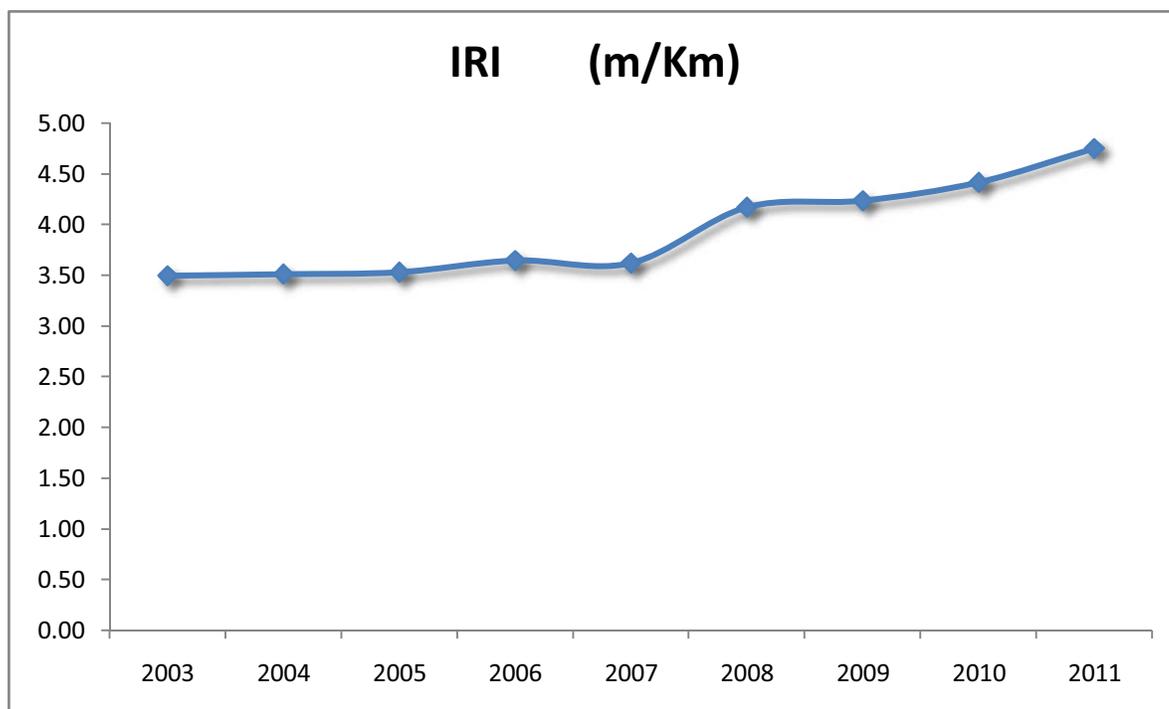
Nuevamente surge la necesidad de una serie más completa para garantizar que el comportamiento descrito anteriormente sea el que mejor se ajusta a la Condición del Pavimento.

Si se prolonga una línea horizontal en el rango Regular del eje vertical de la Gráfica de PCI, hasta interceptar la curva y a partir de ese punto se sube una línea vertical hasta la Curva de Inversión en Mezcla Asfáltica puede notarse que la mayor inversión se realizó antes de llegar a la condición de pavimento regular, por lo tanto, este tipo de inversión se toma como una Inversión Anticipada. Mientras que en el año 2007 puede observarse el punto óptimo de inversión, con la menor cantidad de fondos invertidos en mezcla asfáltica.

Para la Carretera Litoral (CA02 W-E) el Índice de Condición obtenido para el año 2003 fue de 78 ubicando la vía en una condición *Muy Buena*. A partir del año 2003 se hicieron inversiones en mezcla aproximadamente de 1,4 millones USD con lo cual se logro mantener el PCI en el mismo rango. Para el año 2012 el PCI descendió a un valor de 47 ubicando la vía en una condición *Regular*, a pesar de esto se ve reflejado un incremento en los gastos de mezcla asfáltica del orden del 500%.

Curvas de Vida

5.2.3 Carretera Longitudinal – CA03



Gráfica 5.16 Valores de IRI promedio para cada año de estudio – Carretera Longitudinal del Norte

Esta gráfica presenta la misma tendencia que las gráficas de las dos carreteras anteriores, con la peculiaridad que no presenta el dato disperso correspondiente para el año 2003, esto tal vez se debe a que la carretera no presenta gran cantidad de singularidades, a la calibración del equipo utilizado para la medición o al personal que realizó la medición.

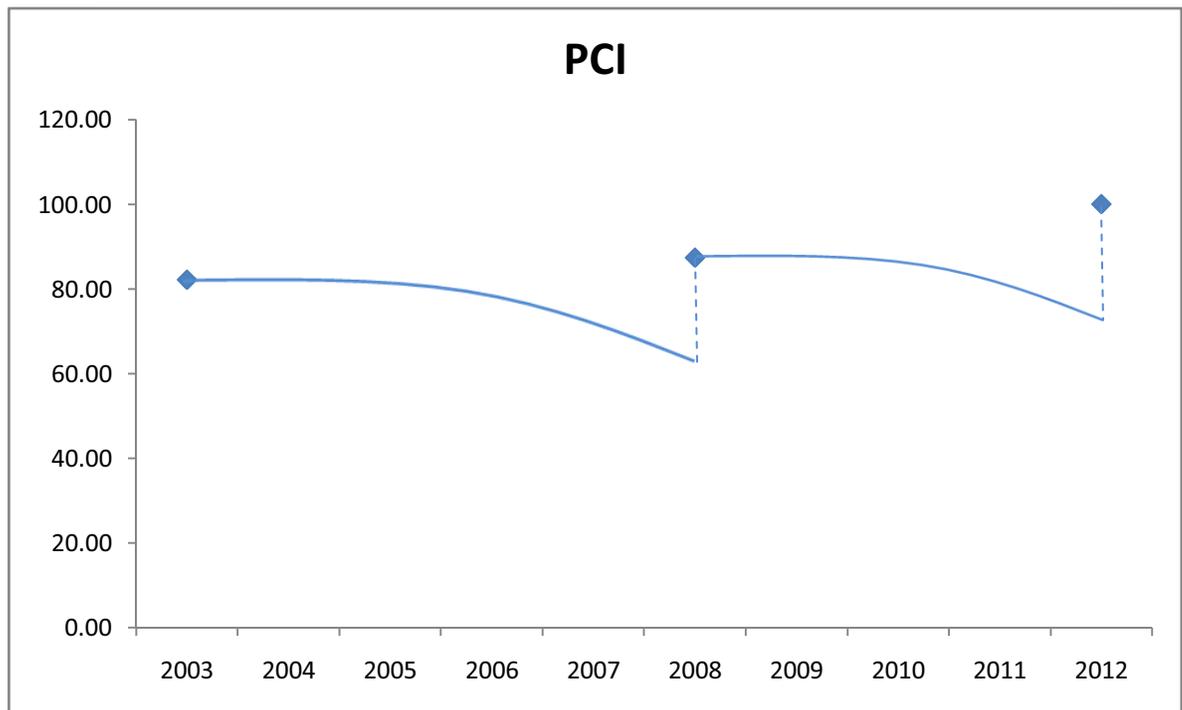
Como puede apreciarse, los datos de IRI no son los esperados luego de los picos de inversión que se presentan en los años 2008, y en el período comprendido entre los años 2010 y 2011.

Tabla 5.6

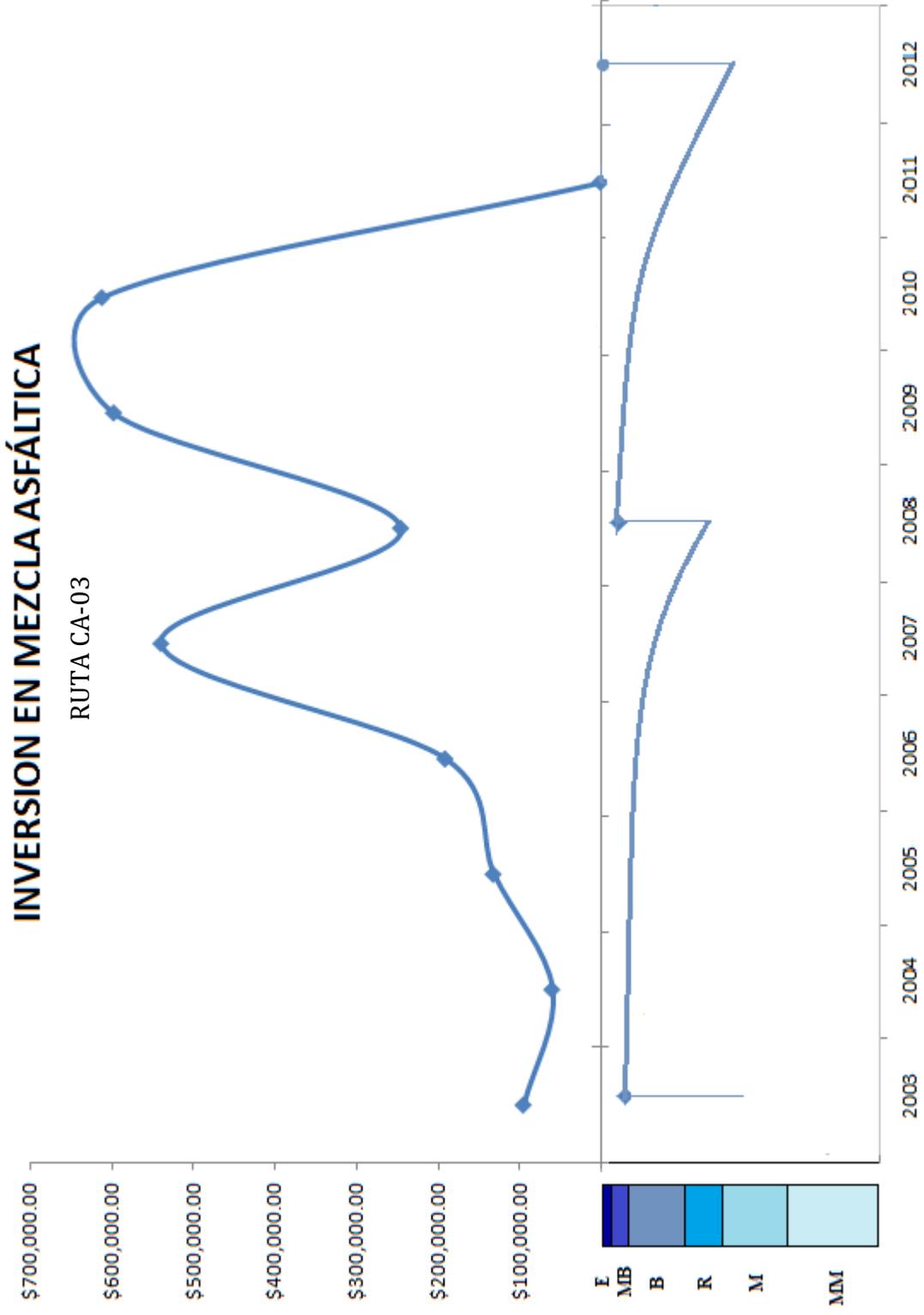
Valores del Índice de Condición para Pavimentos, Longitudinal del Norte

AÑO	PCI
2003	82
2008	87
2012	100.00

Fuente: Unidad de Planificación Vial (UPV-MOP)



Gráfica 5.17 Valores Del Índice De Condición De Pavimento – Carretera Longitudinal del Norte.



Gráfica 5.18. Inversión Total y curva de tendencia para PCI – Carretera Longitudinal del Norte

La Carretera Longitudinal es la única de las tres vías en estudio que presenta una tendencia a la alza, por esta razón no es posible reproducir la metodología de la regresión polinómica utilizada en las tendencias para las vías anteriores.

La serie es compuesta por los Índices de Condición: 82, 87, y 100 correspondientes a los años 2003, 2008 y 2012 respectivamente. Debido a que el valor siguiente es de mayor valor no hay ningún período de tiempo para el cual se puedan incluir dos puntos (como mínimo) para realizar la regresión polinómica.

Lo único que puede asegurarse es que el PCI se ubica en rangos aceptables, sin embargo la línea que se muestra en la gráfica es solo una interpretación tomando en cuenta el período corto de tiempo y un ritmo de deterioro relativamente bajo. Esta gráfica indica el mejoramiento de la vía debido a los montos de inversión realizados en 2008 y 2012, esto genera que la condición del pavimento se lleve a un punto con mejor condición siendo este un nuevo punto de partida para ser continuar monitoreando su deterioro en el tiempo.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Después de haber realizado las evaluaciones para las tres vías en estudio se concluye lo siguiente:

- Los datos con los que se cuentan son insuficientes como para elaborar una Curva de Ciclo de Vida completa, pero son un insumo con el cual se cuenta para poder generarlas en el futuro.
- Basados en los resultados obtenidos por medio del Índice de Condición de Pavimentos (PCI), las carreteras Panamericana y Litoral se encuentran actualmente en un estado *Regular*, mientras que la carretera Longitudinal del Norte es la única de las tres vías en estudio que cuenta con un Índice de Condición del Pavimento *Excelente*.
- Si existieran más datos para la serie del PCI se tuviera mejor precisión al hallar la línea de tendencia y una mayor certeza acerca del comportamiento en la Curva de Ciclo de Vida para cada vía en estudio.
- La base de datos presenta ciertas deficiencias debido a que solo reporta cinco tipos de patologías de daños en el inventario.
- Los Índices de Rugosidad para las vías en estudio reflejan que el deterioro aumenta ligeramente a un ritmo constante, presentando los siguientes niveles de aceptación, según lo expuesto en la Figura 3.5:
 - Carretera Panamericana: conducción confortable a más de 100-120 Km/h; en el rango 2.0 – 3.0, indica que la vía posee un tratamiento superficial de alta calidad.
 - Carretera Litoral: conducción confortable a más de 100-120 Km/h; en el rango 2.0 – 3.0
 - Carretera Longitudinal del Norte: conducción confortable hasta 100-120 Km/h; rango 3.5 – 5.0, indica que a 80 Km/h hay movimientos moderadamente perceptibles o pueden notarse grandes ondulaciones.

RECOMENDACIONES

- Con el propósito de mejorar la recopilación de información, se propone establecer el formato de inspección del Manual PCI para la realización de levantamiento de daños, registrar la mayor cantidad de patologías existentes que se pueda y acatar los parámetros de muestreo ahí descritos para obtener datos más representativos.
- Para la realización del Inventario de Daños, el personal que hace el levantamiento debe de estar capacitado para poder distinguir el tipo de daño existente y poseer la sensibilidad para reportar su grado de severidad.
- El Manual de Daños del PCI hace una distinción de tres niveles de severidad para cada daño existente en la capa de rodadura, severidad baja, media y alta. Sería más representativo que para los daños que se registran en la base de datos de nuestro país se estableciera su respectivo nivel de severidad para que el Índice de Condición del Pavimento sea un valor más aproximado al real.
- En busca de tener un Inventario de Daños más competente, se recomienda actualizar las bases de datos en períodos de tiempo más cortos.

BIBLIOGRAFIA

- Manual de Normas Ambientales para el Diseño, Construcción y Mantenimiento de Carreteras, *SIECA, 2002.*
- Pavimentos de Concreto, Instituto Salvadoreño del Cemento y el Concreto, *ISCYC.*
- Ingeniería de Carreteras, *Paul H. Wright, Editorial Limusa*
- Santa Tecla La Historia y los Cuentos de la Ciudad de las Colinas, *Ernesto Rivas Gallont*
- Gestión de Infraestructura Vial, *Hernán de Solminihaç, Textos Universitarios 3ª Edición*
- La Carretera Panamericana - *Rafael CAL y MAYOR I.C*
- ASTM D6433-03 (Procedimiento estándar para la inspección del índice de condición del pavimento en caminos y estacionamientos).

LIBROS ELECTRONICOS:

- Caminos, *Naciones Unidas-Comision Economica para America Latina y el Caribe. Santiago de Chile 1994.*

SITIOS WEB:

- **Descarga UNALPCI**

<http://www.camineros.com/software.htm>

ANEXOS

ANEXO “A”

LEY DEL FONDO DE CONSERVACIÓN VIAL



CORTE SUPREMA DE JUSTICIA DE EL SALVADOR
CENTRO DE DOCUMENTACIÓN JUDICIAL

LEGISLACIÓN

LEY DEL FONDO DE CONSERVACIÓN VIAL

Materia: Leyes de Seguridad vial **Categoría:** Leyes de Seguridad vial

Origen: ORGANO LEGISLATIVO **Estado:** VIGENTE

Naturaleza : Decreto Legislativo

Nº: 208 **Fecha:** 30/11/2000

D. Oficial: 237

Tomo: 349

Publicación DO: 18/12/2000

Reformas: (4) Decreto Legislativo No. 789 de fecha 18 de diciembre de 2008, publicado en el Diario Oficial No. 8, Tomo 382 de fecha 14 de enero de 2009.

Comentarios: La presente Ley tiene como objeto establecer el marco legal para el financiamiento y gestión de la conservación de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible y de la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible.

Contenido;

[Jurisprudencia Relacionada](#)

DECRETO No. 208

LA ASAMBLEA LEGISLATIVA DE LA REPÚBLICA DE EL SALVADOR,

CONSIDERANDO:

I.- Que la Red Vial Nacional es un bien público y un patrimonio necesario, que sirve y pertenece a la Nación, cuyo buen estado es vital para la consecución del desarrollo económico y social del país;

II.- Que para los usuarios, así como para la economía de la Nación, una Red Vial Nacional en buen estado representa sustanciales beneficios en términos de ahorro en consumo de combustible, repuestos, reparaciones de vehículos, pérdida de tiempo de los usuarios, disminución de accidentes y optimización en el uso de los recursos públicos; por lo que constituye un factor determinante en la competitividad y productividad de la industria, comercio, agricultura, turismo y demás sectores productivos de la sociedad;

III.- Que en la actualidad el Gobierno Nacional, a través del Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano no alcanza a cubrir las necesidades de conservación vial; lo cual es un factor que acelera el deterioro de la Red Vial Nacional, impactando

negativamente en los usuarios, en los sectores productivos y en los intereses nacionales de desarrollo;

IV.- Que es prioritario para los intereses nacionales introducir mecanismos modernos de financiamiento y gestión de la conservación de la Red Vial Nacional que permita la sostenibilidad de las inversiones realizadas y las que se harán en el futuro.

POR TANTO,

en uso de sus facultades constitucionales y a iniciativa del Presidente de la República, por medio del Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano y de los diputados Julio Antonio Gamero Quintanilla, Carmen Elena Calderón de Escalón, Walter René Araujo Morales, Carlos Antonio Borja Letona, Renato Antonio Pérez, Roberto José D'Aubuisson Munguía, Mauricio López Parker, Rodrigo Avila Avilés, René Mario Figueroa, Norman Noel Quijano González, Guillermo Antonio Gallegos Navarrete, Juan Duch Martínez, Juan Miguel Bolaños Torres, Joaquín Edilberto Iraheta, Martín Francisco Antonio Zaldívar Vides, José Mauricio Quinteros Cubías, Osmín López Escalante, Nelson Funes, Héctor Nazario Salaverria Mathies, Roberto Villatoro, Jesús Grande, Douglas Alejandro Alas García, William Rizzieri Pichinte, Louis Agustín Calderón Cáceres, Hermes Alcides Flores Molina, Donato Eugenio Vaquerano Rivas, Carlos Armando Reyes Ramos, Rafael Hernán Contreras Rodríguez, Julio Eduardo Moreno Niños, Alejandro Dagoberto Marroquín, Román Ernesto Guerra, José Rafael Machuca Zelaya, José Antonio Almendáriz Rivas, Elizardo González Lovo, Rubén Orellana, Noel Orlando González, Mario Antonio Ponce, Carlos Walter Guzmán, Isidro Antonio Caballero, José Francisco Merino López, Ciro Cruz Zepeda Peña, René Aguiluz Carranza, Alfonso Arístides Alvarenga, Agustín Díaz Saravia, David Humberto Trejo, Mauricio Hernández Pérez, José Tomás Mejía Castillo, Horacio Humberto Ríos y Gerardo Antonio Suvillaga.

DECRETA la siguiente:

LEY DEL FONDO DE CONSERVACIÓN VIAL

TITULO I

DISPOSICIONES PRELIMINARES

CAPÍTULO ÚNICO

ASPECTOS GENERALES

Objeto de la Ley

Art. 1.- La presente Ley tiene como objeto establecer el marco legal para el financiamiento y gestión de la conservación de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible y de la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible, las cuales se definen posteriormente. (2)

Declaración de Interés Público

Art. 2.- Declárase de necesidad e interés público la conservación vial, la cual es una actividad pública y prioritaria del Estado, así como todos los actos conducentes a la consecución de los objetivos plasmados en la presente Ley.

Definiciones

Art. 3.- Para los efectos de esta Ley, se definen los siguientes conceptos:(2)

1. Conservación Vial: Amplio conjunto de actividades destinadas a preservar en forma continua y sostenida el buen estado de las vías terrestres de comunicación, de modo que se garantice un servicio óptimo al usuario. (2)

La conservación comprende actividades tales como el mantenimiento rutinario y periódico, la señalización, así como las labores de mantenimiento de puentes y obras de paso. (2)

El mantenimiento rutinario se refiere a la reparación localizada de pequeños defectos en la calzada y el pavimento; nivelación de superficies sin pavimentar y hombros; el mantenimiento regular del drenaje, los taludes laterales, los bordes, los dispositivos para el control de tránsito y otros elementos accesorios, la limpieza de fajas de derecho de vía y el control de la vegetación; por su naturaleza se aplica dicho mantenimiento una o más veces al año. (2)

El mantenimiento periódico es el que se refiere al tratamiento y renovación de la superficie, sus períodos de aplicación son mayores de un año. Considerándose el Tratamiento de la Superficie, como la actividad de mantenimiento periódico de los caminos pavimentados, por la cual se procura establecer las características del pavimento, sin llegar a ser un refuerzo estructural; y como Renovación de la Superficie, en un camino sin pavimentar, como la aplicación de una capa de material o trabajos consistentes en la adición de un material nuevo, pudiéndose efectuar un tratamiento de la base, antes de la colocación del mismo. En caminos pavimentados se refiere a la aplicación de una capa adicional sobre el pavimento, modificando en algunos casos la estructura subyacente y aumentando el refuerzo estructural. (2)

El Mantenimiento de los Puentes y Obras de Paso: Es el conjunto de actividades que es necesario realizar en los puentes y obras de paso, con el objetivo de garantizar la conectividad y transitabilidad en las rutas que corresponden a la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible. Puede consistir en trabajos tanto en la subestructura, superestructura, apoyos y estribos y plataforma de rodamiento, así como también el manejo de las aguas. (2)

La Señalización: Es el conjunto de actividades que se realizan en las carreteras con el objetivo de minimizar los accidentes, las cuales pueden realizarse en la superficie de rodamiento y hombros o en cualquier parte del derecho de vía; siempre y cuando contribuyan a evitar accidentes y mejorar la transitabilidad e identificación de las vías. (2)

La conservación no comprende la construcción de vías nuevas, tampoco la reconstrucción o la rehabilitación total o el mejoramiento de la vía para elevar su nivel de servicio; dichas actividades serán atribuciones del Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano, en aquellas vías de su competencia; de conformidad a lo establecido en la Ley de Carreteras y Caminos Vecinales. (2)

2. Red Vial Nacional Prioritaria: Conjunto de carreteras pavimentadas y caminos no pavimentados bajo la competencia del Gobierno Nacional, cuyo propósito fundamental es comunicar adecuadamente a los municipios del país, y a éste con el resto de la región centroamericana. La Red Vial Nacional Prioritaria se integra de la siguiente manera: (2)

a) Carreteras Pavimentadas, las cuales se subdividen en especiales, primarias y secundarias, de conformidad a lo que establece la ley de la materia; (2)

b) Camino Principal no Pavimentado, el cual conecta el municipio con la principal carretera pavimentada o municipios entre sí, así como otros tramos de prioridad nacional esenciales para el desarrollo agropecuario, turístico y económico del país; y, (2)

c) El conjunto de puentes y obras de paso comprendidas en las referidas carreteras y caminos. (2)

3. Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible: Conjunto de vías de la Red Vial Nacional Prioritaria, en buen y regular estado. La definición de dicha red será realizada periódicamente a partir de estudios técnicos contratados por el FOVIAL y con la debida coordinación con el Ministerio de Obras Públicas, Transporte y de Vivienda y Desarrollo Urbano. (2)

4. Red Vial Urbana: Conjunto de calles pavimentadas y caminos no pavimentados bajo la competencia de los Gobiernos Locales. (2)

5. Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible: Conjunto de vías pavimentadas de la Red Vial Urbana, en buen y regular estado, en las cuales los municipios no alcanzan a cubrir las necesidades de Conservación Vial. La determinación de dicha red será realizada periódicamente a partir de estudios técnicos contratados por el FOVIAL, de acuerdo a los criterios de priorización que se desarrollan en el Reglamento de esta Ley. (2)

TÍTULO II

DEL FONDO DE CONSERVACIÓN VIAL

CAPÍTULO I

CREACIÓN Y RESPONSABILIDADES

Creación del Fondo de Conservación Vial

Art. 4.- Créase el Fondo de Conservación Vial, que en adelante podrá abreviarse FOVIAL, como una entidad de derecho público, de carácter técnico, de utilidad pública, de duración indefinida, con personalidad jurídica y patrimonio propio, con plena autonomía en el ejercicio de sus funciones, tanto en lo financiero como en lo administrativo y presupuestario. Para el ejercicio de sus atribuciones que se establecen en esta Ley, su domicilio será la ciudad de San Salvador, pero podrá establecer dependencias en cualquier parte de la República.

Responsabilidad

Art. 5.- El FOVIAL tendrá como responsabilidad administrar eficientemente los recursos financieros que le corresponden, realizar un nivel adecuado de servicio de conservación en la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible y en la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible; mantener una adecuada comunicación con los usuarios de las vías y dar cuenta pública de sus acciones al menos una vez al año. (2)

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

Objetivos fundamentales

Art. 6.- Los objetivos fundamentales del FOVIAL son:

1. Velar por su sostenibilidad financiera así como por la eficiencia y eficacia institucional;
2. Propiciar una gestión de conservación vial caracterizada por su proactividad, la transparencia en su administración, la calidad en el servicio y la atención al usuario;
3. Asegurar un nivel adecuado de conservación vial, tomando como base los estándares técnicos que establezca el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, en su carácter de ente normativo;
4. Fomentar la participación de los usuarios de la infraestructura vial a través de diferentes modalidades y mantener hacia ellos una política de comunicación responsable en todo lo referente a la gestión institucional; y
5. Promover la participación del sector privado en las actividades de conservación vial, basada en principios de competitividad empresarial y transparencia.

CAPÍTULO III

ORGANIZACIÓN

Estructura Orgánica

Art. 7.- El FOVIAL tendrá la siguiente estructura orgánica básica:

1. El Consejo Directivo
2. La Dirección Ejecutiva
3. Las Unidades Operativas y de Asesoría

Para tratar aspectos de interés de diferentes sectores de la sociedad vinculados al tema de la gestión de la conservación vial o de aspectos que pudieran contribuir al alcanzar los objetivos del FOVIAL, el

Consejo Directivo podrá constituir Comités Externos. Dichos Comités tendrán un carácter técnico, consultivo y propositivo, una duración definida y no podrán ejercer atribuciones más allá que las contempladas en esta ley.

Integración del Consejo Directivo

Art. 8.- El Consejo Directivo se integrará de la siguiente manera:

1. El Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano;
2. Un representante del Ministro de Economía;
3. Tres representantes de los usuarios de la Red Vial, de diferentes gremiales de la Asociación Nacional de la Empresa Privada, los cuales deberán provenir del sector comercio, industria, agropecuario o de servicios; y
4. Dos representantes de los usuarios nombrados por el Presidente de la República.

La pertenencia al Consejo Directivo es indelegable.

Miembros Suplentes

Art. 9.- Por cada miembro propietario del Consejo Directivo habrá un suplente que lo sustituirá en su ausencia con los mismos derechos y facultades. El suplente del Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano será el Viceministro de Obras Públicas.

Presidencia del Consejo Directivo

Art. 10.- El Presidente del Consejo Directivo será el Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano. El Vicepresidente será elegido entre sus miembros, quien actuará en calidad de Presidente en funciones ante la ausencia justificada del primero.

Nombramiento del Consejo Directivo

Art. 11.- Para el nombramiento de los miembros del Consejo Directivo, exceptuando el Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, se observarán los siguientes criterios generales:

1. El representante propietario y suplente del Ministerio de Economía serán nombrados por el Ministro respectivo;
2. Los representantes propietarios y suplentes de la Asociación Nacional de la Empresa Privada serán nombrados directamente por dicha gremial a partir de procesos de consultas y participación de las gremiales que la conforman. Los representantes deberán ser socios activos de la entidad que representan; y
3. Los representantes de los usuarios nombrados por el Presidente de la República deberán ser personas de reconocida capacidad y credibilidad ante la sociedad.

Período de Funciones

Art. 12.- Los representantes propietarios y suplentes, excepto el Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, ejercerán sus funciones por períodos de tres años, pudiendo ser reelegidos únicamente por un período adicional.

Causales de Remoción

Art. 13.- Los miembros del Consejo Directivo únicamente podrán ser removidos o reemplazados, por solicitud razonada de la instancia que los nombró o de los usuarios, cuando haya conflicto de interés, por indicios claros de haber perdido la representatividad de su sector, por presentarse cualquiera de las inhabilidades referidas en esta Ley o cuando haya faltado sin causa justificada a tres sesiones del Consejo en un mismo año.

Derecho a Dietas

Art. 14.- Los representantes propietarios o suplentes en funciones, excepto el Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano y el Viceministro de Obras Públicas, que asistan a las reuniones tendrán derecho a las dietas de conformidad a lo establecido en el Reglamento de la presente Ley. En ningún caso se pagarán dietas por más de dos reuniones al mes. Las dietas formarán parte de los gastos administrativos del FOVIAL.

Validez de las Sesiones

Art. 15.- Se requiere por lo menos la concurrencia de cuatro representantes propietarios o suplentes en funciones, para que el Consejo Directivo pueda sesionar válidamente. A dichas sesiones pueden concurrir cada representante propietario con su respectivo suplente, actuando en estos casos el primero con voz y voto, y el segundo únicamente con voz. Los representantes suplentes reemplazarán a los propietarios, con voz y voto, en los casos de excusa, ausencia o impedimento temporal, con los mismos derechos y facultades.

Adopción de Resoluciones

Art. 16.- Las resoluciones se adoptarán por mayoría simple y en caso de empate, decidirá el Presidente del Consejo Directivo.

Requerimientos para ser Miembro del Consejo Directivo y Director Ejecutivo

Art. 17.- Para ser miembro del Consejo Directivo o Director Ejecutivo se requiere:

1. Ser de nacionalidad salvadoreña;
2. Tener título académico, preferentemente en las áreas de ingeniería civil, administración, economía, finanzas, derecho, con un mínimo de cinco años de experiencia en el sector público o privado;
3. Ser de reconocida y comprobada moralidad y honestidad; y

4. Presentar una declaración jurada certificada en la que se exprese no tener inhabilidades para ocupar el cargo.

Inhabilidades

Art. 18.- Son inhábiles para ser miembros propietarios o suplentes del Consejo Directivo o Director Ejecutivo:

1. Los que se encuentran vinculados con el Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, por razones de relaciones comerciales, reclamos u obligaciones pendientes por incumplimiento de contratos;
2. Los cónyuges o parientes dentro del cuarto grado de consanguinidad o segundo de afinidad del Presidente o Vicepresidente de la República, del Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano o del Viceministro de Obras Públicas, de cualquier miembro propietario o suplente del Consejo Directivo o del Director Ejecutivo;
3. Las personas naturales, socios de una misma sociedad de personas o de capital o que formen parte de juntas directivas en sociedades que liciten o pretendan licitar al FOVIAL o al Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano;
4. Las personas naturales o jurídicas cuya actividad ordinaria sea objeto de contratación del FOVIAL o representen los intereses de aquellos; y
5. Los declarados en concurso o quiebra, que no hubieren obtenido su rehabilitación.

Sustitución de un Miembro del Consejo Directivo

Art. 19.- Cuando existan o sobrevengan en alguno de los miembros propietarios o suplentes del Consejo Directivo cualesquiera de las inhabilidades establecidas en el artículo anterior, o se diera cualquiera de las causales de remoción, el Presidente del Consejo, previo acuerdo del Consejo Directivo, lo pondrá en conocimiento del que hizo la designación y se realizará la sustitución de acuerdo al procedimiento establecido. En caso de renuncia o muerte, deberá seguirse el proceso normal de elección. En estos casos, el nuevo miembro del Consejo fungirá hasta el período que le restaba al miembro sustituido.

En los casos de sustitución referidos anteriormente, las decisiones tomadas por el Consejo Directivo serán válidas siempre que no hayan concurrido vicios en el consentimiento al momento del otorgamiento del acto.

Frecuencia de las Sesiones

Art. 20.- El Consejo Directivo sesionará mensualmente de forma ordinaria o las veces que lo estime pertinente; en ningún caso deberá ser menor de una reunión por mes. Podrá sesionar de forma extraordinaria cuando lo convoque el Presidente del FOVIAL o lo soliciten tres miembros propietarios.

Atribuciones del Consejo Directivo

Art. 21.- Son atribuciones del Consejo Directivo:

1. Establecer las estrategias, políticas y programas del FOVIAL orientadas a una gestión eficiente, eficaz, relevante, transparente y sostenible;
2. Controlar el funcionamiento general del FOVIAL y verificar su conformidad con los planes, programas, orientaciones y políticas adoptadas por el Consejo Directivo;
3. Nombrar y remover al Director Ejecutivo;
4. Autorizar al Director Ejecutivo la celebración de los contratos, convenios o compromisos de la entidad, de conformidad a lo establecido en la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública;
5. Formular, diseñar y poner en práctica la estructura interna del FOVIAL;
6. Aprobar los procesos técnicos y administrativos, planta de personal, activos y sus modificaciones;
7. Velar por que ingresen oportunamente al FOVIAL los recursos que le corresponden y ejercer las acciones conducentes para ello. Para tal efecto, el FOVIAL, deberá practicar las verificaciones y auditorías ante los agentes de retención;
8. Dar por unanimidad poderes especiales o exclusivos al Director Ejecutivo en casos que sea necesario. En esta circunstancia, el Director Ejecutivo únicamente podrá ejercer las atribuciones especiales para el propósito y duración que se le faculta;
9. Determinar el salario del Director Ejecutivo;
10. Conocer y aprobar las propuestas salariales para el personal del FOVIAL;
11. Aprobar el presupuesto anual de ingresos y egresos del FOVIAL;
12. Administrar con autonomía los recursos para la conservación vial;
13. Definir por votación unánime la política de manejo de efectivo;
14. Establecer relaciones con organismos nacionales o extranjeros para la colaboración técnica o financiera;
15. Aprobar todos los contratos necesarios para la consecución de los objetivos del FOVIAL;
16. Propiciar la transferencia de tecnología y la investigación en el campo de la infraestructura vial con organismos nacionales y extranjeros;
17. Fiscalizar la ejecución de los contratos suscritos con terceros, y aprobar aquellos propuestos por el Director Ejecutivo, que sobrepasen la cantidad límite que establezca el Consejo Directivo;
18. Aprobar la memoria anual y los estados financieros del FOVIAL;

19. Conocer y resolver cualquier situación no prevista en la presente Ley, en cuyo caso se requerirá unanimidad de votos de la totalidad de los miembros; y

20. Garantizar que las auditorías se practiquen oportunamente y correspondan a los períodos indicados.

Atribuciones del Presidente del Consejo Directivo

Art. 22.- Corresponde al Presidente del Consejo Directivo:

1- Representar en forma judicial y extrajudicial al FOVIAL, pudiendo otorgar poderes generales, judiciales, administrativos y especiales, previa autorización del Consejo Directivo;

2- Presidir las sesiones del Consejo Directivo; y

3- Suscribir los contratos celebrados por el FOVIAL, dentro de las facultades que le otorga esta Ley, el Reglamento y el Consejo Directivo.

Atribuciones del Director Ejecutivo

Art. 23.- Son atribuciones del Director Ejecutivo:

1.- Dirigir, orientar, coordinar, vigilar y ejecutar las funciones que le son asignadas al FOVIAL, así como todas aquellas inherentes a su cargo;

2.- Dirigir y administrar el funcionamiento del FOVIAL y ejecutar las decisiones del Consejo Directivo;

3.- Ejecutar las políticas, programas y lineamientos del FOVIAL;

4.- Proponer al Consejo Directivo el presupuesto y el plan anual del FOVIAL para ejecutarlo una vez aprobado;

5.- Participar en las reuniones del Consejo Directivo en carácter de Secretario, teniendo voz, pero no voto;

6.- Elaborar manuales e instructivos, de acuerdo a las indicaciones del Consejo Directivo;

7.- Seleccionar, contratar y remover al personal del FOVIAL, de acuerdo a los procedimientos respectivos;

8.- Someter a aprobación del Consejo Directivo los estados financieros auditados, así como la memoria anual de labores;

9.- Establecer sistemas de información gerencial que permitan un monitoreo objetivo y transparente de los proyectos, recursos y gestión del FOVIAL; y,

10.- Diseñar y operar un sistema de información, servicio y relaciones con los usuarios de las vías, que permita a éstos conocer las condiciones y obras desarrolladas con los recursos del FOVIAL.

Comunicaciones y Capacitación

Art. 24.- El FOVIAL incurrirá en su presupuesto la partida pertinente para financiar programas de divulgación, promoción, educación y comunicación con los usuarios de la infraestructura vial, así como para capacitar a sus funcionarios, con miras a fortalecer los programas en materia de conservación vial y la transferencia de tecnología.

Selección de Proyectos

Art. 25.- El FOVIAL definirá la política de inversión sobre la base de criterios técnicos, impacto de los proyectos en su área de influencia, criterios de priorización y disponibilidad de recursos. Dicha política será comunicada a la ciudadanía y estará a la disposición para la consulta de cualquier sector. En la selección de proyectos y priorización deberá estimularse la participación ciudadana y los mecanismos de consulta.

CAPÍTULO IV

ESTABLECIMIENTO DE LA CONTRIBUCIÓN DE CONSERVACIÓN VIAL

Art. 26.- Establécese la contribución de conservación vial. En consecuencia constituye hecho generador de la citada contribución la venta o cualquier forma de transferencia de propiedad de diesel y gasolinas o sus mezclas con otros carburantes que realicen importadores o refinadores. En los casos de personas naturales o jurídicas que importen directamente dichos productos para su propio consumo, la contribución se generará en el momento que dichos productos ingresen al país.

El valor de la contribución de conservación vial será de veinte centavos de dólar americano (US\$0.20) por galón de diesel, gasolinas o sus mezclas con otros carburantes. Se exceptúa de esta disposición la gasolina de aviación y el combustible utilizado para las actividades de pesca. Para los efectos de la presente exclusión, constituyen actividades de pesca únicamente la extracción de producto hidrobiológico. En el caso de las personas naturales o jurídicas que se dediquen a las actividades de pesca referidas en este inciso, éstas deberán estar inscritas en el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura, y CENDEPESCA les deberá extender un documento de identificación para el goce del beneficio concedido en este inciso, el cual deberá ser presentado al distribuidor de combustibles oportunamente. (3)

La contribución de conservación vial deberá ser retenida por el importador o refinador, al momento de la venta o transferencia de combustibles en el mercado local.

Dentro de los primeros cinco días hábiles de cada mes, los importadores o refinadores locales deberán enterar al Fondo General del Estado las contribuciones acumuladas del mes anterior, asimismo, dentro

del mes siguiente al período de recaudación, deberán informar por escrito al FOVIAL sobre las cantidades enteradas, anexando una declaración jurada del volumen facturado y/o transferido.

INCISO DEROGADO. (1) (4)

Facultades Institucionales (4)

Art. 26-A. Para la aplicación de la exclusión del cargo de la Contribución de la Conservación Vial a las personas que se dedican a la pesca extractiva, el Ministerio de Agricultura y Ganadería y el Ministerio de Hacienda, desarrollarán la coordinación interinstitucional necesaria para operativizar dicha exclusión, el primero a través de la Dirección del Centro de Desarrollo de la Pesca y la Acuicultura, en lo sucesivo CENDEPESCA, y el segundo a través de la Dirección General de Impuestos Internos, en adelante DGII y de la Dirección General de Tesorería, en lo sucesivo DGT. (4)

1) El Ministerio de Agricultura y Ganadería por medio de CENDEPESCA tendrá las siguientes facultades u obligaciones: (4)

a) Facilitar el formulario de solicitud para la obtención del Documento de Identificación para la exclusión de la Contribución, en adelante llamado DIF, y establecer los requisitos y procedimientos para su extensión, renovación y reposición, y su modalidad de emisión. La extensión del mismo por primera vez no tendrá costo, mientras que su renovación o reposición tendrá un costo de 1/25 del salario mínimo mensual para el comercio y servicios, el cual se determinará multiplicando el salario mínimo diario en jornada diurna por treinta días, y su vigencia será de tres años. Dicho documento acreditará a las personas dedicadas a la extracción de productos hidrobiológicos para extracción del combustible excluido de la contribución; (4)

b) Establecer cuotas de combustible por embarcación para los beneficiarios de la exclusión del cargo de la contribución, tomando en consideración la clasificación de pesca que establece la Ley General de Ordenación y Promoción de Pesca y Acuicultura, para las embarcaciones pesqueras y otros criterios técnicos como las respectivas especies objeto de captura y el establecimiento de categorías según el tipo y potencia de los motores; (4)

c) Proporcionar mensualmente dentro del plazo de tres días hábiles siguientes al vencimiento del mes anterior, la información en medios escritos o electrónicos a la DGII, sobre las personas naturales y jurídicas a quienes haya emitido el DIF, el volumen de combustible mensual asignado por DIF, número de registro, Número de Identificación Tributaria, matrícula de la embarcación, potencia del motor, y tipo de combustible asignado; (4)

d) Proporcionar con la debida antelación a la DGII, la información contenida en el Registro Nacional de Pesca y Acuicultura y su actualización, para fines de una correcta aplicación del artículo 26 de esta Ley y su Reglamento que para dicho efecto se emita; (4)

e) Informar oportunamente a la DGII, cuando en el ejercicio de sus facultades tuviere conocimiento, respecto de personas excluidas del pago de la contribución, que han utilizado la cuota de combustible parcial o totalmente para fines distintos al autorizado, o que hayan adquirido una cuota mayor a la asignada. (4)

2) El Ministerio de Hacienda por medio de la DGII o de la DGT, según corresponda, tendrá las siguientes facultades: (4)

a) Verificar y resolver por medio de la DGII sobre las solicitudes de devolución de los valores de la contribución, pagadas por las personas que realizaron las ventas excluidas de la misma a los sujetos que se dedican a la actividad de pesca, relacionada con la extracción de productos hidrobiológicos. Dicha resolución por parte de la DGII deberá ser notificada en un plazo que no exceda de quince días hábiles contados a partir del día en que se reciba la solicitud; (4)

b) Fiscalizar y controlar por medio de la DGII, a los agentes retenedores de la contribución, a los sujetos excluidos y a los agentes económicos que en virtud de lo dispuesto en la presente Ley, vendan productos obligados al pago de la contribución, con la dispensa del mismo. Para ese efecto, respecto de lo no contemplado en las disposiciones de la presente Ley, se aplicará lo establecido en el Código Tributario; (4)

c) Por medio de la DGT, hacer efectivo el pago del valor que corresponda devolver a los agentes económicos en concepto de contribución pagada a sus proveedores, y la cual no haya sido cobrada a los adquirentes de los combustibles, éstos en virtud de estar excluidos de conformidad a lo establecido en el artículo 26 de esta Ley. Con este propósito, la DGT del total de la recaudación mensual de la contribución reservará los fondos necesarios para hacer efectivas las devoluciones indistintamente del período al cual correspondan, entregando al FOVIAL únicamente la diferencia; constituyendo para efectos de la devolución una reserva inicial de fondos por DOSCIENTOS CINCUENTA MIL DÓLARES DE LOS ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA (US \$250,000), la cual podrá ajustar mensualmente de conformidad al monto solicitado en concepto de devolución. La DGT podrá efectuar el pago mediante depósitos en cuentas bancarias indicadas por los solicitantes y otro medio que permita hacer el pago de manera expedita; (4)

d) Elaborar por medio de la DGT, las respectivas conciliaciones donde se establezca el monto de la recaudación, los valores que se utilicen para la reserva de fondos citada en el literal anterior, la cantidad entregada al FOVIAL y las sumas pagadas en concepto de devolución para su informe al FOVIAL; (4)

Coordinación Institucional (4)

Art. 26-B. Para implementar la exclusión de la contribución a los sujetos que se dedican a la actividad de pesca extractiva, se demanda de una coordinación de las diferentes entidades que participan en el proceso, en razón de lo cual se establece: (4)

a) Cada una de las instituciones en el marco de sus competencias, determinará de forma coordinada entre las mismas, los procedimientos y demás requisitos para operativizar la aplicación de la exclusión de la contribución; (4)

b) Sin perjuicio de las facultades establecidas en el artículo 26-A, el Ministerio de Hacienda en coordinación con el Ministerio de Agricultura y Ganadería, podrá desarrollar un sistema electrónico de control de cuotas y de los saldos de consumo de combustible por sus propios medios o a través de terceros. (4)

Documentación, registro y derecho de devolución (4)

Art. 26-C. Las personas que transfieran combustible con las dispensa de pago de la contribución, deberán consignar en el Comprobante de Crédito Fiscal o Factura que sustente la venta, el nombre del comprador, número del DIF y el Número de Identificación Tributaria. (4)

Toda persona o agente económico autorizado por el Ministerio de Economía para la comercialización de combustible, deberá realizar las transferencias de dominio de combustible a los sujetos dedicados a la actividad de pesca extractiva con la dispensa del pago de la contribución, cumpliendo con lo dispuesto en la presente Ley. (4)

En dicho caso, quien transfiere el bien tendrá derecho a la devolución de la contribución pagada en ocasión de adquirir el combustible; excepto si la transferencia la efectuare el importador o refinador en razón de que éste no habría incurrido en el pago de la contribución en una etapa anterior. (4)

Tendrán derecho a la devolución de la contribución aquellos sujetos que hubiesen pagado la misma al adquirir combustible y de conformidad a una ley o tratado internacional vigente en el país gocen de la exoneración de ese gravamen, aplicándose para tales efectos lo dispuesto en los artículos 26-A numeral 2, 26-B literal d) de esta Ley, y del 212 al 216 del Código Tributario, en lo que fueren aplicables. (4)

La solicitud respectiva deberá ser presentada ante el Ministerio de Hacienda por medio de la DGII en los formularios que ésta elabore, disponga o entregue, la cual podrá ser presentada por escrito o por medios tecnológicos o electrónicos, consignando, según corresponda, el nombre y NIT del titular del derecho, período a que corresponda la solicitud, nombre, DIF y NIT de la persona a quien le vendió el combustible, referencia de los documentos que respalden la venta, monto de unidades y de la venta, valor solicitado y los demás requisitos que por razones técnicas establezca dicha Dirección General. (4)

El derecho de la petición de la devolución caduca en el plazo de dos años contados a partir de la fecha en que se transfirió el combustible con la dispensa del pago de la contribución en el supuesto del combustible utilizado para fines de pesca o a partir de la fecha en que se efectuó el pago de la misma en el supuesto de la devolución como mecanismo para hacer efectiva la exoneración contenida en instrumentos internacionales. (4)

Art. 26-D. Al obtener y renovar el DIF, los solicitantes deberán informar a CENDEPESCA el nombre del titular y la dirección de las gasolineras en donde se abastezcan de combustible; asimismo, deberán informar modificaciones o adiciones en cuanto a proveedores a más tardar dentro del mes siguiente en que surjan tales cambios; a su vez, CENDEPESCA incluirá la información así obtenida en el informe mensual a que se refiere el artículo 26-A numeral 1) letra d) de la presente Ley. (4)

CAPÍTULO V

RÉGIMEN ECONÓMICO Y FINANCIERO

Patrimonio

Art. 27.- El patrimonio del FOVIAL estará constituido por:

- 1.- Un aporte inicial proveniente del Presupuesto General en concepto de capital fundacional el cual podrá ascender hasta TRESCIENTOS CINCUENTA MILLONES DE COLONES (¢350,000.000.00);

- 2.- Las transferencias de recursos que anualmente se deberán consignar en el presupuesto general en el Ramo de Obras Públicas;
- 3.- Aportes extraordinarios que por cualquier concepto le otorgue el Estado;
- 4.- Empréstitos, herencias, legados y donaciones nacionales o extranjeras destinadas a la consecución de los objetivos del FOVIAL;
- 5.- Las ganancias o rentas que produzcan la colocación de sus recursos en el sistema financiero o de valores;
- 6.- Cualquier otro ingreso aprobado para tal efecto que tenga relación directa con el deterioro de la Red Vial Nacional; y
- 7.- Los bienes muebles, inmuebles y valores adquiridos al inicio de sus funciones o durante su operación.

Asignación del Presupuesto General

Art. 28.- La asignación anual del presupuesto general en el Ramo de Obras Públicas, a que se refiere el numeral 2 del Art. 27 de esta Ley, se calculará en base al monto generado por la aplicación de lo dispuesto en el Art. 26 de esta ley.

Dicha asignación se considerará ampliada automáticamente con el exceso del monto de los ingresos calculados de acuerdo al inciso anterior.

Colocación de Recursos en el Sistema Financiero o de Valores

Art. 29.- Los recursos percibidos por el Fondo de Conservación Vial podrán ser colocados en entidades o instrumentos autorizados por la Superintendencia del Sistema Financiero o Superintendencia de Valores, siempre y cuando no afecte su disponibilidad para cumplir con la naturaleza y objetivos del FOVIAL. Las rentas que se generen constituirán parte de su patrimonio.

Aplicación de los Recursos Financieros

Art. 30.- El FOVIAL aplicará los recursos percibidos y establecidos en la presente ley, exclusivamente en las siguientes actividades: (2)

1. Mantenimiento de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible. Los recursos aplicados bajo este concepto deberán asignarse con base a criterios técnicos establecidos en el Reglamento de esta Ley;(2)
2. Mantenimiento de la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible. Las inversiones que efectúe el FOVIAL en el servicio de conservación de la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible, deberán efectuarse respetando la relación de proporcionalidad respecto de su presupuesto anual que se establezca en el Reglamento de esta Ley; (2)

3. Contratación de consultorías que permitan preparar planes futuros para programas de trabajo anuales y multianuales, así como cualquier otro servicio que contribuya al fortalecimiento institucional, (2)

4. Financiar los programas a los que se refiere el Art. 24 de esta Ley; y, (2)

5. Financiar los gastos operativos y administrativos del FOVIAL, cumpliendo lo dispuesto en la presente Ley. (2)2

Límite de Gastos Operativos y Administrativos

Art. 31.- Los recursos destinados a financiar los gastos a que se refieren los numerales 3) y 4) del artículo anterior de esta Ley, no podrán superar el 5% de los ingresos corrientes anuales del Fondo.

Recursos de Organismos Financieros Internacionales

Art. 32.- Cuando se apliquen recursos financieros procedentes de gobiernos u organismos internacionales, para la contratación de servicios relacionados con la gestión del FOVIAL, serán tomadas en consideración las disposiciones que en materia de adquisición de bienes y servicios estén contenidas en los convenios o acuerdos internacionales existentes, con los gobiernos u organismos respectivos.

Prohibición de Transferencias o Contrataciones

Art. 33.- El FOVIAL no podrá transferir a ningún título recursos financieros o contratar directa o indirectamente al Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano ni a otra entidad pública o municipal.

CAPÍTULO VI

FISCALIZACIÓN Y AUDITORÍA

Fiscalización

Art. 34.- El FOVIAL estará sujeto a la fiscalización de la Corte de Cuentas de la República.

Auditorías

Art. 35.- El FOVIAL contará con los controles financieros que sean necesarios para garantizar el adecuado uso de los recursos que constituyen su patrimonio, para cuyo efecto contará con una Auditoría Interna, la cual será nombrada por el Consejo Directivo, pudiendo asistir al Director Ejecutivo cuando el Consejo así lo determine.

El FOVIAL estará sujeto a una auditoría externa anual de sus estados financieros desempeñada por una firma especializada, contratada de acuerdo a los procedimientos de ley; así como a una auditoría integral cada dos años, en la cual estarán inhibidas de participación las firmas que hayan realizado auditorías anuales. Los informes de todas las auditorías externas e integrales se publicarán al menos en dos medios de circulación nacional y estarán a disposición de quien lo solicite.

TÍTULO III
DE LOS CONTRATOS DE CONSERVACIÓN VIAL

CAPÍTULO I
CONTRATACIÓN

Contratación

Art. 36.- El FOVIAL bajo ningún concepto ejecutará directamente labores de conservación vial.

Responsabilidad de Consultores, Contratistas y Suministrantes

Art. 37.- El FOVIAL suscribirá contratos con consultores, contratistas y suministrantes en los cuales quedará claramente establecida la responsabilidad y las penalidades en caso de no cumplimiento y deberán hacerse efectivas.

Régimen Especial para Contratos de Mantenimiento Rutinario

Art. 38.- El FOVIAL reglamentará el régimen para el otorgamiento de contratos de mantenimiento rutinario definido en el Art. 3 numeral 1 de esta Ley, orientado a una contratación transparente, ágil y estimuladora de la generación de empleos en las áreas de influencia donde se implementen los respectivos proyectos.

Dichos contratos tendrán como vigencia el período fiscal dentro del cual se suscriben. Sin embargo, para aquellos contratistas cuyo desempeño y trabajo haya sido satisfactorio de acuerdo a los parámetros de evaluación previamente conocidos por los contratistas, el FOVIAL podrá prorrogarle automáticamente el contrato por un año más, haciendo los ajustes que permitan los documentos contractuales respectivos. Dicho tipo de prórroga no podrá realizarse por más de dos veces consecutivas. Al año siguiente al que haya sucedido a la segunda prórroga consecutiva, deberá aplicarse el proceso de licitación, adjudicación y contratación pertinente.

Rescisión de Contrato

Art. 39.- En caso de incumplimiento del contrato por parte del contratista, el FOVIAL podrá rescindirlo de forma inmediata de acuerdo a lo estipulado en los documentos contractuales.

El contratista que se encontrare en la situación expresada en el inciso anterior no podrá suscribir contratos con el FOVAL por un período de cinco años.

Con el objeto de garantizar la continuidad del mantenimiento del proyecto afectado, el FOVIAL podrá adjudicarlo en forma directa de conformidad a lo establecido en el Art. 40, literal d) de la Ley de Adquisiciones y Contrataciones de la Administración Pública.

CAPÍTULO II

SUPERVISIÓN DE LAS OBRAS

Suscripción de Contratos de Supervisión

Art. 40.- El Presidente del Consejo Directivo, de acuerdo a los procedimientos respectivos y previa autorización del Consejo Directivo, contratará con personas naturales o jurídicas para supervisar la correcta ejecución del servicio de conservación vial. Las órdenes e instrucciones de los supervisores deberán ser cumplidas por los contratistas, siempre que se ajusten a las disposiciones legales correspondientes y a los documentos contractuales.

TÍTULO IV

DISPOSICIONES FINALES

CAPÍTULO ÚNICO

Nombramiento del Primer Consejo Directivo

Art. 41.- Una vez entre en vigencia la presente Ley, el Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano, en calidad de Presidente del Consejo Directivo, procederá a solicitar por escrito al Presidente de la República y al Ministro de Economía, el nombramiento de los miembros representantes y suplentes respectivos; así como a solicitar a la Asociación Nacional de la Empresa Privada, a través de publicaciones en dos periódicos de circulación nacional, el nombramiento de los miembros correspondientes.

Constitución del Consejo Directivo

Art. 42.- El Consejo Directivo deberá constituirse dentro de los treinta días siguientes a la vigencia de la presente Ley.

Período de Organización Inicial

Art. 43.- A partir de la constitución del Consejo Directivo, se procederá a la organización interna inicial, la cual no deberá exceder de seis meses. Pasado dicho período, el FOVIAL deberá proceder a tomar las acciones pertinentes para la contratación de obra de acuerdo a la disponibilidad de recursos.

Incentivos para Extrabajadores del Ministerio de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano

Art. 44.- Se define el siguiente sistema de incentivos para extrabajadores del Ministerio de Obras Públicas que a partir de la entrada en vigencia de esta Ley se acojan al programa de retiro voluntario y conformen pequeñas empresas de mantenimiento vial.

Durante un período de un año desde el inicio de las contrataciones del FOVIAL, se realizarán concursos o licitaciones públicas entre las empresas referidas en el inciso anterior. En aquellas licitaciones en que participen empresas de extrabajadores del Ministerio de Obras Públicas y otras empresas, en igualdad de condiciones tendrán prioridad las primeras. Del mismo son aplicables las disposiciones del Art. 38 de esta Ley.

Venta de Activos

Art. 45.- El FOVIAL podrá vender maquinaria, equipos y otros activos que reciba en concepto de donaciones que se le hagan para ese fin, dichas ventas se harán únicamente en el caso que la misma se haga a favor de extrabajadores del Ministerio de Obras Públicas. El FOVIAL podrá conceder financiamiento para la adquisición de dichos bienes.

Los valúos que deban emitirse de conformidad a lo establecido en este artículo, serán determinados por el Consejo Directivo del FOVIAL.

Inversiones Adicionales al Mantenimiento

Art. 46.- El FOVIAL, sin menoscabo de la Conservación Vial y por razones de interés público, podrá mediante acuerdo razonado emitido por el titular, asignar recursos de inversión a proyectos de reconstrucción, rehabilitación o mejoramiento dentro de la Red Vial Nacional Prioritaria Mantenible y de la Red Vial Urbana Prioritaria Mantenible, ya sea con recursos propios o con recursos provenientes de otras fuentes de financiamiento. (2)

La determinación de dichos proyectos se realizará a partir de estudios técnicos efectuados por FOVIAL. Estos proyectos deberán ser incorporados posteriormente a la gestión de dicha entidad. (2)

Carácter Especial de la Ley

Art. 47.- La presente Ley es de carácter especial y prevalecerá sobre cualquier disposición que la contraríe.

Reglamento

Art. 48.- El Presidente de la República, deberá emitir el Reglamento de la presente Ley dentro del plazo de 120 días contados a partir de su vigencia.

Vigencia de la Ley

Art. 49.- La presente Ley entrará en vigencia ocho días después de su publicación en el Diario Oficial.

DADO EN ELSALÓN AZUL DEL PALACIO LEGISLATIVO: San Salvador, a los treinta días del mes de noviembre del año dos mil.

CIRO CRUZ ZEPEDA PEÑA,
PRESIDENTE.

WALTER RENÉ ARAUJO MORALES,
VICEPRESIDENTE.

CARMEN ELENA CALDERÓN DE ESCALÓN,
SECRETARIA.

ALFONSO ARISTIDES ALVARENGA,
SECRETARIO.

RUBÉN ORELLANA,
SECRETARIO.

JULIO ANTONIO GAMERO QUINTANILLA,
VICEPRESIDENTE.

JOSÉ RAFAEL MACHUCA ZELA,A
SECRETARIO.

WILLIAM RIZZIERY PICHINTE,
SECRETARIO.

AGUSTÍN DÍAZ SARAVIA,
SECRETARIO.

CASA PRESIDENCIAL: San Salvador, a los once días del mes de diciembre del año dos mil.

PUBLÍQUESE,

FRANCISCO GUILLERMO FLORES PÉREZ,
Presidente de la República.

JOSÉ ANGEL QUIROS NOLTENIUS,
Ministro de Obras Públicas, Transporte, Vivienda y Desarrollo Urbano.

REFORMAS:

(1) D.L. Nº 597, del 31 de octubre de 2001, publicado en el D.O. Nº 212, Tomo 353, del 9 de noviembre de 2001.

(2) D.L. Nº 342, del 21 de junio de 2007, publicado en el D.O. Nº 115, Tomo 375, del 25 de junio de 2007.

(3) Decreto Legislativo No. 114 de fecha 12 de octubre de 2006, publicado en el Diario Oficial No. 57, Tomo 378 de fecha 31 de marzo de 2008.

(4) Decreto Legislativo No. 789 de fecha 18 de diciembre de 2008, publicado en el Diario Oficial No. 8, Tomo 382 de fecha 14 de enero de 2009.

ANEXO “B”

SIMBOLOGIA DEL UNALPCI

Para el uso del “UnaIPCI” el usuario debe identificar los siguientes campos:

COD: Código de la vía.

DATE: Fecha del inventario.

ABS I y ABS F: Abscisa inicial y final de la unidad inventariada.

UNIT: Unidad inventariada.

ÁREA: Área de la unidad inventariada en pavimentos asfálticos.

LOSAS: Área de la unidad de muestreo para pavimentos de concreto hidráulico.

FL1 – FH19: Medida del daño para las 19 patologías de pavimento asfáltico en los tres niveles de severidad.

RL21-RH39: Medida del daño para las 18 patologías de pavimento de concreto hidráulico en los tres niveles de severidad.

DONDE:

L, M y H: Son las severidades correspondientes a cada deterioro

(L: Baja, M: Media y H: Alta)

Los Números del “1” al “19” indican los distintos tipos de deterioro para pavimentos asfálticos:

1	Piel de cocodrilo	8	Fisura de Reflexión de junta.	15	Ahuellamiento.
2	Exudación.	9	Desnivel carril/berma	16	Desplazamiento.
3	Agrietamiento en bloque.	10	Fisuras longitudinal y transversal.	17	Fisura Parabólica.
4	Abultamiento y Hundimiento.	11	Bacheo.	18	Hinchamiento.
5	Corrugación.	12	Pulimiento de Agregados.	19	Desprendimiento de Agregados.
6	Depresión.	13	Huecos.		
7	Fisura de borde.	14	Cruce de vía férrea.		

Los Números del “21” al “39” indican los distintos tipos de deterioro para pavimentos de concreto hidráulico:

21	Blow up / Buckling.	28	Fisuras lineales (long, diag y trans).	35	Cruce de vía férrea
22	Fisura de esquina.	29	Parqueo (grande).	36	Descascaramiento, Mapa de grietas
23	Losa dividida.	30	Parqueo (pequeño)	37	Retracción
24	Grieta de durabilidad “D”.	31	Pulimento de agregados	38	Descascaramiento de esquina
25	Escala.	32	Popouts	39	Descascaramiento de junta
26	Daño del sello de junta.	33	Bombeo		
27	Desnivel Carril / Berma.	34	Punzonamiento.		

ANEXO “C”

MANUALES DE INVENTARIO FISICO DE VIAS PAVIMENTADAS

1. IDENTIFICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DE RUTA.

Datos a relevar	
Datos	Conceptos
Tramo	Nombre de inicio y final del tramo
Departamento	Mantener una codificación del tramo en relación al departamento en que se ubica
Tipo de carretera	Mantener una codificación del tipo de carretera en cuestión
Numero de ruta	Mantener una codificación del tramo para referenciarlo a la ruta que pertenece
Dirección	Mantener referenciado en sentido del tramo
Clasificación de la vía	De acuerdo a la ruta en cuestión
Tipo de Superficie	Mantener identificado el tipo de revestimiento con que la vía cuenta. Los cuales pueden ser de Asfalto o Hidráulico.
Km Inicial	Mantener una referencia del inicio del tramo
Km Final	Mantener una referencia del final del tramo
A excepción del tipo de superficie todas estas referencias deben tomarse acordes a la codificación de la Red Vial Prioritaria	

GEOMETRÍA.

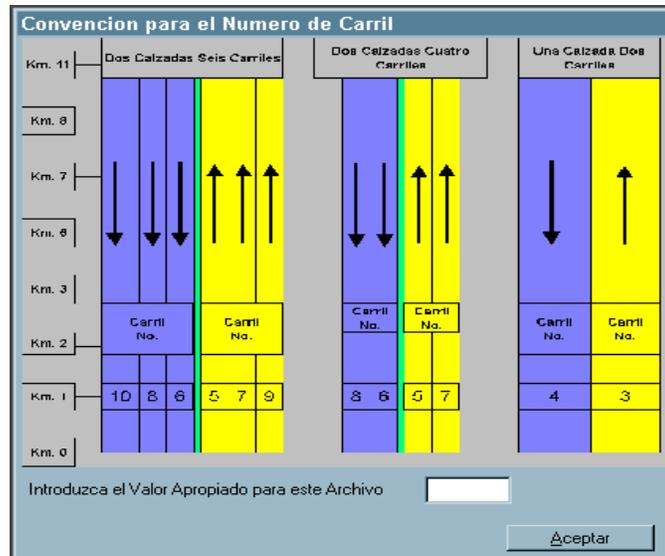
En el inventario de inspecciones los datos a relevar son:

- **Ancho del carril (m):** equivale a la longitud en metros entre el centro de la calzada hasta el borde del pavimento (sin hombros) para calzadas de dos carriles, o en su defecto entre líneas de separación de carriles. Si no existen demarcaciones de circulación, tomar ancho de calzada y dividirlo en líneas de circulación. Se define también el tipo de superficie, siendo en concreto asfáltico o concreto hidráulico.



Ancho de carril en carreteras de dos carriles

Número de carril: es un código internacional numérico que representa la asignación de los carriles según el tipo de vía (una calzada y dos carriles, dos calzadas con cuatro carriles, etc.). Ver a continuación figura detalles de la interpretación de éste código:



Convención para el número de carril.



Código para carretera de dos carriles

Si el inventario se realiza en el sentido del carril No. 3 indica que se está hablando de una carretera de 2 carriles y que el levantamiento es en el sentido ascendente del kilometraje.



Código para carretera de dos carriles

Código para carretera de cuatro carriles

Si el inventario se realiza en el sentido del carril No. 7, indica que se esta hablando de dos carriles en el sentido ascendente del kilometraje. Si el inventario se realiza en el sentido del carril No. 8 indica que se esta hablando de dos carriles en el sentido descendente del kilometraje.



Código para carretera de cuatro carriles

Código para carretera de seis carriles

Si el inventario se realiza en el sentido del carril No. 9, indica que se está hablando de tres carriles en el sentido ascendente del kilometraje. Si el inventario se realiza en el sentido del carril No. 10 indica que se está hablando de tres carriles en el sentido descendente del kilometraje.



Código para carretera de seis carriles

8. DAÑOS VISUALES EN SUPERFICIE DE LA CALZADA.

8.1- Rodaje

La información a recopilar en cada vía es la siguiente:

- Tipo de pavimento: siendo este flexible o rígido
- En **Pavimentos Flexibles** los daños a inventariar son: huecos, baches, fisuras (longitudinales y transversales), piel de cocodrilo y pérdida de agregados. Para todos los daños se relevará la extensión en porcentaje de área de la sección, y solamente para los daños tipo piel de cocodrilo se relevará la severidad.

A continuación se realiza una descripción de los daños en pavimentos flexibles.

Fisuras: involucra todas las fisuras tanto longitudinales, como transversales. No define grado de severidad.



Pérdida de agregados: desprendimiento de agregados de la mezcla asfáltica superficial. No se define grado de severidad.



Piel de cocodrilo: son fisuras interconectadas en diferentes etapas de desarrollo, formando piezas angulosas. Se define grado de severidad en medio, alto y muy alto.

Se define como piel de cocodrilo medio cuando las fisuras abiertas están interconectadas, formando piezas. El grado alto indica las fisuras más abiertas, y no hay movimiento entre piezas ante el tránsito. Mientras que el grado de severidad muy alto indica que existe movimiento entre las piezas y además presenta bombeo de finos, con pérdida de esquinas.



Huecos: Es la desintegración total del pavimento generando una oquedad de diferentes tamaños en la superficie.



Bacheo: Se define como las reparaciones realizadas sobre un hueco u otro daño.



➤ En **Pavimentos Rígidos** los daños a inventariar son: huecos, fisuras, dislocamiento, losas subdivididas y deficiencia en sello de juntas. Para cada uno de estos daños se relevará la extensión en porcentaje de área en la estación.

A continuación se realiza una breve descripción de los daños en pavimentos rígidos.

Hueco: Es la desintegración total de la losa de concreto generando una oquedad de diferentes tamaños en la superficie.

Fisuras: involucra todas las fisuras, longitudinales, diagonales y transversales. No define grado de severidad.



Dislocamiento: es una diferencia de elevación en una junta o una fisura.

Losas subdivididas: es la partición de una losa en varias porciones. No se define grado de severidad.

Deficiencia en sello de juntas: Falta de sello, permitiendo el ingreso de agua o materiales a través de las juntas. No se define grado de severidad.

