

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN SUPERFICIAL POR EL
MÉTODO PASER, CARRETERA CAÑETE – CHUPACA.
MODELO DE DETERIORO Y CONTRASTACIÓN EN CAMPO**

INFORME DE SUFICIENCIA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

OSCAR AUGUSTO CASAS MOLINA

Lima- Perú

2011

© 2011, Universidad Nacional de Ingeniería. Todos los derechos reservados

“El autor autoriza a la UNI a reproducir el Informe de Suficiencia en su totalidad o en parte, con fines estrictamente académicos.”

Casas Molina, Oscar Augusto

o_cmolina@hotmail.com.

987542667 – 3818907

ÍNDICE

RESUMEN	3
LISTA DE CUADROS	4
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE FOTOGRAFÍAS	5
INTRODUCCIÓN	6
CAPÍTULO I.- GENERALIDADES	
1.1 Antecedentes	8
1.2 Objetivo	9
1.3 Justificación	10
1.4. Ubicación	10
1.5. Clima y Topografía	11
1.6. Tramo Evaluado Km. 139+000 - 144+000	12
CAPÍTULO II.- MARCO TEORICO	
2.1. Evaluación Superficial	15
2.2. Métodos de Evaluación Superficial	17
2.2.1. Índice de Condición de Pavimento - PCI	17
2.2.2. Método VIZIR	21
2.2.3. Evaluación de Condición de Pavimento – PASER	25
2.2.4. Sistematización del método PASER mediante el Roadsoft Software	36
CAPÍTULO III.- ANALISIS DEL DISEÑO DE LA CURVA DE DETERIORO	
Aplicación al Tramo 139+000 - 144+000 CON MONOCAPA	
3.1. Toma de Datos en el Tramo	43
3.2. Análisis de discretización	58
3.3. Lineamientos estadísticos para el cálculo de la curva de deterioro	61
3.3.1. Validación de los modelos de crecimiento utilizados por el método PASER	61

CAPÍTULO IV.- ANALISIS DE RESULTADOS

4.1.	Gráfico de la curva de deterioro	65
4.2	Interpretación de la curva obtenida	65

CONCLUSIONES	67
---------------------	----

RECOMENDACIONES	69
------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA	70
---------------------	----

ANEXOS	71
---------------	----

RESUMEN

Las necesidades de evaluar superficialmente los pavimentos aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de una red vial nacional o regional y consecuentemente aumenta la necesidad de su prevención y rehabilitación, más aun que en los últimos años se observa un deterioro progresivo y prematuro de los caminos disminuyendo la condición y la serviciabilidad del pavimento, demandando trabajos correctivos y complementarios antes de lo previsto.

En la actualidad, es de vital importancia ofrecer una red vial con buenas especificaciones, por el impulso económico y el ahorro en tiempo y costos de operación de los vehículos, lo cual lleva consigo un beneficio considerable al usuario.

El alcance del presente informe propone una modelación para el análisis del deterioro progresivo del tramo en estudio, basado en la metodología de la evaluación superficial por el método PASER aplicando un sistema simple, rápido y económico y de carácter no destructivo, proporcionando información necesaria para medir, procesar, analizar e interpretar los resultados obtenidos de evaluación y poder actuar en el tiempo previsto con miras a los trabajos de conservación, rehabilitación o reconstrucción proporcionando criterios y procedimientos técnicos, de manera de optimizar el uso de los recursos disponibles para lograr el mejor resultado posible, en beneficio de la comunidad usuaria de los caminos.

LISTA DE CUADROS

Tabla 1.01 Cuadro de fallas halladas en el tramo de estudio	14
Tabla 2.01 Catálogo de fallas por el método PCI	18
Tabla 2.02 Rango de calificación del método VIZIR	24
Tabla 2.03 Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras sealcoat	35
Tabla 3.01 Cuadro de resultados de la calificación del tramo en estudio	56
Tabla 3.02. Cuadro de Resultados de la condición del pavimento a través del tiempo.	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.01 Plano Corredor Vial N° 13	10
Figura 2.01 Adecuación del catálogo de fallas sugerido por CONREVIAl	16
Figura 2.02 Factores que influyen en el deterioro del pavimento	19
Figura 2.03 Diagrama de flujo de cálculo del PCI	20
Figura 2.04 Plantilla de datos y escala de valores del PCI	21
Figura 2.05 Identificación y niveles de gravedad del Tipo A	22
Figura 2.06 Identificación y niveles de gravedad del Tipo B	23
Figura 2.07 Portada manual Asphalt Roads	25
Figura 2.08 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras asfálticas por el método PASER	27
Figura 2.09 Portada manual Bricks & Block	27
Figura 2.10 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras de bloques por el método PASER	28
Figura 2.11 Portada manual concrete Roads	29
Figura 2.12 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras de concreto por el método PASER	30
Figura 2.13 Portada manual Gravel Roads	30
Figura 2.14 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras de grava por el método PASER	31
Figura 2.15 Portada manual Sealcoat	32
Figura 3.01 Ficha técnica de pérdida de agregados	44
Figura 3.02 Ficha técnica de pérdida de capa de rodadura	45
Figura 3.03 Ficha técnica de Exudación	46
Figura 3.04 Ficha técnica de desgaste de áridos	47
Figura 3.05 Ficha técnica de exposición de agregados	48

Figura 3.06 Ficha técnica de hundimientos	49
Figura 3.07 Ficha técnica de baches	50
Figura 3.08 Ficha técnica de grietas longitudinales	51
Figura 3.09 Ficha técnica de grietas transversales	52
Figura 3.10 Ficha técnica de fisuras en bloque	53
Figura 3.11 Ficha técnica de piel de cocodrilo	54
Figura 3.12 Ficha técnica de deterioro por defectos constructivos	55
Figura 4.01 Curva de deterioro del tramo km. 139+00 a km. 144+00 de la carretera Cañete – Chupaca.	65
Figura 4.02 Análisis de la curva de deterioro - Rehabilitación de la carretera Cañete – Chupaca del 139+00 al km 144+00	66

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografía 1.01 Tramo común de carretera	11
Fotografía 1.02 Grietas de borde	12
Fotografía 1.03 Huecos	12
Fotografía 1.04 Hundimientos	12
Fotografía 1.05 Parches	12
Fotografía 1.06 Desintegración	13
Fotografía 1.07 Exudación	13
Fotografía 1.08 Alcantarilla Progresiva km. 142+125	13
Fotografía 2.01 Vehículo de recolección de datos.	38
Fotografía 2.02 Vista frontal de la camioneta mostrando los láseres.	39
Fotografía 2.03 Vista posterior de la camioneta que muestra el sistema de iluminación y cámaras para obtener imágenes de superficie del pavimento.	39
Fotografía 2.04 Una imagen obtenida desde la cámara posterior.	40
Fotografía 2.05 Imágenes montadas en el frente de la camioneta.	40
Fotografía 2.06 Imagen de la cámara frontal que muestra el pavimento.	41
Fotografía 2.07 Imagen de la cámara delantera que muestra el lado derecho de la vía.	41
Fotografía 2.08 Estaciones de trabajo para la revisión de las imágenes.	42

LISTA DE SÍMBOLOS Y DE SIGLAS

Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER)

INTRODUCCIÓN

Los defectos que presenta un pavimento y que disminuyen la comodidad del usuario o la vida de servicio de una estructura, frecuentemente corresponden a defectos constructivos y difícilmente pueden clasificarse como deterioros.

Sin embargo, atendiendo al hecho de que habrán de ser corregidos mediante labores de mantenimiento o conservación, se han incluido como deterioros. Adicionalmente puede argüirse que tales defectos pueden sufrir un deterioro gradual con el paso de los vehículos y convertirse así en verdaderos deterioros del pavimento, caso que no es aplicable al tramo de estudio cuyo índice medio diario es de aproximadamente de 53 veh/día, por lo que las causas están referidas más a errores constructivos, mala valoración de la subrasante, condiciones ambientales no consideradas, entre otras.

El presente trabajo es realizado bajo la metodología establecida en el desarrollo del curso de Actualización de Conocimientos, y que formará parte del Inventario Físico de la Infraestructura Vial de la carretera Cañete – Chupaca.

El tramo carretero materia del presente estudio, forma parte de la Carretera Cañete – Chupaca - Yauyos y tiene como inicio el Km 139 + 000, y como punto culminante el Km 144 + 000.

Durante todo el recorrido se ha podido constatar que los pavimentos se encuentran a nivel de tratamiento superficial asfáltico monocapa, mostrando la siguiente característica:

Estructura	Afirmado	0.11 m.
Superficie de Rodadura	Trat. Superf. Asf. Monocapa	0.01 m

Asimismo, en este informe se pretende mostrar un método de evaluación novedoso de los deterioros superficiales existentes en algunos tramos de la Carretera Cañete – Yauyos - Chupaca; pudiendo ser aplicado a toda la carretera, lo que permitirá que se pueda implementar y planificar políticas de mantenimiento adecuadas.

Existe un sin número de métodos que permiten realizar una proyección a futuro del estado de un pavimento, unos más precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección exacta; es así, que para la cuantificación del estado actual de un pavimento se ha decidido aplicar el Método PASER de fácil implementación y que no requiere de herramientas especializadas mas allá de las que constituyen el sistema.

El Informe de Suficiencia ha sido desarrollado en cuatro capítulos cuyo contenido es el siguiente:

Primer capítulo – Desarrollo del objetivo del informe, así como breve información de la zona de estudio (ubicación, clima, topografía, etc).

Segundo capítulo – Marco teórico de los métodos de evaluación superficial existentes y análisis de los aspectos más importantes del método PASER que es el aplicado en el presente informe.

Tercer capítulo – Recolección de datos en campo, discretización de muestras y lineamientos estadísticos para graficar la curva de deterioro.

Cuarto capítulo – Análisis e interpretación de la curva de deterioro

CAPÍTULO I.- GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Conocer el estado de deterioro que tiene una vía es un componente vital en el sistema de mantenimiento de pavimentos, de modo que, mediante éste se puede conseguir una proyección a futuro del estado del pavimento.

Por ello, se está dando un impulso sustancial a los trabajos relacionados con la conservación de carreteras del corredor vial N°13 y en respuesta a esta realidad el Ministerio de Transportes y Comunicaciones plantea la nueva modalidad Piloto de Contrato de servicio por conservación vial por niveles de servicio de la Carretera: Cañete – Yauyos – Chupaca y Rehabilitación de tramo Zúñiga – Yauyos – Ronchas y a pesar que se han desarrollado varios kilómetros de la misma, no se cuenta con las perspectivas de cómo responderá la superficie que se ha estabilizado con emulsión asfáltica y tratamiento superficial monocapa.

En este contexto, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú (MTC) a través de la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, dentro de su rol normativo, encargado de formular las normas sobre el uso y desarrollo de la infraestructura de carreteras, así como emitir los manuales de diseño y especificaciones técnicas para la ejecución de los proyectos viales, solicitó a la Universidad Nacional de Ingeniería, a través de Provias Nacional suscribir un convenio de cooperación interinstitucional en agosto del 2008 por un periodo de cinco años, denominado: “Acompañamiento y Monitoreo de los Trabajos del Servicio de Conservación Vial por Niveles de Servicio, del Corredor Vial N° 13: Cañete – Lunahuaná – Pacarán – Chupaca, (Rehabilitación del tramo: Zúñiga – desvío Yauyos - Ronchas) con el fin elaborar un Manual de Conservación y Diseño de Carreteras Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito basada en la implementación de un sistema de acompañamiento y monitoreo de los trabajos. La carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, perteneciente a la Ruta N°22 de la Red Vial Nacional, forma parte del programa de desarrollo vial “Proyecto Perú”, creado mediante Resolución Ministerial N° 223-2007-MTC-02, modificado por Resolución Ministerial N°408-2007-MTC/02, cuyo propósito es mejorar las vías de integración de corredores económicos, con el fin de elevar el nivel de competitividad de las zonas rurales.

Es así que el 27 de diciembre de 2007 se realizó la firma del Contrato N°288-2007-MTC/20, con el Consorcio Gestión de Carreteras conformado por la Cía. ICCGSA (Ingenieros Civiles y Contratistas Generales S.A.), Corporación Mayo SAC y Empresa de Mantenimiento Vial La Marginal S.R.L., por un monto total del contrato de S/.131'589,139.31 y con un plazo de contrato de 5 años.

Cabe indicar que durante los 02 últimos años se han venido desarrollando investigaciones de la carretera Cañete – Yauyos – Chupaca, por los alumnos de la Universidad Nacional de Ingeniería, quienes por el motivo de optar por el Título Profesional a través del curso de suficiencia han colaborado notablemente con documentación y datos de campo contribuyendo al desarrollo de los objetivos del convenio entre el MTC y la UNI, a través de la investigación y desarrollos de diferentes métodos y aplicaciones de Evaluación Superficial de pavimentos

1.2 Objetivos

Objetivo General:

Proporcionar una curva de deterioro que ayude a identificar el daño progresivo que sufre la vía y el momento adecuado para efectuar el mantenimiento antes que se generen daños estructurales en el camino, pues ya no se necesitaría una intervención sencilla para repararlo, sino algo más complejo y costoso

Objetivo Especifico:

- Cuantificar el deterioro ocurrido desde la etapa de su rehabilitación a la fecha, con fines de establecer las medidas correctivas para conservar la infraestructura vial en óptimas condiciones de transitabilidad.
- Plantear el momento adecuado del mantenimiento de la vía para asegurar que el pavimento alcance su vida de diseño.
- Elaborar información sustentada como documento de consulta para siguientes investigaciones.

1.3 Justificación

Existen diferentes métodos de evaluación superficial que permiten identificar la condición o estado de un pavimento, unos más simples y precisos que otros, pero todos estos coinciden en que si se cuenta con una cuantificación precisa de la condición actual se conseguirá una proyección exacta del estado del pavimento a futuro; es así, que se ha considerado hacer la evaluación de la superficie utilizando el método PASER cuyo desarrollo será mediante un inventario manual e inspección visual de la superficie de pavimento que permita verificar y proyectar cual será el comportamiento de deterioro de la carretera del tramo en estudio a través del tiempo e identificar el momento adecuado para poder realizar su mantenimiento respectivo y garantizar la transitabilidad y conservación de la misma.

1.4 Ubicación

El tramo de estudio está ubicado entre los km. 139+00 y km. 144+00, y se encuentra localizado en la Región Andina central de la cadena occidental de los andes peruanos (Región Quechua) en la Provincia de Yauyos en el departamento de Junín, entre los 2583 y 2694 m.s.n.m. correspondientemente. Además ubicamos dentro de la extensión del tramo de estudio la localidad de Tinco Huantan que se encuentra a 2640 m.s.n.m. en el km 140+360.

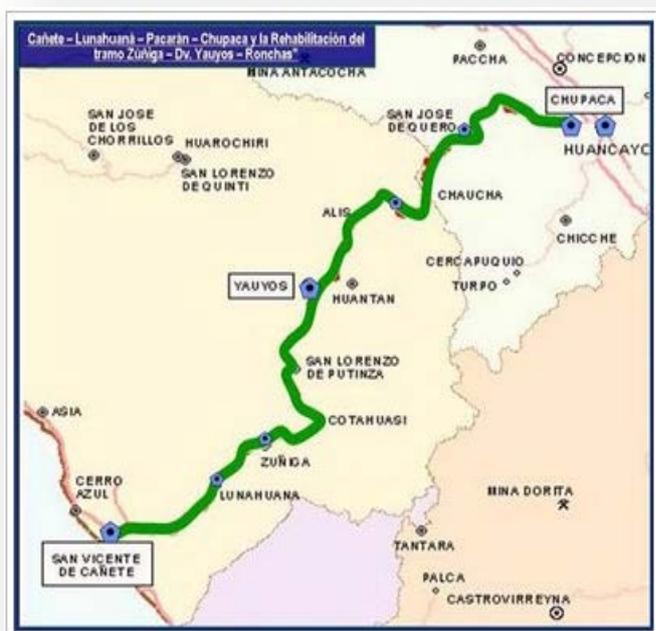


Figura 1.01 Plano Corredor Vial N° 13

Fuente: MTC-Provias Nacional/ mapas por dpto.

Carretera Cañete - Chupaca

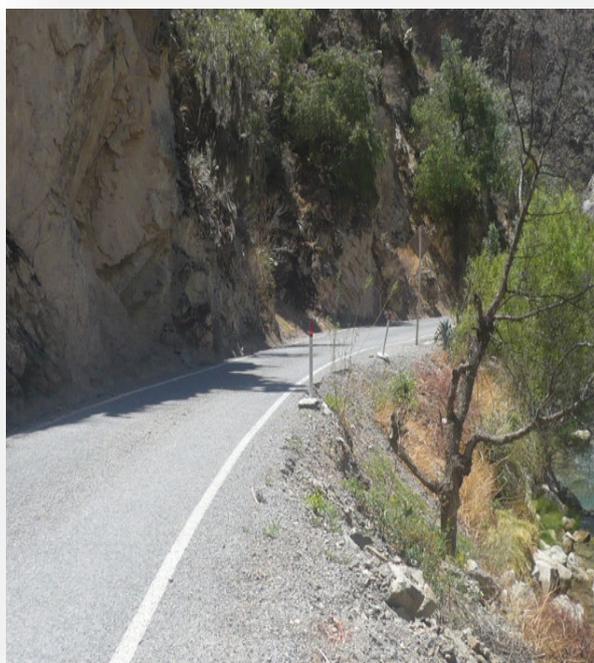
1.5 Clima y Topografía del lugar de estudio (Tramo KM 139+00 al km 144+00 de la carretera Cañete – Chupaca)

El clima presenta un temperatura media templada de 13° c que varia estacionalmente entre 8° C y 20° C, con mucho sol durante el día y frio en la típicamente seco durante el invierno (Mayo a Setiembre) y con precipitaciones de lluvia durante el verano (Octubre a Abril), las cuales son más intensas entre Enero y Marzo.

La temperatura media anual fluctúa entre 11°C y 16°C; las máximas entre 22°C y 29°C; y las mínimas entre 7°C y -4°C. La humedad atmosférica es poco sensible, aún cuando el suelo es normalmente húmedo, como consecuencia de las lluvias.

La franja o faja de dominio de la carretera, se encuentra limitado por la topografía a media ladera accidentada y el curso del rio Cañete; no siendo propicio para presentar variantes.

En cuanto a los fenómenos de flujos hídricos que son manifestaciones geodinámicas cuyo agente principal es el agua de escorrentía superficial, que según jerarquía se puede clasificar en cárcavas, huaycos y erosión de riberas.



Fotografía 1.01 Tramo común de carretera

Además se albergan ecosistemas, inmersos en un conjunto Paisajístico de gran belleza y singularidad, coexistiendo en armoniosa relación con las actividades de las comunidades campesinas, las cuales han desarrollado formas de organización social para la producción y uso eficiente de los recursos naturales.

1.6 Tramo Evaluado Km. 139+000 - 144+000

En la evaluación del tramo de estudio se pudieron apreciar diferentes tipos de fallas como baches, hundimientos, huecos, grietas de borde, desintegración y exudación. Además que el tramo presenta ancho de calzadas variables que fluctúan entre 3.3 m y 5.75 metros.

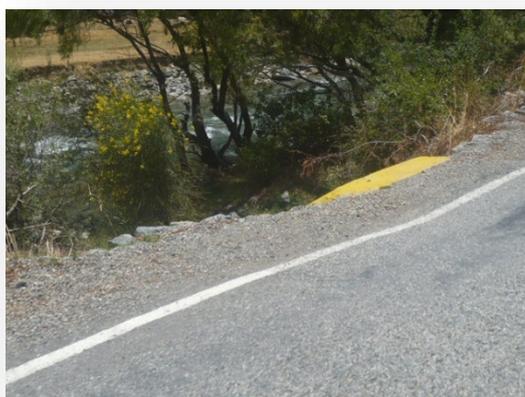
Cada una de estas fallas fue reconocida por el grupo encargado de la evaluación y cuantificadas mediante unidades de medidas como m² para exudaciones, desintegración, baches, así como metros lineales para grietas de borde, etc.



Fotografía 1.02 Grietas de borde



Fotografía 1.03 Huecos



Fotografía 1.04 Hundimientos



Fotografía 1.05 Parches



Fotografía 1.06 Desintegración



Fotografía 1.07 Exudación

Durante la evaluación se inventario las obras de drenaje existente en el tramo de estudio, conformado por 04 Alcantarillas de TMC de 48", ubicadas en las siguientes progresivas:

Progresivas	Diámetro	Material
141+125	48"	Concreto
142+125	48"	Concreto
142+835	48"	Concreto
143+785	48"	Concreto



Fotografía 1.08 Alcantarilla Progresiva km. 142+125

En el cuadro siguiente se indica las fallas encontradas en el tramo de estudio:

Tabla 1.01 Cuadro de fallas halladas en el tramo de estudio

	TIPOS DE FALLAS										
	PROGRESIVAS		ANCHO DE VIA (m)		AREA APROX. PARA TRAMOS DE 100 MTS	BACHES (m ²)	HUNDIMIENTOS (m)	HUECOS (Nº)	EXUDACION (m ²)	GRIETAS DE BORDE (m)	DISGREG. Y DESINTEGRACION (m ²)
	INICIO	FIN	INICIO	FIN							
TRAMO I	139+000	139+100	4.7	4.75	472.50	6.4			13.5	60.8	307.125
	139+100	139+200	4.75	4	437.50	10.5			9.4	76	284.375
	139+200	139+300	4	3.3	365.00	7.4			5.4	85.46	127.75
	139+300	139+400	3.3	4.5	390.00	9.6			2.5	77.25	191.1
	139+400	139+500	4.5	4.4	445.00	8.6				79.15	249.2
	139+500	139+600	4.4	5.5	495.00	12.5				82	272.25
	139+600	139+700	5.5	5.7	560.00	1.8				86	140
	139+700	139+800	5.7	4.7	520.00	1.9			3.75	84.26	119.6
	139+800	139+900	4.7	5.4	505.00	0.4			2.4	83.17	60.6
TRAMO II	139+900	140+000	5.4	5.6	550.00	0.2			1.2	89.16	121
	140+000	140+100	5.6	5.75	567.50	0.15				74	181.6
	140+100	140+200	5.75	4.3	502.50	0.3			0.6	72.89	135.675
	140+200	140+300	4.3	5.5	490.00	3.2			1.1	70.45	220.5
	140+300	140+400	5.5	4.2	485.00	0.6	2.5		1.4	65.89	223.1
	140+400	140+500	4.2	4.5	435.00	0.12				70.15	108.75
	140+500	140+600	4.5	4.45	447.50	0.9			0.8	73.21	93.975
	140+600	140+700	4.45	4.3	437.50	0			1.3	75.19	56.875
	140+700	140+800	4.3	4.4	435.00	0				81.13	104.4
TRAMO III	140+800	140+900	4.4	5.3	485.00	0.35			1.2	82.44	72.75
	140+900	141+000	5.3	4.8	505.00	1.5			1.8	59.14	111.1
	141+000	141+100	5	4.85	492.50	2.1		5M		65.79	167.45
	141+100	141+200	4.85	5.55	520.00	2.3	3.5			69.28	228.8
	141+200	141+300	5.55	5.7	562.50	2.5				71.18	191.25
	141+300	141+400	5.7	5	535.00	1.2				79.58	123.05
	141+400	141+500	5	5.7	535.00	0.1		3M		85.12	224.7
	141+500	141+600	5.7	4.8	525.00	0.3				71.12	168
	141+600	141+700	4.8	5.1	495.00	0			0.25	80.12	163.35
TRAMO IV	141+700	141+800	5.1	5.9	550.00	0			0.6	80.15	187
	141+800	141+900	5.9	5.8	585.00	0.6				72	140.4
	141+900	142+000	5.8	4.4	510.00	0.43				73	178.5
	142+000	142+100	4.4	5.2	480.00	2.7				74	216
	142+100	143+200	5.2	5	510.00	0.5				75	229.5
	142+200	142+300	5	4	450.00	0.56			2.5	80	198
	142+300	143+201	4	4.9	445.00	0.4				70	146.85
	142+400	142+500	4.9	5.2	505.00	0.48	2.8	5L		70.18	272.7
	142+500	143+202	5.2	4	460.00	0.25			2.5	75.14	110.4
TRAMO V	142+600	142+700	4	3.41	370.50	0.15			1.8	60.18	133.38
	142+700	143+203	3.41	4	370.50	0			5.6	65.89	166.725
	142+800	142+900	4	4.8	440.00	0.94		3M	0.8	81.11	154
	142+900	143+000	4.8	5.2	500.00	0.96				81.27	225
	143+000	143+100	5.2	4.9	505.00	0				82.45	227.25
	143+100	143+200	4.9	4.8	485.00	1.9				81.2	169.75
	143+200	143+300	4.8	5.2	500.00			2L	1.4	79.28	275
	143+300	143+400	5.2	5.7	545.00					76.14	136.25
	143+400	143+500	5.7	5.4	555.00					79.8	144.3
TRAMO V	143+500	143+600	5.4	4.8	510.00					76.14	122.4
	143+600	143+700	4.8	5.2	500.00	0.47		6H		79.28	225
	143+700	143+800	5.2	5.2	520.00	1.1			0.7	75.18	286
	143+800	143+900	5.2	4.9	505.00	0.85				68.15	292.9
	143+900	144+000	4.9	3.8	435.00	0.6			1.6	50.26	239.25

Donde la severidad se identifica mediante las siguientes siglas:

H (Alta), M (Media), L (baja)

Fuente: Diseño propio

CAPÍTULO II.- MARCO TEÓRICO

2.1. Evaluación Superficial

La evaluación de pavimentos consiste en un informe, en el cual se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo, para de esta manera poder adoptar las medidas adecuadas de reparación y mantenimiento, con las cuales se pretende prolongar la vida útil de los pavimentos, es así, que es de suma importancia elegir y realizar una evaluación que sea objetiva y acorde al medio en que se encuentre.

La evaluación de pavimentos es importante, pues permitirá conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie, y de esta manera realizar las correcciones, consiguiendo con ello brindar al usuario una serviciabilidad óptima.

Con la realización de una evaluación periódica del pavimento se podrá predecir el nivel de vida de una red o un proyecto.

La evaluación de pavimentos, también permitirá optimizar los costos de rehabilitación, pues si se trata un deterioro de forma temprana se prolonga su vida de servicio ahorrando de esta manera gastos mayores.

La evaluación superficial responde a las recomendaciones efectuadas en los términos de referencia del MTC, que debido a los trabajos e inversiones efectuadas desde los inicios de los años 80, se deben ceñir a aquellos métodos desarrollados por CONREVIAl. Este método responde a objetivos cualitativos más no a métodos cuantitativos. Los problemas se presentan cuando se requiere de metrados que permitan establecer análisis de precios unitarios y posteriormente determinar el presupuesto de obra.

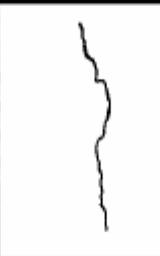
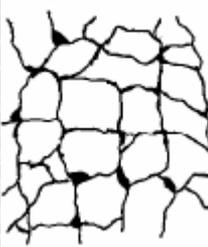
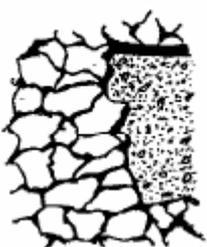
Existen varios métodos para efectuar los relevamientos de fallas, en realidad todos por contrastación con catálogos propuestos por diferentes instituciones internacionales ya que no se ha desarrollado una metodología de evaluación nacional. Sin embargo ya desde el año 90 se ha aplicado métodos de acuerdo a las recomendaciones planteadas por la USACE, en la cual se puede efectuar evaluaciones con resultados tanto cualitativo como cuantitativo.

El método de CONREVIAl, define el tipo de falla y su severidad, en un área que se encuentra en el entorno a donde ejecuta también la evaluación estructural. Sin embargo el método propuesto en la USACE, el cual determina el Índice de la Condición del Pavimento (PCI), determina el tipo de falla, su magnitud, su severidad y además la densidad con respecto al área evaluada.

Figura 2.01 Adecuación del catálogo de fallas sugerido por CONREVIAL

CATALOGO DE FALLAS DE PAVIMENTO
FISURACION

ESTUDIO DE REHABILITACION DE CARRETERAS CONREVIAL
Adaptación : Wilfredo Gutiérrez Lázares

FIGURA TIPO		
DESCRIPCION	FISURA FORMADA EN UNA SOLA LINEA, GENERALMENTE LONGITUDINAL Y AISLADA CON TENDENCIA A RAMIFICARSE	FISURA RAMIFICADA CON TENDENCIA A FORMAR UNA MALLA GENERALIZADA EN SECTORES DE PAVIMENTO
COEF. ASOCIADO	2	4
		
FISURA EN FORMA DE MALLA QUE CUBRE UNA SUPERFICIE MAS AMPLIA DE PAVIMENTO Y CON TENDENCIA A FORMAR LA PIEL DE COCODRILLO	FISURA GENERALIZADA EN FORMA DE MALLA CERRADA DE RETICULAR MAS CHICO FORMANDO LA LLAMADA "PIEL DE COCODRILLO" DESPRENDIMIENTO DE MATERIAL EN CORRESPONDENCIA CON ALGUNAS FISURAS	FISURA TOTALMENTE GENERALIZADA CON DESPRENDIMIENTO DE PONES DE MATERIAL Y FORMANDO BACHE
6	8	10

NOTA.- LA MAGNITUD DE LAS FISURAS SE DEFINEN COMO : E = ESCASO; M = MODERADO Y S = SEVERO (E)en. 2E, 4E, 6E, 8E, 10E

Fuente: Tesis de maestría - Modelación Geotécnica de Pavimento Flexible con Fines de Análisis y Diseño en el Perú - Ing. Wilfredo Gutiérrez L.

Los trabajos de evaluación superficial, no se orientan a trabajos tomados con ligereza, por el contrario los resultados obtenidos esconden una información potencial como: la información sobre el estado situacional de la vía, el inferir sobre las posibles causas de los problemas suscitados y el definir la posible solución, tal como se explica más adelante.

Los diseños de la estructura de un pavimento, dependen de diferentes factores que sirven de insumos para determinar el número estructural. Uno de estos parámetros corresponde al tiempo de diseño que se desea que el pavimento brinde el servicio. Los logros de los objetivos se alcanzan siempre y cuando exista un plan de mantenimiento.

Durante este tiempo se deben realizar los trabajos de mantenimiento correspondientes para que la estructura de pavimento alcance el tiempo para el cual ha sido diseñado.

2.2. Métodos de Evaluación Superficial

Existen varios métodos utilizados para la evaluación superficial de los pavimentos. Los más conocidos son:

- La propuesta por la Universidad de Wisconsin (PASER)
- Consorcio de Rehabilitación Vial (CONREVIAL)
- Índice de Condición de Pavimentos (PCI)
- VIZIR

Estos métodos son sencillos de aplicar y no requieren equipos experimentados. La inspección visual es una de las herramientas más importantes en la aplicación y evaluación de estos métodos, y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas, una inicial y otra detallada. Con la inspección visual inicial se pretende obtener una inspección general del proyecto.

Por otro lado la inspección visual detallada consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella y tomando notas detalladas de las fallas encontradas en la superficie y se anotan también otras observaciones adicionales que se consideran necesarias. Los diferentes modos y tipos de falla se describen en función de su severidad, frecuencia y ubicación, de esta forma se tendrá una herramienta importante a la hora de fijar la estrategia de rehabilitación.

A continuación se muestra una breve descripción de los métodos de evaluación superficial más usados:

2.2.1. Índice de Condición de Pavimento - PCI

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; además, ha sido publicado por ASTM como método de análisis en las normas ASTM D 5340 y D 6433, respectivamente.

Esta metodología tiene como objetivo primordial establecer la condición del pavimento a través de inspecciones visuales en las superficies con asfaltos y hormigón simple o reforzado. Se basa en los resultados de la inspección visual de los pavimentos, en la cual se identifican tipos de deterioro, severidad y cantidad, permitiendo con esto identificar las posibles causas del deterioro.

Debido a que existen un sin número de combinaciones de deterioros, severidades y densidades posibles, el método resuelve esta dificultad introduciendo el “valor deducido”, como factor de ponderación, para indicar en qué grado afecta a la condición del pavimento cada combinación deterioro, severidad y densidad.

Existe un manual en el que se describen cada uno de los deterioros para cada tipo de pavimentos, además como identificarlos en los diferentes niveles de severidad.

El Índice de Condición del Pavimento (PCI), se basa en un catálogo de fallas compuesto por 19 tipos diferentes de fallas, que puede establecer mejores valores de evaluación.

Tabla 2.01 Catálogo de fallas por el método PCI

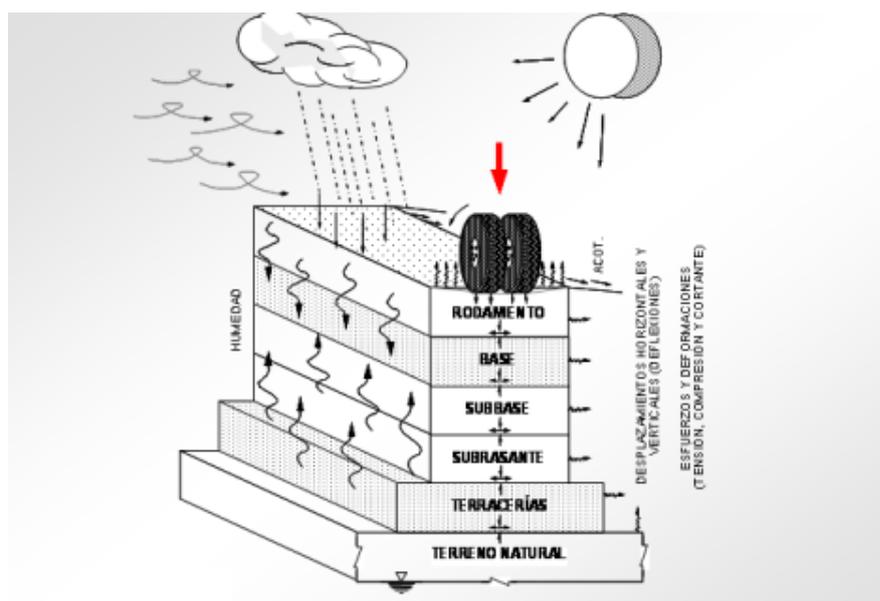
FALLAS Nro.	DESCRIPCIÓN	UNIDAD
1	Grietas piel de cocodrilo	M2
2	Exudación de asfalto	M2
3	Grietas de contracción (bloque)	M
4	Elevaciones – Hundimientos	M
5	Corrugaciones	M2
6	Depresiones	M2
7	Grietas de borde	M
8	Grietas de reflexión de juntas	M
9	Desnivel calzada - berma	M
10	Grietas longitudinal - transversal	M
11	Baches y zanjas reparadas	M2
12	Agregados pulidos	M2
13	Huecos	N
14	Cruce de rieles*	M2
15	Ahuellamiento	M2
16	Deformación por empuje	M2
17	Grietas de deslizamiento	M2
18	Hinchamiento	M2
19	Disgregación y Desintegración	M2

Fuente: Tesis de maestría - Modelación Geotécnica de Pavimento Flexible con Fines de Análisis y Diseño en el Perú - Ing. Wilfredo Gutiérrez L.

(*) Reemplazar por acceso de puentes, pontones y rejillas de drenaje

Las recomendaciones del PCI indican que luego del reconocimiento de la carretera a evaluar se determine un sector representativo del cual se elegirá 100 m, el mismo que será exhaustivamente evaluado para determinar sus fallas y densidad. En este caso el método registra el tipo de falla y el área afectada.

Figura 2.02 Factores que influyen en el deterioro del pavimento



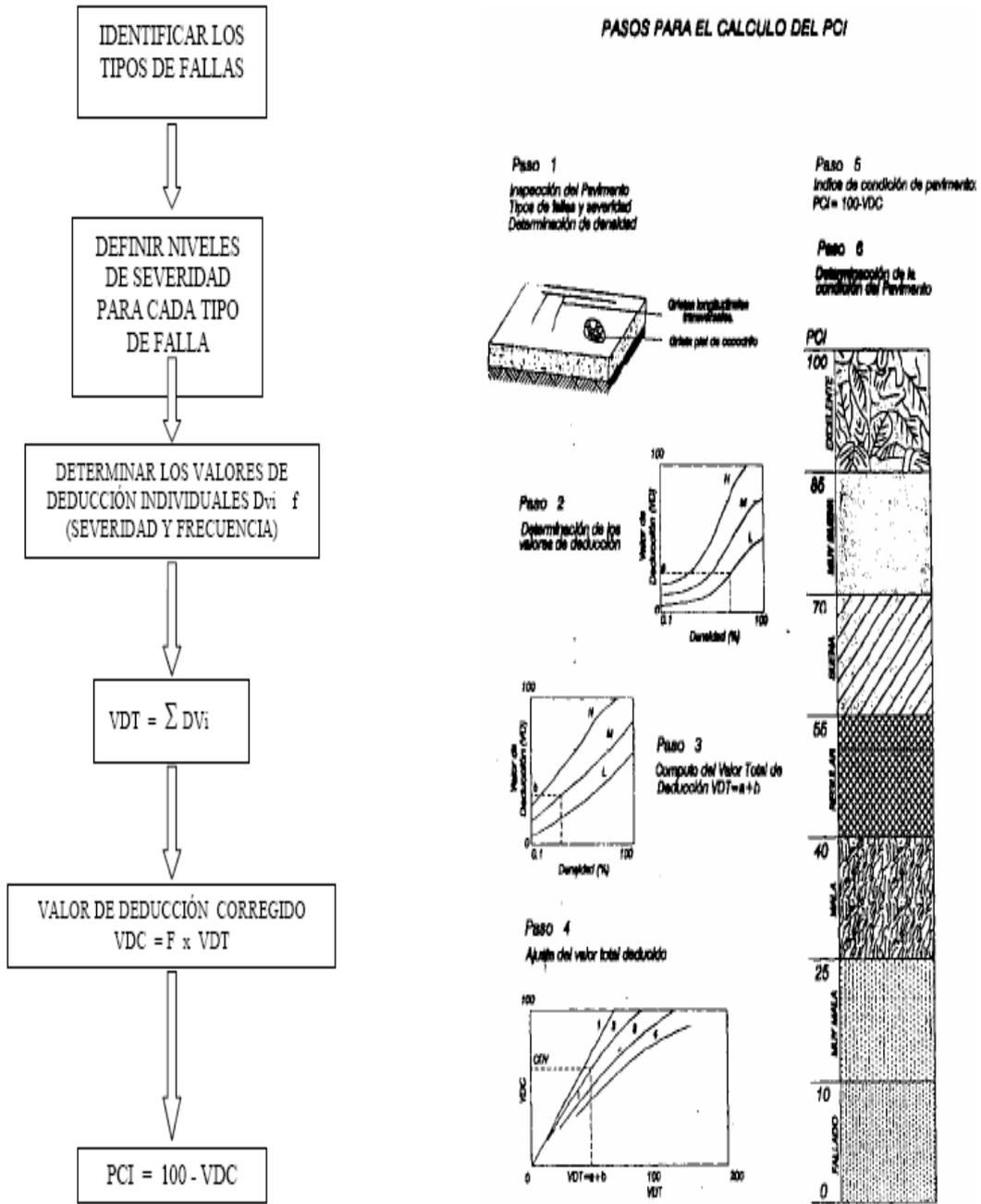
Permite evaluar la condición estructural y de la superficie (operacional) de una sección de pavimento, para definir actividades de mantenimiento y reparación. Además determina el comportamiento de la estructura mediante evaluación continua del PCI, a lo largo del tiempo, mediante la ecuación:

$$PCI = 100 - \left[\sum_{i=1} \sum_{j=1} VD (Ti, Sj, Dij) * F \right]$$

Donde el grado de deterioro o valor de deducción de un pavimento es función del tipo de falla encontrada (T), la severidad que esta falla presenta (S) y del área que ocupa en la superficie evaluada (D) expresado en porcentaje.

El diagrama de flujo que se presenta en la figura 2.3, muestra esquemáticamente los pasos necesarios para determinar el PCI. El gráfico adjunto presenta la escala de valores asociados a un comportamiento del pavimento.

Figura 2.03 Diagrama de flujo de cálculo del PCI



Finalmente cada unidad inspeccionada y los datos correspondientes a cada tipo de falla son anotados en la planilla mostrada en la figura 2.4. Se indica la escala de valores del PCI y sus significados, que permiten tomar acciones sobre la estructura evaluada.

Figura 2.04 Plantilla de datos y escala de valores del PCI

TIPOS DE FALLAS	
1. Grieta piel de cocodrilo M2	11. Baches y zanjas separadas M2
2. Exudación de asfalto M2	12. Agregados pulidos M2
3. Grietas de contracción (bloque) M2	13. Huecos M2
4. Flevaciones - Hundimientos M	14. Acceso a puentes M2
5. Corrugaciones M2	15. Ahuellamiento M2
6. Depresiones M2	16. Deformación por empuje M2
7. Grietas de borde M	17. Grietas de deslizamiento M2
8. Grietas de reflexión de juntas M	18. Hinchamiento M2
9. Desnivel calzada - hombrillo M	19. Disgregación y Desintegración M2
10. Grietas longitudinales y transversales M	

TIPOS DE FALLA EXISTENTES						
	3	10	1	7	13	
7M	4L	8L	5L	1L		
4M	10L					
4M	3L					
5L	6M					
	3L					
T BAJA (L)	5	20	8	5	1	
T MEDIA (M)	15	6				
T ALTA (H)	--	--				

CALCULO DEL PCI			
TIPO DE FALLA	DENSIDAD	SEVERIDAD	VALOR DE DEDUCCIÓN
3	2.38	L	2
3	7.14	M	14
10	9.52	L	7
10	2.86	M	8
1	3.81	L	22
7	2.58	L	3
13	0.48	L	12
VALOR TOTAL DE DEDUCCIÓN			68
VALOR DE DEDUCCIÓN CORREGIDO (VDC)			34

PCI	Significado
100	Pavimento en "perfecto" estado.
70	Punto en que el pavimento comienza a mostrar pequeñas fallas localizadas, es decir el punto en que deben iniciarse acciones de mantenimiento rutinario y/o preventivo menor.
55	Punto en que el pavimento requiere acciones de mantenimiento localizado para corregir fallas más fuertes. Su condición de rodaje sigue siendo "buena" pero su deterioro o reducción de calidad de rodaje (rata de deterioro) comienza a aumentar.
40	Punto en el que el pavimento muestra fallas más acentuadas y su condición de rodaje puede calificarse como regular o "aceptable", su rata de deterioro aumenta rápidamente. Este punto es cercano al definido como punto "óptimo" de rehabilitación.
0	El pavimento está fuertemente deteriorado, presenta diversas fallas avanzadas y el tráfico no puede circular a velocidad normal. El pavimento se considera "fallado" y requiere acciones de mantenimiento mayor y eventualmente reconstrucción parcial y/o bacheo de un alto porcentaje de su área.

PCI = 100 - VDC	
	66
CONDICIÓN DEL PAVIMENTO	BUENA

2.2.2. Método de Evaluación Superficial VIZIR

El sistema VIZIR, que fue desarrollado por el Laboratoire Central des Ponts et Chaussés – France o por sus siglas en inglés LCPC, es un sistema de simple comprensión y aplicación que establece una distinción clara entre las fallas estructurales y las fallas funcionales y que ha sido adoptado en países en vía de desarrollo y en especial en zonas tropicales.

Representa la degradación superficial de un pavimento, representando una condición global que permitirá tomar algunas medidas de mantenimiento y rehabilitación.

Es un sistema de fácil aplicación, que establece una distinción clara entre fallas estructurales y funcionales. El método clasifica los deterioros de los pavimentos asfálticos en dos grandes categorías A y B.

Las características del Tipo A caracterizan una condición estructural del pavimento, sea que ella esté ligada a las condiciones de las diversas capas y el suelo de la subrasante o simplemente a las capas asfálticas. Se trata de degradaciones debidas a insuficiencias en la capacidad estructural de la calzada cuyo remedio suele requerir el conocimiento de otros criterios de valoración (ensayo de resistencia, deflexiones, etc.). Estos daños comprenden las deformaciones y los agrietamientos ligados a la fatiga del pavimento.

Figura 2.05 Identificación y niveles de gravedad del Tipo A

Severidad / Degradación	1	2	3
Deformaciones y Ahuellamientos	Sensible al usuario, pero poco importante $f < 2$ cm	Graves deformaciones, hundimientos localizados o bacheo $2 < f < 4$ cm	Deformaciones afectando gravemente la seguridad o en el tiempo recorrido $f > 4$ cm
Fallas longitudinales y transversales	Grietas finas en el trazo de las llantas o en el eje	Grietas francamente Abiertas y (o) con Frecuencia ramificadas	Grietas muy ramificadas y (o) muy abiertas; bordes a veces degradados
Grietas en bloque y piel de cocodrilo	Enlosado fino sin salida de materiales, malla larga (> 50 cm)	Enlosado más apretado (< 50 cm), a veces con salida de material, desprendimientos.	Enlosado muy abierto, recortado en adoquines (< 20 cm).

Fuente: Methode assistee par ordinateur pour l' estimation des besoins en entretien d' un reseau routier, LCPC, 1991

Las degradaciones del Tipo B, dan lugar a reparaciones que generalmente no estén ligadas a la capacidad estructural de la calzada.

Su origen se encuentra más bien en deficiencias constructivas y condiciones locales particulares que el tránsito ayuda a poder en evidencia.

Entre los deterioros del tipo B se pueden citar los agrietamientos motivados por asuntos distintos a la fatiga, los ojos del pescado, los desprendimientos y los afloramientos.

Figura 2.06 Identificación y niveles de gravedad del Tipo B

Severidad / Degradación	1	2	3
Grieta longitudinal de junta	Fina y única	Ancha (21cm) sin desprendimiento o fina ramificada	Ancha con (desgaste) de los bordes o ancha ramificada
Baches (Para 100 m de calzada)	Cantidad < 5 tamaño ϕ 30 cm max	Cantidad: 5 a 10 tamaño ϕ 30 cm o cantidad < 5 y tamaño ϕ 30-100 cm	Cantidad: 5 a 10 tamaño ϕ 30-100 cm o cantidad > 5 y tamaño ϕ 30cm
Cabezas duras, pérdida De desplazamientos, agregado, exudación	Puntuales sin aparición de la capa de base	Continuos o puntuales con aparición de la capa de base	Continuos con aparición de la capa de base
	Puntual	Continuos sobre una banda de rodamiento	Continuos sobre una banda De rodamiento y muy marcadas

Fuente: Methode assistee par ordinateur pour l' estimation des besoins en entretien d' un reseau routier, LCPC, 1991

Para efectos de su corrección, los daños del tipo A y B se enfrentan de diferente manera. En el caso de los tipos B, la solución de mantenimiento se deriva del simple reconocimiento de su existencia, no siendo necesario apelar a otros parámetros para realizar el diagnóstico, en cambio la solución de los problemas que se manifiestan por medio de daños de tipo A depende de múltiples factores y, por lo tanto, el diagnóstico exigirá la consideración de aspectos tales como la capacidad portante, la calidad de los materiales existentes, el tránsito futuro, etc. Los daños de este tipo suelen generar trabajos importantes de rehabilitación de pavimentos, los cuales traen implícito el paliativo para los defectos del tipo B. Por lo tanto, el índice visual global que califica el estado del pavimento solo tiene en cuenta los daños del tipo A.

El primer paso de la determinación de este índice global (I_s) consiste en el cálculo del índice de figuración (I_f), el cual depende de la gravedad y extensión de las fisuraciones y agrietamientos de tipo estructural en cada zona evaluada, donde se deberá tomar como representativo de la zona el mayor de los dos índices calculados.

Luego, se calcula el índice de deformación (I_d), el cual también depende de la gravedad y extensión de las deformaciones de origen estructural.

La combinación de I_f e I_d da lugar a un primer índice de calificación de la calzada, el cual debe ser corregido en función de la extensión y calidad de los trabajos de bacheo.

Efectuada esta corrección, cuando corresponda, se obtiene el índice de deterioro superficial (Is) el cual califica la calzada en la longitud escogida para el cálculo. El valor de Is varía entre 1 y 7, sin embargo, la valoración de las fallas del tipo A no constituyen un criterio suficiente para definir las acciones que requiere la calzada para su rehabilitación.

Los índices de deterioro superficial (Is), establecidos durante el proceso de calificación y cuantificación de los deterioros del pavimento, definen tres casos generales:

1. Valores de 1 y 2 del Is representan pavimentos con agrietamientos y deformaciones, que representan un buen aspecto general u que, probablemente, no requieran en el momento más que acciones de mantenimiento rutinario.
2. Valores de 3 y 4 representan pavimentos con agrietamientos estructurales de pocas o ninguna deformaciones, así como pavimentos no figurados pero con deformaciones de alguna importancia. Su estado superficial se considera regular y lo suficientemente degradado como para poner en marcha tratamientos de rehabilitación de mediana intensidad.
3. Por último, los valores 5,6, 7 son indicativos de pavimentos con agrietamientos y deformaciones abundantes, cuyo deficiente estado superficial exige la ejecución de trabajos importantes de rehabilitación

RANGOS DE CALIFICACION DEL VIZIR

Rango	Calificación
1 y 2	Bueno
3 y 4	Regular
5,6 y 7	Deficiente

Tabla 2.02 Rango de calificación del método VIZIR

2.2.3. Evaluación de Condición de Pavimento – PASER

El sistema PASER (**Pavement Surface Evaluation and Rating**) está basado en parte, en un sistema de gestión vial desarrollado originalmente por Phil Scherer, planificador de transporte, de la Comisión de Planificación Regional al noroeste de Wisconsin y producido por el T.I.C. con el apoyo de la Administración Federal de Carreteras, el Departamento de Transporte de Wisconsin, y la Extensión de la Universidad de Wisconsin. El T.I.C. parte del Programa Local de Asistencia Técnica (LTAP), que es un Centro de la Escuela de Ingeniería del Departamento de Desarrollo Profesional de Ingeniería de la Universidad de Wisconsin-Madison. El método presenta un catálogo de fallas basado en una escala gráfica con categorías que varían según el tipo de pavimento. No considera escalas intermedias que permita mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada. La evaluación responde a los estándares con los que han sido diseñados los otros métodos.

Se tienen manuales PASER para superficies de grava, concreto, y otros, con sistemas compatibles de calificación. Juntos hacen un método para la comprensión de las condiciones de calificación para todos los tipos de carreteras.

A continuación una breve descripción de cada uno de los manuales encontrados:

- ✓ Pavement Surface Evaluation and Rating
Paser manual Asphalt Roads
CARRETERAS ASFALTICAS

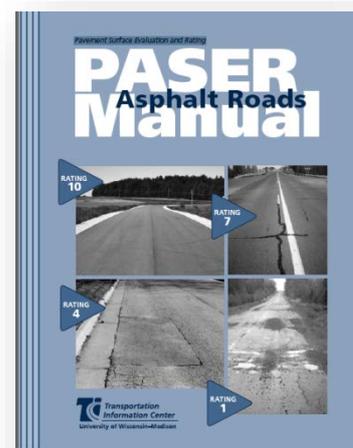


Figura 2.07 Portada manual Asphalt Roads

El PASER para carreteras asfálticas emplea la inspección visual para evaluar las condiciones de superficie del pavimento identificando cuatro categorías mayores comunes de Pavimento de asfalto deteriorado:

- ✓ Defectos de Superficie
- ✓ Deformación de Superficie
- ✓ Grietas
- ✓ Parches y baches

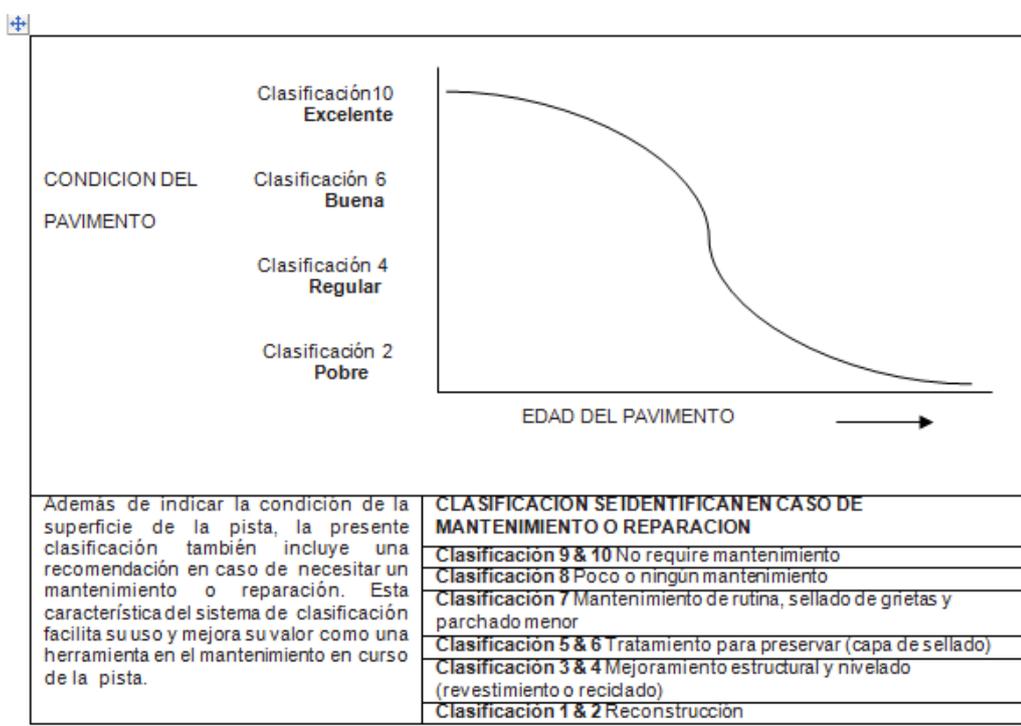
El deterioro tiene por lo general dos causas: ambiental debido al clima y tiempo, y estructuralmente causado por la repetida carga de tráfico. Sin embargo, es importante tratar de distinguir entre las dos a fin de seleccionar las técnicas de rehabilitación más efectivas.

El índice con el que el pavimento se deteriora depende de su entorno, condiciones de carga de tráfico, calidad de construcción original, y procedimientos de mantenimiento provisionales. Los materiales de pobre calidad o los pobres procedimientos de construcción pueden reducir, de manera significativa, el tiempo de vida de un pavimento. Como resultado, dos pavimentos construidos al mismo tiempo puede tener diferente tiempo de vida, o ciertas partes del mismo puede deteriorarse más rápidamente que otros. Por otro lado, el tiempo y el mantenimiento efectivo pueden prolongar el tiempo de vida de un pavimento. Sellar grietas y capas puede reducir el efecto de humedad y la edad del pavimento de asfalto.

Con todas estas variables, es fácil ver porque los pavimentos se deterioran en varios tipos y el porqué los encontramos en varios niveles de mal estado. Reconociendo los defectos y comprendiendo sus causas nos ayuda a clasificar la condición del pavimento y seleccionar reparaciones costo efectivo.

Para un pavimento asfáltico, el PASER clasifica la condición del pavimento en una escala de excelente (10) a un muy mal estado (1). Se recomienda que la clasificación PASER se actualice cada dos años, y una actualización anual es mucho mejor.

Figura 2.08 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras asfálticas por el método PASER



Fuente: Manual PASER

Deberá considerarse las proyecciones de tráfico futuro, construcción original, y fuerza del pavimento desde que estos pueden dictaminar una rehabilitación más comprensiva que lo que sugiere la clasificación. Por otro lado, puede ser apropiado bajo condiciones especiales no hacer nada y dejar que el pavimento de deteriore por completo, para luego reconstruirlo cuando se cuente con fondos.

✓ Pavement Surface Evaluation and Rating

Paser manual Brick & Block

LADRILLOS Y BLOQUES

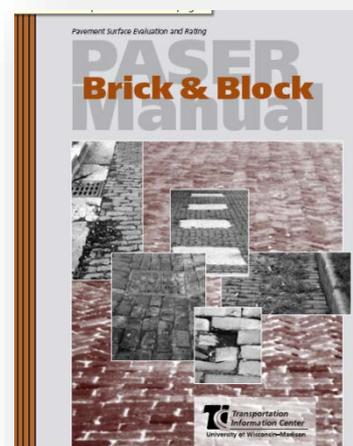


Figura 2.09 Portada manual Bricks & Block

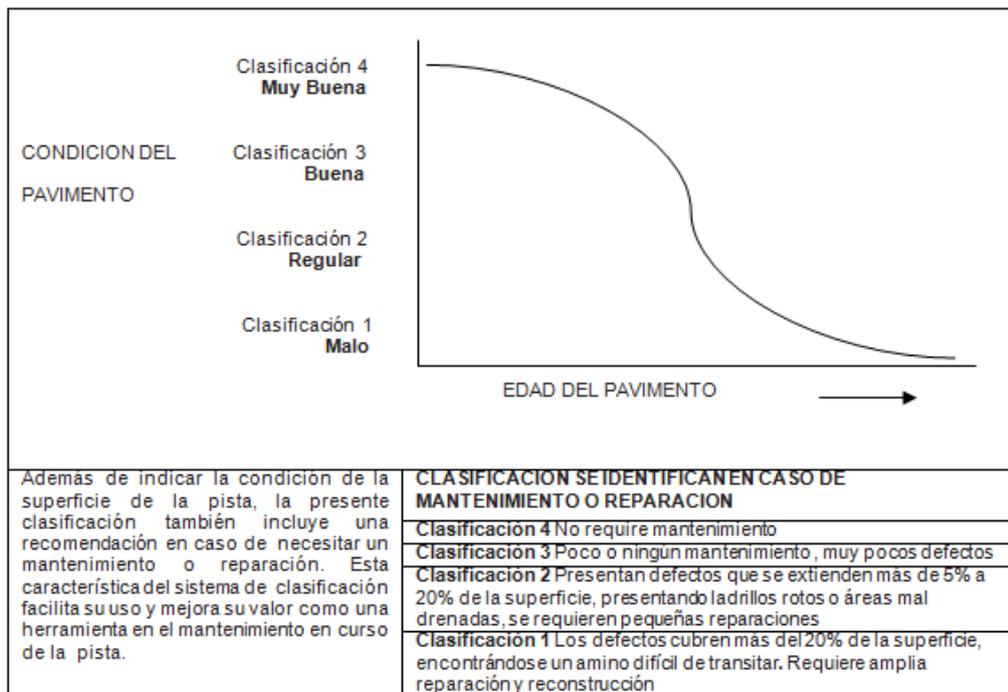
El ladrillo o bloque son usados en muchas calles como parte de la superficie de rodadura. Este manual ofrece un sistema de evaluación para pavimentos de ladrillos tipo de bloque, como otros materiales de pavimentación incluyendo bloques de granito, bloques de piedra caliza y adoquines de concreto.

Los defectos típicos que se encuentran en estos pavimentos y que necesitamos reconocer para evaluar su gravedad a fin de utilizar su clasificación son:

- ✓ Erosiones
- ✓ Fracturas
- ✓ Arreglos
- ✓ Parches de servicio
- ✓ Decoloraciones, etc.

Los defectos pueden empeoran gradualmente con la edad o puede deteriorarse rápidamente, dependiendo sobre el volumen de tráfico pesado y la calidad de las carreteras. La inspección y evaluación cada uno o dos años ayuda a seguir el ritmo de deterioro y permite planificar plan de mantenimiento y mejora.

Figura 2.10 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras de bloques por el método PASER



Fuente: Manual PASER

- ✓ Pavement Surface Evaluation and Rating
Paser manual Concrete Roads
CARRETERAS DE CONCRETO

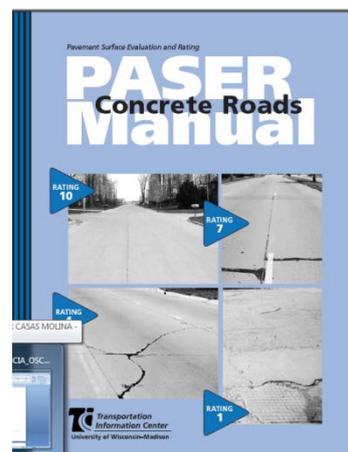


Figura 2.11 Portada manual concrete Roads

Este manual ofrece información útil para la planificación del mantenimiento y la gestión de Pavimentos de hormigón de cemento Portland. Se analizan los problemas comunes y típicos, reparaciones e incluye un sistema visual para la evaluación y calificación pavimentos.

También se incluyen las causas de deterioro y estrategias comunes para su reparación. Algunos defectos son localizados, mientras que otros indican qué problemas pueden desarrollarse a lo largo de la acera.

La evaluación de las condiciones de los caminos reales también implica buscar combinaciones de estos defectos individuales.

A continuación, algunos de los defectos que se encuentran en este tipo de pavimentos:

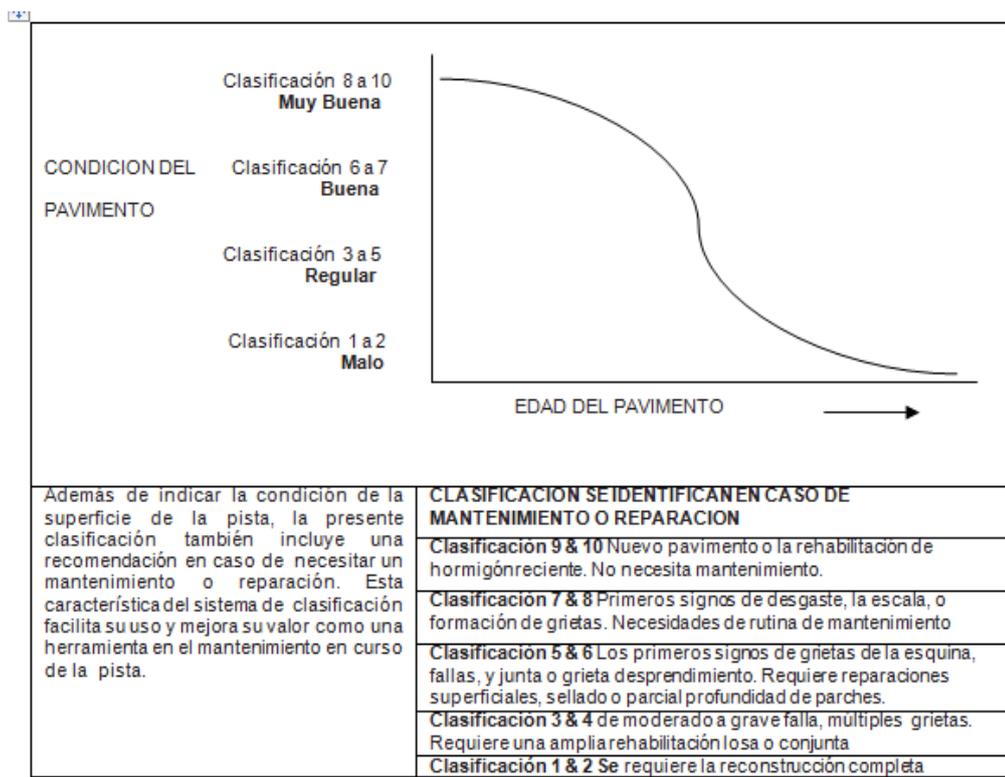
- ✓ Defectos superficiales (desgaste, desprendimientos, ampliaciones, poca profundidad del refuerzo)
- ✓ Juntas (longitudinales, transversales)
- ✓ Grietas(transversales, fisuras de esquina)
- ✓ Deformaciones(hundimientos, hinchamientos, reparaciones por servicios, parches, baches)

Al examinar los diferentes defectos es importante tener en cuenta su gravedad y medida. Defectos leves pueden crecer en condiciones de moderada y severa y, a continuación.

El rango de calificación esta en escala de (10) excelente a (1) malo. El tiempo que tarda en ir de una excelente (10) a una muy pobre condición (1) depende en

gran medida de la calidad de la construcción original y la cantidad de carga de tráfico pesado. Una vez que comienza un deterioro significativo es común ver que los pavimentos se deterioran rápidamente. Esto se debe generalmente a los efectos combinados de carga y otros a la humedad.

Figura 2.12 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras de concreto por el método PASER



Fuente: Manual PASER

- ✓ Pavement Surface Evaluation and Rating
- Paser manual Gravel Roads
- CARRETERAS DE GRAVA**

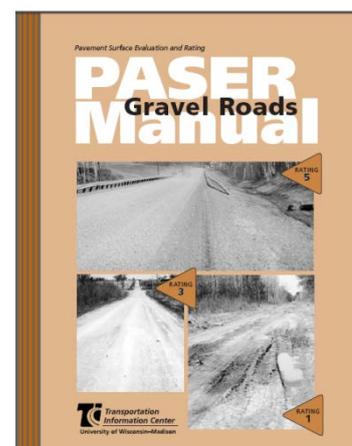


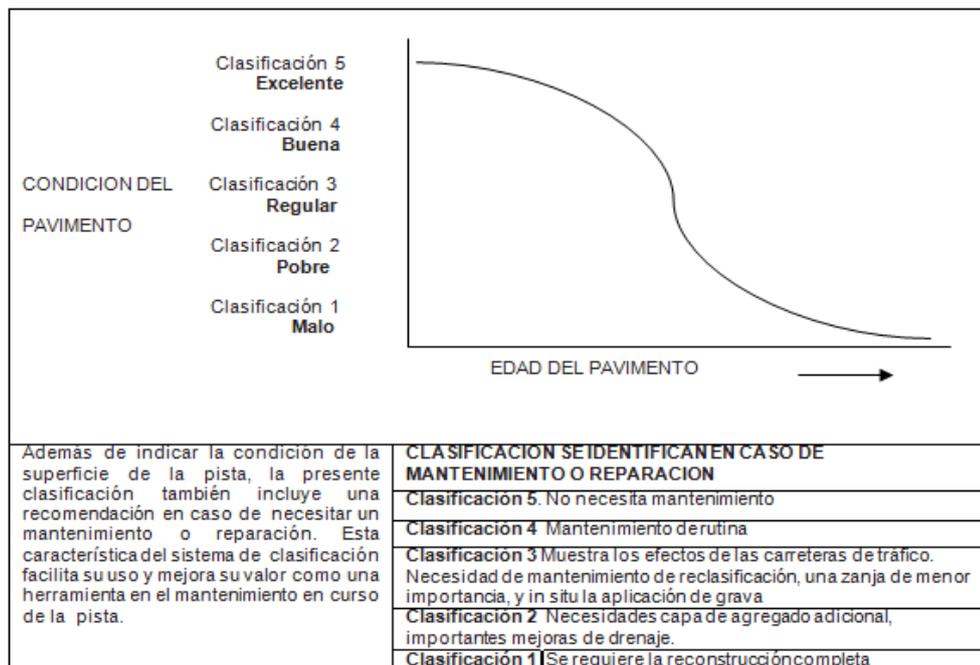
Figura 2.13 Portada manual Gravel Roads

El Manual se basa en la comprensión de las condiciones y los defectos comunes en caminos de grava para establecer una clasificación y evaluar tanto el alcance de los problemas en el camino y las reparaciones necesarias o reconstrucción. Cinco condiciones de la carretera se pueden utilizar para evaluar y calificar las carreteras de grava.

- ✓ La altura y el estado del terraplén de la carretera
- ✓ Drenaje (capacidad de las cunetas y caminos menores de alcantarillas para llevar el agua lejos de la carretera.)
- ✓ Capa de grava (adecuado espesor y la calidad de grava para soportar las cargas de tráfico.)
- ✓ Deformación de la superficie (Ondulaciones, baches y roderas).
- ✓ Defectos superficiales (el polvo y agregados sueltos.)

Al examinar las diferentes condiciones y defectos, es importante tener en cuenta su gravedad y medida. En general, los problemas comienzan lentamente y progresivamente más graves. Ligera defectos se convierten en casos moderados y graves a continuación. A medida que la condición empeora, más defectos que aparecen en la superficie.

Figura 2.14 Clasificación de la condición del pavimento para carreteras de grava por el método PASER



Fuente: Manual PASER

CASO PARTICULAR

En el caso del tramo en estudio de la carretera Cañete – Chupaca conformada por una estructura monocapa, el método que se adecua mas a esta realidad es: el Pavement Surface Evaluation and Rating (Paser manual Sealcoat)

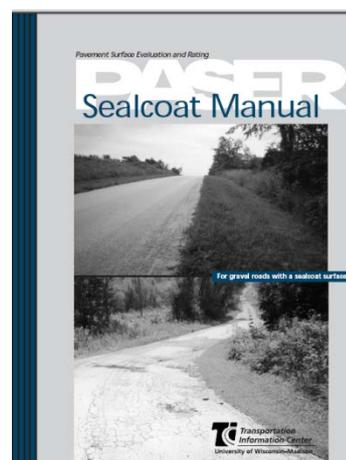


Figura 2.15. Portada manual Sealcoat

Muchas pistas de tierra han sido tratadas con una superficie sealcoat. Estos caminos tienen una manera diferente de actuar en comparación con las carreteras de grava o caminos de pavimento de asfalto. Este manual está dirigido a ayudar al plan de mantenimiento y, en general gestión de las carreteras sealcoat. Se analizan los problemas comunes y típicos presentando un sencillo sistema de evaluación y calificación de carreteras de este tipo. Tomando un enfoque organizado para la gestión de carretera tiene muchas ventajas. Al documentar las condiciones reales de las carreteras se pueden establecer proyectos realistas, hacer las reparaciones oportunas, y un plan de procedimientos de mantenimiento económicos.

El Manual de Sealcoat-PASER utiliza observaciones visuales y un sistema de clasificación simple.

El tratamiento con un sealcoat asfalto impermeabiliza la superficie, y elimina los problemas del polvo. El tratamiento a menudo implica la aplicación de dos capas sealcoat. Una alternativa es aplicar un sealcoat, seguido de otro el segundo año que viene. La vida útil de un sealcoat es generalmente de cinco años.

Su rendimiento depende en primer lugar sobre la base de grava que lleva las cargas de tráfico. Una inadecuada capa de grava o mal drenaje acortaría la vida de servicio del camino. Una superficie sealcoat también se degrada más rápidamente bajo un alto volumen de camiones pesados, y en los lugares donde el tráfico con frecuencia hace maniobras de giro.

Su mantenimiento general consiste en parches, y mejorar el drenaje. Al hacer una aplicación oportuna de una superficie sealcoat antes de un año se puede prolongar la vida útil de servicio. Cuando se encuentra el camino con muchas zonas agrietadas y llenas de baches, la superficie sealcoat requiere más una amplia rehabilitación de parches.

La reparación implica la escarificación de la superficie, mezcla de grava adicionales si es necesario, y la reorganización de un grado. Un nuevo tratamiento sealcoat entonces se aplica. Al igual que con todos los tipos de superficie de la carretera, un buen drenaje es esencial.

En esta sección se describen las condiciones y angustia que son típicos en estas carreteras, con el fin de reconocer estos síntomas y evaluar su gravedad a fin de utilizar la calificación descrita para este sistema.

Los típicos problemas que ocurren en estas carreteras son: el desgaste de la superficie, grietas de borde, grietas tipo cocodrilo, parches, baches, y el drenaje.

- **El Desgaste.-** La pérdida significativa del agregado puede ser debido a la mala construcción agravada por alto volumen de tráfico.
- **La pérdida de superficie.-** La capa superior de sealcoat puede venir suelta y se desprenda. Este fracaso entre las capas pueden ser causados por la aplicación de sealcoat sobre la suciedad o residuos. La superficie suele ser muy sealcoat delgada, a menudo menos de una pulgada de espesor. Es susceptible a la rotura y pérdida de superficie del material. El borde de la carretera es más vulnerable, especialmente en caminos de entrada o en áreas blandas.
- **Grietas de Borde.-** El borde del camino es más susceptible a principios de craqueo por tráfico. El borde a menudo tiene un mal drenaje, el agua ablanda la tierra y grava, que permita una mayor desviación y haciendo que la superficie sea más fácil de roer.
- **Grietas tipo Cocodrilo.-** Una vez que aparecen las grietas, en sealcoat de delgada superficie rápidamente pueden empezar a romperse. En superficies más gruesas a partir de múltiples sealcoats tienden a romperse en pedazos más grandes y permanecer en el lugar por más tiempo. Las grietas tipo cocodrilo a menudo indican que la base de grava

es insuficiente para la volumen de tráfico de camiones en la carretera. Pobre drenaje a menudo contribuye a principios de estas grietas.

- **Parches.-** Los Parches se utilizan en caso de un desgaste y daños en la superficie causada por el tráfico, grietas o pérdida de la superficie.
- **Baches.-** La pérdida de superficie con el tiempo dará lugar a pérdida de la base de grava y la creación de un bache. Amplios baches indican las malas condiciones de la carretera. Importantes mejoras en la base de grava y el drenaje probablemente será lo más indicado antes de volver a sellar.
- **Drenaje.-** Un camino con buen drenaje garantiza un mayor tiempo de servicio de la carretera.

Valoración del Estado de la superficie

En esta sección se presenta una versión simplificada del sistema de clasificación para ayudar a manejar las carreteras con sello. Se utiliza una escala desde una condición (1) malo hasta una condición de (5) excelente.

Antes de la selección de una clasificación, se debe inspeccionar el segmento de la carretera, mirando a los tipos, y la gravedad de las fallas visibles. Posteriormente determinar la edad de la superficie, considerando las posibles fallas y las reparaciones necesarias para ayudar a seleccionar la calificación final. La calificación no puede ser superior al segmento de edad.

Por ejemplo, un sealcoat superficie de 5 años de edad, no debe tener una capacidad superior a 3, aunque hay pocos signos evidentes de fallas. Sin embargo, la calificación puede bajar si la falla es severa o extensa. Es decir, una superficie de 5 años de edad, podría ser clasificada 2 o 1

Tabla 2.03 Clasificación de la condición de un pavimento para carreteras sealcoat

<i>Edad de la Superficie</i>	<i>Fallas Visibles</i>	<i>Estado general, drenaje y mejoras</i>	<i>Clasificación de la Superficie</i>
1 año	No hay peligro. Excelente superficie	Estado nuevo de la superficie. Excelente drenaje. No requiere mantenimiento	5 EXCELENTE
2 - 4 años	Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la superficie	Excelente o buen drenaje. Poco o ningún mantenimiento	4 BUENO
3 - 5 años	Moderado desgaste de la superficie y ligera aparición de grietas. Ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado	Bueno o regular drenaje. Puede ser necesario in situ mejoras de drenaje y parches. Es recomendado mantenimiento preventivo	3 REGULAR
Mas de 5 años de edad	Se aprecian las grietas de borde y parches. Aparición de baches y pérdidas significativas de la superficie. Aparición de grietas tipo cocodrilo	Mal drenaje. Aplicación de parches y mejoras necesarias. Es recomendable nueva superficie de sellado	2 POBRE
Mas de 5 años de edad	Gran pérdida de superficie del borde sealcoat, agrietamiento severo y / o grietas de cocodrilo, parches en mal estado	Mal drenaje. Requiere necesariamente una doble capa sealcoat. Reconstrucción	1 FALLADO

Fuente: Manual PASER

La mayoría de los organismos observan rutinariamente las condiciones de las carreteras como parte normal de trabajos de mantenimiento. Sin embargo, una inspección real significa buscar en la todo el sistema vial y la preparación de un resumen escrito de las condiciones. Ésta inspección tiene muchas ventajas sobre observaciones casuales. Puede ser útil comparar los segmentos, y las clasificaciones tienden a ser más consistentes. La inspección también fomenta una revisión de las condiciones específicas importantes en el mantenimiento vial, tales como drenaje y la resistencia adecuada. Un inventario escrito simple es útil en la toma de decisiones. Tener un registro escrito y información objetiva mejora la credibilidad de los resultados. Un inventario escrito es muy útil para documentar el cambio de las condiciones de la carretera. Sin registros que abarcan varios años, es imposible saber si las condiciones del camino están mejorando, o en descenso. La planificación se hace mejor cuando se basa de las necesidades reales tal como se documenta con un inventario por escrito.

La valoración de una serie de secciones de carretera implica evaluar las condiciones durante un considerable longitud (una milla o más en las zonas rurales áreas o bloques de muchas de las zonas urbanas). Obviamente, ningún segmento de carretera tendrá totalmente las condiciones consistentes de todo el camino. Ellos pueden tener sólo uno o dos tipos. Por lo tanto, algunos promedio son necesarios.

El objetivo es evaluar la condición que representa a la mayoría de la calzada. Las condiciones de pequeñas o aisladas secciones no deben influir en la calificación.

De vez en cuando varían las condiciones de superficie significativamente dentro de un segmento. Por ejemplo, secciones cortas de buena condición puede ser seguida por secciones de las condiciones muy pobres. En estos casos, se debe comparar cada segmento en relación con todos los demás segmentos en su sistema vial.

Dentro de una clasificación dada, por ejemplo 3, no todos los pavimentos tendrán exactamente lo mismo. Sin embargo, deben ser claramente mejor en todas las condiciones reflejadas en la clasificación 2 o 1.

Nota.- Los clasificaciones de los diferentes tipos de pavimentos descritos por el método PASER están detallados en los anexos adjuntos.

2.2.4. Sistematización del método PASER mediante el ROADSOFT SOFTWARE

El Roadsoft es un sistema computarizado de gestión vial para recoger, almacenar y analizar los datos relacionados a los activos de transporte. El Roadsoft se basa en una óptima combinación de base de datos de ingeniería y herramientas de mapa GIS. Además fue desarrollado y es mantenido por el Grupo de Desarrollo de la Tecnología, que es parte del Instituto de Transporte de la Universidad de Michigan. El Roadsoft puede manejar una variedad de información relacionada con los sistemas de transporte. Los tipos específicos de datos son: carreteras, señales, alcantarillas, barandas de seguridad, marcas en el pavimento, densidad del tráfico y choques de vehículos. La condición de la superficie del pavimento, representado por una calificación PASER se puede almacenar en el Roadsoft. El GIS basado en el interfaz del mapa en Roadsoft, proporciona una clara representación visual de la información de la carretera en

la base de datos. El Roadsoft tiene herramientas de gestión de activos y proporcionan un medio para la creación e implementación eficiente y efectiva de estrategias de construcción y mantenimiento para maximizar el retorno de la inversión de transporte. El Roadsoft puede generar una variedad de informes detallados, los que proporcionan un resumen de los datos específicos en la base de datos.

El Roadsoft Laptop Data Collector (LDC) es una utilidad que se instala en la laptop que se puede utilizar para grabar las calificaciones PASER en el campo. El sistema vial a ser evaluado se exporta desde la base de datos Roadsoft (que estará en una computadora de oficina) y se carga en una laptop que tiene el LDC. Un GPS conectado a la laptop no pierde de vista la posición del vehículo y muestra la localización del mismo en un mapa que se muestra en el ordenador portátil. El registro de la base de datos que corresponde al segmento del pavimento que el vehículo localizó aparece en la computadora, y la calificación PASER para el segmento puede ser asignado después que el segmento del pavimento se ha atravesado. Una vez que el segmento del pavimento es calificado, un color diferente es asignado a dicho segmento, lo que proporciona un sistema para hacer el seguimiento de los segmentos que han sido evaluados. Después de que la recolección de datos ha sido completada, los datos pueden ser cargados desde la laptop a la base de datos Roadsoft que está en la oficina.

Recopilación de datos

Un vehículo multifuncional de recolección de datos que fue fabricado por la Corporación Cibernética Internacional (ICC) y que es propiedad del Gran Valle del Consejo Metropolitano (GVMC) es usado para la recolección de datos. La fotografía 2.01 muestra una fotografía del vehículo de recolección de datos. Este vehículo está equipado con subsistemas que pueden recoger imágenes digitales de la superficie del pavimento, imágenes digitales del frente de la carretera y del lado derecho de la vía, profundidades de rutina usando un sistema de cinco-láser, y el perfil longitudinal a lo largo de los caminos. El vehículo está equipado con un instrumento de medición de distancias (DMI) y un GPS para seguir la posición del vehículo. El DMI y los datos del GPS se integran con las imágenes y los demás datos.



Fotografía 2.01 Vehículo de recolección de datos.

La fotografía 2.02 muestra la vista frontal del vehículo con cinco sensores láser que se montan en la parte delantera del vehículo. Los acelerómetros están presentes en la parte superior de los sensores láser a lo largo de los caminos de rueda, y estos dos sensores, recogen datos del perfil longitudinal. Estos datos del perfil se utilizan para calcular el Índice Internacional de Rugosidad (IRI) de cada trayectoria de la rueda y, a continuación, los valores del IRI de los dos caminos de la rueda se promedian para obtener la media del IRI. La media del IRI representa la rugosidad del segmento de la vía con la calidad de conducción decreciendo con el incremento de los valores IRI. Los datos recogidos por los 5 sensores láser son usados para calcular la profundidad del surco a lo largo de cada trayectoria de la rueda, y la profundidad de rutina se promedian para calcular un promedio de fondo de rutina para el segmento del pavimento.

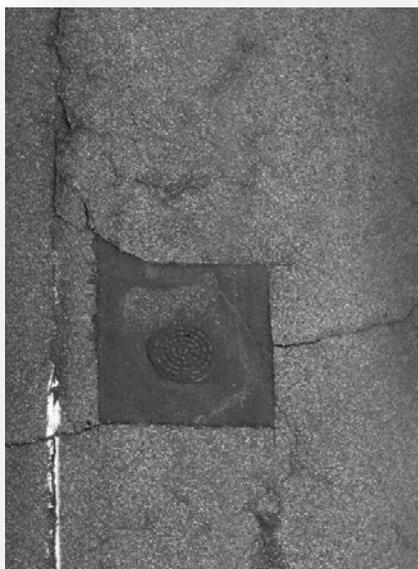
La fotografía 2.03 muestra la vista posterior de la camioneta que muestra el sistema de iluminación de las cámaras LineScan que se utilizan para obtener imágenes de la superficie del pavimento. Las cámaras LineScan tienen una resolución de 1392x1024 y da una resolución muy clara y detallada del carril completo y sin espacios. La fotografía 2.4 muestra un ejemplo de una imagen obtenida a partir de esta cámara.



Fotografía 2.02 Vista frontal de la camioneta mostrando los láseres.



Fotografía 2.03 Vista posterior de la camioneta que muestra el sistema de iluminación y cámaras para obtener imágenes de superficie del pavimento.

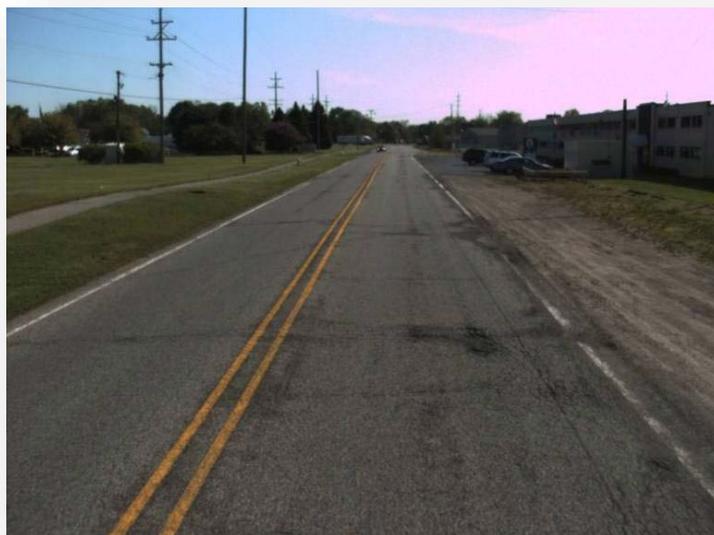


Fotografía 2.04. Una imagen obtenida desde la cámara posterior.

La fotografía 2.05 muestra las cámaras montadas en el frente de la camioneta que se utilizan para obtener imágenes de la carretera y del lado derecho de la misma. Esta cámara obtiene fotos cada 18 a 20 pies. Las fotografías 2.06 y 2.07 muestran ejemplos de imágenes capturadas por las cámaras delanteras.



Fotografía 2.05 Imágenes montadas en el frente de la camioneta.



Fotografía 2.06. Imagen de la cámara frontal que muestra el pavimento.



Fotografía 2.07 Imagen de la cámara delantera que muestra el lado derecho de la vía.

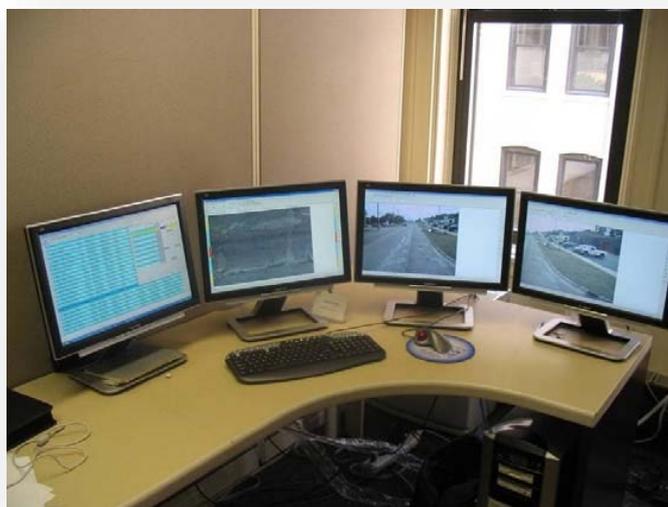
El vehículo es operado por una tripulación de dos personas (conductor y evaluador). El evaluador, que ha sido entrenado y certificado por el Consejo de Gestión de Activos de Michigan en la recogida de datos PASER, utilizó el

Roadsoft Laptop LDC para ingresar las calificaciones PASER para cada segmento de la carretera después de que el sector fue recorrido.

Compilación de datos

Las imágenes de la superficie del pavimento así como las imágenes captadas por las cámaras delanteras de la camioneta pueden ser vistas simultáneamente en la oficina empleando una estación de trabajo como se muestra en la fotografía 2.08

Esta experiencia es similar a una unidad virtual sobre la carretera.



Fotografía 2.08. Estaciones de trabajo para la revisión de las imágenes.

Las imágenes capturadas por cada segmento del pavimento se revisan en la oficina para determinar si la calificación PASER asignada en el campo fue correcta. Se realizaron ajustes para la calificación PASER en caso de haber sido necesario.

Después de que todas las calificaciones PASER fueron revisadas, éstas se exportan desde el Roadsoft y se incluyen en los archivos que se importan al Sistema GIS. Otros datos incluidos en estos archivos para cada segmento de carretera son: tipo de deterioro, condición de los bordes y cunetas, el IRI, etc.

CAPÍTULO III.- ANALISIS DEL DISEÑO DE LA CURVA DE DETERIORO

Aplicación al Tramo 139+000 - 144+000 CON MONOCAPA

3.1 Toma de Datos en el Tramo

El procedimiento del método PASER se simplifica en gran medida en comparación con otros métodos en tiempo de recolección de datos tales como, el índice de condición del pavimento (PCI) y otros.

En el sistema PASER, la condición del pavimento se evalúa visualmente, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de criterios de ingeniería, y experiencias se puede indicar una calificación.

En el tramo en estudio, luego de haber identificado cada una de los diferentes tipos de deterioro del pavimento, se recurrió al catalogo de fallas basado en la escala grafica de este método, recurriendo a antecedentes históricos y catálogos de deterioros que permitieron obtener una calificación más precisa y veraz, más aun que el método no considera escalas intermedias que permitan mayor sensibilidad para calificar la superficie dañada.

Cada deterioro se muestra posteriormente en una ficha técnica individual, que incluye el nombre del deterioro; la descripción del deterioro; una imagen o aspecto superficial; una forma propuesta para su evaluación; los trabajos típicos de corrección asociados a las fronteras establecidas en la evaluación y finalmente, las causas más comunes quedan origen al deterioro descrito.

Se considera que el presente catálogo cumple con las expectativas formuladas en su origen. Se pone a la consideración de la Universidad Nacional de Ingeniera para que, de así considerarlo conveniente, se integre como parte del desarrollo del método PASER para estructuras de tipo monocapa.

Figura 3.01. Ficha técnica de pérdida de agregados

DETERIORO:	2. DETERIOROS DE LA SUPERFICIE 2.1 Desprendimientos. a) Pérdida de agregados (calaveras o surcos)	
DESCRIPCION	Desprendimiento de agregados pétreos en superficie	
	De tratamientos superficiales: Pérdida parcial del agregado dejando expuestas áreas aisladas de la capa de apoyo.	De capas asfálticas: Pérdida en la superficie de los agregados de capas asfálticas con espesor mayor que 5 cm.
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACIÓN	Proporción del área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m, por banda de circulación.	
	LIGERO	LIGERO < 5 %
	MEDIO	5% < MEDIO < 30 %
	FUERTE	30% < FUERTE
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO	Tratamiento aislado en mantenimiento rutinario.
	MEDIO	Nuevo tratamiento superficial en mantenimiento periódico.
	FUERTE	Sobrecapa asfáltica > 5 cm
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Esparcido irregular del ligante (asfalto) • Ligante inadecuado. • Agregado pétreo (árido) inadecuado por falta de adherencia (afinidad) en el ligante (asfalto). • Agregado sucio, con polvo adherido. • Lluvia durante el esparcido o antes del fraguado del ligante (asfalto). 	

Nota: Se considera como área afectada a la suma de las áreas de los rectángulos que circunscriben a cada una de las áreas con deterioro.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.02. Ficha técnica de pérdida de capa de rodadura

DETERIORO:	2. DETERIOROS DE LA SUPERFICIE 2.1 Desprendimientos b) Pérdida de capa de rodadura (peladuras)	
DESCRIPCION	Desprendimiento de la última capa delgada, de tratamientos superficiales, tales como: <ul style="list-style-type: none"> • Lechadas (Slurry Seal). • Microcarpetas (1 a 2 cm). • Capas de rodadura (carpetas) de 2 a 3 cm. • Sobrecapas o sobrecarpetas delgadas de 3 a 5 cm. 	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, por banda de circulación.	
	LIGERO < 5 %	
	5 % < MEDIO < 30 %	
	30 % < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Tratamiento aislado en mantenimiento preventivo
	MEDIO:	Nuevo tratamiento superficial en mantenimiento periódico. Generalmente se requiere un doble tratamiento.
	FUERTE:	
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Limpieza insuficiente previas al tratamiento superficial. • Esparcido heterogéneo del ligante (asfalto). • Ligante inadecuado. • Dosificación árido (pétreo) – ligante (asfalto) inadecuada • Colocación con lluvia o exceso de agua en la capa de apoyo, que produce delaminación. • Compactación deficiente (si procede). • Fraguado incompleto después de apertura al tránsito. • Envejecimiento del ligante (asfalto). 	

Nota: Se considera como área afectada a la suma de las áreas de los rectángulos que circunscriben a cada una de las áreas con deterioro.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

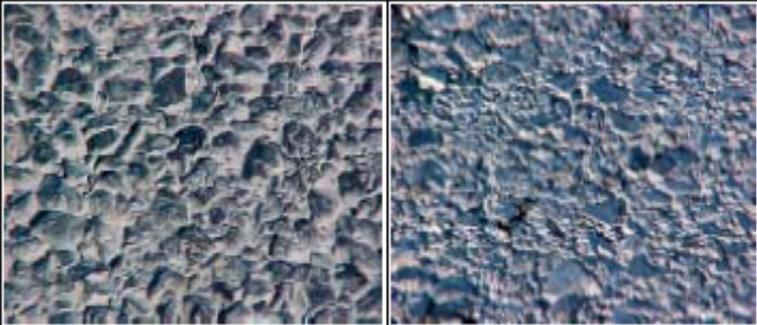
Figura 3.03. Ficha técnica de Exudación

DETERIORO:	2. DETERIOROS DE LA SUPERFICIE 2.2 Alisamientos a) Exudación de asfalto (llorado)	
DESCRIPCION	Presencia de asfalto sin agregado (árido) en la superficie	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, por banda de circulación.	
	LIGERO < 10 %	
	10 % < MEDIO < 50 %	
	50 % < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Tratamiento aislado en mantenimiento rutinario
	MEDIO:	<ul style="list-style-type: none"> Fresado superficial < 1 cm de inmediato. Colocación de nueva capa de rodadura.
	FUERTE:	
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> Exceso de ligante (asfalto) en la dosificación Uso de ligante (asfalto) muy blando Derrame de solventes 	

Nota: Se considera como área afectada a la suma de las áreas de los rectángulos que circunscriben a cada una de las áreas con deterioro.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.04 Ficha técnica de desgaste de áridos

DETERIORO:	2. DETERIOROS DE LA SUPERFICIE 2.2 Alisamientos b) Desgaste de áridos (agregados)	
DESCRIPCION	Presencia de agregados (áridos) que presentan una cara plana en la superficie, generalmente embebidos en el ligante (asfalto).	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Se mide el coeficiente de fricción en forma continua o puntual. Los tramos con coeficiente de fricción menor que uno deben ser atendidos de inmediato.	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	Los tramos afectados, si corresponden a una capa de rodadura mayor que 5 cm, se fresan de inmediato. Si corresponden a un tratamiento superficial o microcarpeta, se aplica un nuevo tratamiento, con áridos (agregados) duros.	
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de áridos (agregado) suaves (p. ej. calizas) susceptibles al pulimiento. 	

Nota: La resistencia a la fricción (valor pulido) de los áridos (agregado) después de pulidos puede medirse en el ensayo Tex – 438 - A

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.05 Ficha técnica de exposición de agregados

DETERIORO:	2. DETERIOROS DE LA SUPERFICIE 2.2 Exposición de agregados	
DESCRIPCION	Presencia de agregados parcialmente expuestos fuera del mortero ligante (asfalto) – arena.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m. por banda de circulación.	
	LIGERO < 20 %	
	20 % < MEDIO < 50 %	
	50 % < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	No requiere intervención
	MEDIO:	Nueva capa de rodadura en áreas afectadas
	FUERTE:	Nueva capa de rodadura al siguiente año en mantenimiento periódico en todo el tramo.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de agregados (áridos) con tamaño inadecuado y distribución granulométrica deficiente en el rango de las arenas. • Circulación de llantas con clavos. • Segregación de los agregados (áridos) durante su manejo en obra. 	

Nota: Se considera como área afectada a la suma de las áreas de los rectángulos que circunscriben a cada una de las áreas con deterioro.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.06 Ficha técnica de hundimientos

DETERIORO:	3. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA 3.1 Deformaciones a) Roderas	
DESCRIPCION	Deformación del perfil transversal por hundimiento a lo largo de las rodadas, con la aparición de cordones laterales a cada lado de la rodera.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Profundidad máxima de la rodera, medida a partir de una regla colocada transversalmente cada 100 m o más.	
	LIGERO < 2 cm	
	2 cm < MEDIO < 4 cm	
	4 cm < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Aisladamente rellenar la rodera en mantenimiento rutinario.
	MEDIO:	Rellenar la rodera en forma continua en mantenimiento rutinario.
	FUERTE:	Fresar la capa de rodadura (carpeta) y sustituirla en la banda de circulación afectada.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Uso de ligantes (asfalto) blandos. • Dosificación del ligante (asfalto) en exceso. • Uso de áridos (agregados) redondeados. • Compactación o calidad deficiente de la base. 	

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.07 Ficha técnica de baches

DETERIORO:	3. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA 3.1 Deformaciones c) Baches profundos	
DESCRIPCION	Hundimiento local de la calzada, con agrietamiento en malla cerrada y generalmente pérdida parcial de bloques de la capa de rodadura (carpeta).	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Proporción del área afectada respecto al área total en tramos de 100 m, con hundimiento mayor que 2 cm, medidos a partir de una regla de 3 m.	
	LIGERO < 1 %	
	1 % < MEDIO < 10 %	
	10 % < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Tratamiento aislado en mantenimiento rutinario. Bacheo
	MEDIO:	Tratamiento aislado y nueva capa de rodadura (carpeta) para refuerzo en el tramo afectado.
	FUERTE:	Recuperación de la capa de rodadura y base para estabilización en 15 ó 20 cm. Agregar nueva capa de rodadura del espesor necesario.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Estructura inadecuada. • Defecto constructivo aislado. • Subdrenaje inadecuado. 	

Nota: Se considera como área afectada a la suma de las áreas de los rectángulos que circunscriben a cada una de las áreas con deterioro.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.08 Ficha técnica de grietas longitudinales

DETERIORO:	3. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA 3.2 Agrietamientos a) Grietas longitudinales
DESCRIPCION	Rotura longitudinal sensiblemente paralela al eje de la carretera, con abertura mayor de 3 mm.
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL	
EVALUACIÓN	Longitud de las grietas en tramos de 100 m, respecto a la longitud del tramo. LIGERO < 20 % 20% < MEDIO < 100% 100% < FUERTE
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	En cualquier nivel, reparar las grietas en mantenimiento rutinario, calafateándola.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Juntas longitudinales de construcción inadecuadamente trabajadas. ▪ Gradiente térmico superior a los 30° C. ▪ Uso de ligantes (asfaltos) muy duros ▪ Ligantes (asfaltos) envejecidos.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.09 Ficha técnica de grietas transversales

DETERIORO:	3. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA 3.2 Agrietamientos b) Grietas transversales	
DESCRIPCION	Rotura transversal sensiblemente perpendicular al eje de la carretera, con abertura mayor de 3 mm.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Número de grietas por tramos de 100 m.	
	LIGERO < 2 grietas	
	2 grietas < MEDIO < 15 grietas	
	15 grietas < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Reparación en mantenimiento rutinario, calafateándolas.
	MEDIO:	
	FUERTE:	Sustitución de la capa de rodadura (carpeta) o recapeado (rencarpetado) con espesor suficiente.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Juntas transversales de construcción inadecuadamente trabajadas. ▪ Gradiente térmico superior a 30° C. ▪ Uso de ligantes (asfaltos) muy duros. ▪ Reflejo de grietas en bases rígidas (losas de hormigón o bases estabilizadas). 	

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.10 Ficha técnica de fisuras en bloque

DETERIORO:	3. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA 3.2 Agrietamientos c) Fisuras solas o en retícula (malla)	
DESCRIPCION	Rotura longitudinal o transversal, con abertura menor que 3 mm, y separación mayor que 15 cm.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Relación del área rectangular, de ancho igual a 0.5 m y largo igual a la longitud de cada fisura, respecto al área total en tramos de 100 m.	
	LIGERO < 10 %	
	10% < MEDIO < 50 %	
	50 % < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Calafateo de cada fisura individual en mantenimiento rutinario.
	MEDIO:	Lechada superficial o microcarpeta, en toda el área afectada.
	FUERTE:	Recapeado (rencarpetao) con nueva capa de rodadura con espesor > 5 cm.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso de ligantes (asfaltos) muy duros. ▪ Reflejo de fisuras en bases estabilizadas. 	

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.11. Ficha técnica de piel de cocodrilo

DETERIORO:	3. DETERIOROS DE LA ESTRUCTURA 3.2 Agrietamientos c) Piel de cocodrilo (malla cerrada)	
DESCRIPCION	Roturas longitudinales y transversales, con separación menor que 15 cm, y con abertura creciente según avanza el deterioro. Generalmente presenta hundimiento del área afectada.	
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL		
EVALUACION	Proporción del área afectada respecto al área total, en tramos de 100 m.	
	LIGERO < 10 %	
	10 % < MEDIO < 50 %	
	50 % < FUERTE	
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	LIGERO:	Lechada superficial en cada área afectada.
	MEDIO:	Lechada superficial en todo el tramo.
	FUERTE:	Recuperación de la capa de rodadura (carpeta) y parte de base para estabilización como refuerzo. Nueva capa de rodadura
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Incompatibilidad de deflexiones con el espesor de la capa de rodadura (carpeta). • Subdrenaje inadecuado en sitios aislados. • Uso de ligantes (asfaltos) muy duros. 	

NOTA: Se considera como área afectada a la suma de las áreas de los rectángulos que circunscriben a cada una de las áreas con deterioro.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Figura 3.12 Ficha técnica de deterioro por defectos constructivos

DETERIORO:	4. DETERIOROS POR DEFECTOS CONSTRUCTIVOS
DESCRIPCION	Deterioros que se producen por defectos en la construcción de instalaciones bajo los pavimentos. Siguen un patrón bien definido en concordancia con la instalación. Se muestran como hundimientos localizados, grietas longitudinales o transversales, etc.
IMAGEN O ASPECTO SUPERFICIAL	
EVALUACION	Aplica el criterio según el tipo de deterioro
FRONTERA Y TIPO DE INTERVENCION	Aplica lo correspondiente al tipo de deterioro y su categoría.
CAUSAS COMUNES	<ul style="list-style-type: none"> • Inadecuado relleno de zanjas abiertas para colocar instalaciones o equipamientos. • Inadecuada estructura del pavimento sobre relleno de zanjas. • Materiales inadecuados en el relleno de zanja y en el pavimento sobre él.

Fuente: CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.

Complementando la matriz de calificación del método PASER con el catalogo de fallas indicado, se obtuvieron las siguientes calificaciones:

Tabla 3.01 Cuadro de resultados de la calificación del tramo en estudio

	PROGRESIVAS		ANCHO DE VIA (m)		AREA APROX. PARA TRAMOS DE 100 MTS	TIPOS DE FALLAS					CALIFICACION (1 AL 5)	CONDICION	
						BACHE (m2)	HUNDIMIENTOS (m)	HUECO (Nº)	EXUDACION (m2)	GRIETAS DE BORDE (m)			DISGREG. Y DESINTEGRACION (m2)
TRAMO I	139+000	139+100	4.7	4.75	472.50	6.4			13.5	60.8	307.125	2	POBRE
	139+100	139+200	4.75	4	437.50	10.5			9.4	76	284.375	2	POBRE
	139+200	139+300	4	3.3	365.00	7.4			5.4	85.46	127.75	3	REGULAR
	139+300	139+400	3.3	4.5	390.00	9.6			2.5	77.25	191.1	2	POBRE
	139+400	139+500	4.5	4.4	445.00	8.6				79.15	249.2	2	POBRE
	139+500	139+600	4.4	5.5	495.00	12.5				82	272.25	2	POBRE
	139+600	139+700	5.5	5.7	560.00	1.8				86	140	3	REGULAR
	139+700	139+800	5.7	4.7	520.00	1.9			3.75	84.26	119.6	4	BUENO
	139+800	139+900	4.7	5.4	505.00	0.4			2.4	83.17	60.6	4	BUENO
139+900	140+000	5.4	5.6	550.00	0.2			1.2	89.16	121	4	BUENO	
TRAMO II	140+000	140+100	5.6	5.75	567.50	0.15				74	181.6	3	REGULAR
	140+100	140+200	5.75	4.3	502.50	0.3			0.6	72.89	135.675	3	REGULAR
	140+200	140+300	4.3	5.5	490.00	3.2			1.1	70.45	220.5	3	REGULAR
	140+300	140+400	5.5	4.2	485.00	0.6	2.5		1.4	65.89	223.1	3	REGULAR
	140+400	140+500	4.2	4.5	435.00	0.12				70.15	108.75	3	REGULAR
	140+500	140+600	4.5	4.45	447.50	0.9			0.8	73.21	93.975	4	BUENO
	140+600	140+700	4.45	4.3	437.50	0			1.3	75.19	56.875	4	BUENO
	140+700	140+800	4.3	4.4	435.00	0				81.13	104.4	4	BUENO
	140+800	140+900	4.4	5.3	485.00	0.35			1.2	82.44	72.75	4	BUENO
140+900	141+000	5.3	4.8	505.00	1.5			1.8	59.14	111.1	4	BUENO	
TRAMO III	141+000	141+100	5	4.85	492.50	2.1		5M		65.79	167.45	3	REGULAR
	141+100	141+200	4.85	5.55	520.00	2.3	3.5			69.28	228.8	3	REGULAR
	141+200	141+300	5.55	5.7	562.50	2.5				71.18	191.25	3	REGULAR
	141+300	141+400	5.7	5	535.00	1.2				79.58	123.05	4	BUENO
	141+400	141+500	5	5.7	535.00	0.1		3M		85.12	224.7	3	REGULAR
	141+500	141+600	5.7	4.8	525.00	0.3				71.12	168	3	REGULAR
	141+600	141+700	4.8	5.1	495.00	0			0.25	80.12	163.35	3	REGULAR
	141+700	141+800	5.1	5.9	550.00	0			0.6	80.15	187	3	REGULAR
	141+800	141+900	5.9	5.8	585.00	0.6				72	140.4	4	BUENO
TRAMO IV	142+000	142+100	4.4	5.2	480.00	2.7				73	178.5	3	REGULAR
	142+100	143+200	5.2	5	510.00	0.5				74	216	3	REGULAR
	142+200	142+300	5	4	450.00	0.56			2.5	75	229.5	3	REGULAR
	142+300	143+201	4	4.9	445.00	0.4				80	198	3	REGULAR
	142+400	142+500	4.9	5.2	505.00	0.48	2.8	5L		70	146.85	3	REGULAR
	142+500	143+202	5.2	4	460.00	0.25			2.5	70.18	272.7	2	POBRE
	142+600	142+700	4	3.41	370.50	0.15			1.8	75.14	110.4	4	BUENO
	142+700	143+203	3.41	4	370.50	0			5.6	60.18	133.38	3	REGULAR
	142+800	142+900	4	4.8	440.00	0.94		3M	0.8	65.89	166.725	3	REGULAR
142+900	143+000	4.8	5.2	500.00	0.96				81.11	154	3	REGULAR	
TRAMO V	143+000	143+100	5.2	4.9	505.00	0				81.27	225	3	REGULAR
	143+100	143+200	4.9	4.8	485.00	1.9				82.45	227.25	3	REGULAR
	143+200	143+300	4.8	5.2	500.00			2L	1.4	81.2	169.75	3	REGULAR
	143+300	143+400	5.2	5.7	545.00					79.28	275	2	POBRE
	143+400	143+500	5.7	5.4	555.00					76.14	136.25	3	REGULAR
	143+500	143+600	5.4	4.8	510.00					79.8	144.3	3	REGULAR
	143+600	143+700	4.8	5.2	500.00	0.47		6H		76.14	122.4	4	BUENO
	143+700	143+800	5.2	5.2	520.00	1.1			0.7	79.28	225	3	REGULAR
	143+800	143+900	5.2	4.9	505.00	0.85				75.18	286	2	POBRE
143+900	144+000	4.9	3.8	435.00	0.6			1.6	68.15	292.9	2	POBRE	
									50.26	239.25	2	POBRE	

Como aporte a este informe se convergió en una sola matriz el catalogo de fallas y el cuadro de calificación, que proporciona una mejor identificación de la condición del pavimento.

CLASIFICACION	PANEL FOTOGRAFICO
<p>EXCELENTE No requiere ningún mantenimiento</p> <p>Carreteras recientemente construidas están en excelente condición y no requiere mantenimiento.</p> <p style="text-align: right;">CLASIFICACION 5</p>	
<p>BUENO Requiere poco o nada de mantenimiento</p> <p>Poca superficie de desgaste del tráfico. Leve pérdida de la totalidad de la superficie Desgaste menor al 25% de la superficie en tramos de 100 metros</p> <p style="text-align: right;">CLASIFICACION 4</p>	
<p>REGULAR Requiere mantenimiento</p> <p>Moderado desgaste de la superficie (entre 25% a 50% en tramos de 100 metros) y ligera aparición de grietas (menores al 20% de la longitud del tramo) Se encuentran grietas de borde a lo largo del tramo en longitudes menores al 70% de la longitud total. Ocasionales parches y/o pérdidas de las principales capas del sellado (menores al 10% del área de la superficie) Aparecen exudaciones en porcentajes menores al 10% del área.</p> <p style="text-align: right;">CLASIFICACION 3</p>	
<p>POBRE Requiere mantenimiento o reconstrucción</p> <p>Se aprecian las grietas de borde (mayores al 70% de la longitud del tramo) y parches (áreas mayores al 50% de la superficie). Baches y pérdidas significativas de la superficie en áreas mayores al 70%. Aparición de grietas tipo cocodrilo</p> <p style="text-align: right;">CLASIFICACION 2</p>	
<p>FALLADO Requiere reconstrucción</p> <p>Gran pérdida de superficie y fisuras de borde a lo largo de todo el tramo, agrietamiento severo y / o grietas de cocodrilo, parches en mal estado y en demasía.</p> <p style="text-align: right;">CLASIFICACION 1</p>	

3.2. Análisis de discretización

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 3.01:

$$n = \frac{N \times \sigma^2}{e^2 \times (N - 1) + \sigma^2} \dots\dots\dots \text{ecuación 3.01}$$
$$4$$

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 de la sección (e=0.05)

σ : Desviación estándar.

Para la evaluación del tramo de estudio, se dividieron secciones de 100 metros de longitud de los 5 km. totales de carretera, por facilidad de inspección y división amplia de panorámicas fotográficas.

El número mínimo de unidades de muestreo será igual a la división entra la longitud total de la muestra para el ancho de la misma, como se muestra a continuación:

$$N = \frac{5000}{100}$$

$$N = 50$$

Por lo tanto se obtendrá 50 muestras con una longitud de 100 metros.

Los datos registrados tomados durante la inspección del tramo, nos brindan datos de tratamiento cualitativo, los mismos que para efectos prácticos del siguiente informe serán procesados mediante un tratamiento cuantitativo.

El procedimiento tradicional de la cuantificación de datos cualitativos es la categorización, la codificación y la tabulación. De este modo el dato textual se reduce a un tratamiento y análisis de datos.

A partir de ello, se puede calcular la desviación estándar de los datos obtenidos en campo.

El número de unidades de muestra se puede determinar inicialmente en base a una desviación estándar asumida. Aunque es preferible calcular la desviación estándar actual de acuerdo a la siguiente ecuación 3.02.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1} (C_i - C_p)^2}{n - 1}} \quad \dots\dots\dots\text{ecuación 3.02}$$

Donde:

- C_i = Calificación de la unidad de muestra i
- C_p = Calificación promedio de las unidades de muestras analizadas
- n = Número total de unidades de muestra analizadas
- σ = Desviación estándar

De la Tabla 3.01 Cuadro de resultados de la calificación del tramo en estudio, se calculo de desviación estándar obteniendo el siguiente valor:

$$\sigma = 0.662117$$

Ahora, para la obtención de las unidades de muestra a ser inspeccionadas, se aplica la ecuación 3.1, de la siguiente manera:

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

$$n = \frac{50 \times (0.662117)^2}{\frac{(0.05)^2 \times (50 - 1) + (0.662117)^2}{4}}$$

$$n \approx 50$$

Cuando el número mínimo de unidades a evaluar es menor que cinco ($n < 5$), todas las unidades deberán evaluarse.

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

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

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

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.

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, debido a que los resultados de i se aproximan a la unidad, todas y cada una de las unidades de muestreo deberán ser inspeccionadas.

Asimismo, hay que tener en cuenta que uno de los mayores inconvenientes en el sistema de muestreo aleatorio es la exclusión en el proceso de inspección y

evaluación de algunas unidades que se encuentren en muy mal estado. También puede suceder que las unidades de muestreo que tienen daños que solo se presenten una vez, por ejemplo: el cruce de una vía férrea las cuales 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 es ligeramente modificado para prevenir la extrapolación de las condiciones inusuales en toda la sección.

3.3. Lineamientos estadísticos para el cálculo de la curva de deterioro.

El método PASER plantea dentro de sus alcances para la elaboración de sus curvas de deterioros, la validez y la confianza de los modelos de Gompertz que se desarrollan a partir de ciertos supuestos. Estos supuestos son cruciales para la validez de los modelos que se utilizan actualmente para el deterioro y análisis en el software RoadSoft ® desarrollada en la Universidad Tecnológica de Michigan.

3.3.1. Validación de los modelos de crecimiento utilizados para el método PASER

Los modelos de crecimiento están bien desarrollados para examinar el proceso de crecimiento en muchos campos de estudio como la biología, la zoología, y el estudio de la mortalidad en los seres humanos. La mayoría de los procesos de crecimiento puede ser bien descrito por el modelo de crecimiento Gompertz. Si el deterioro del pavimento es visto como un "crecimiento" del proceso, entonces la aplicación de estos modelos seguramente podría aplicarse. Uso de modelos de crecimiento capturan la tendencia en los datos, lo que conduce a las curvas por defecto más fiable.

La aplicación de modelos de crecimiento con el deterioro del pavimento se introdujo por primera vez por Wen Kuo (1995). Si la condición del pavimento puede ser descrito por una puntuación o calificación, este resultado podría cambiar a medida que el pavimento se deteriora con el tiempo. Esta puntuación se convierte en el tamaño de la población en el modelo de crecimiento y permite que el modelo describa el proceso de deterioro de los pavimentos.

Para el caso de la condición del pavimento a través del método PASER, el cual califica para este tipo de pavimento en una escala de 1 (muy mal) a 5 (excelente estado), el número de condición del pavimento ICP_p es una función decreciente. Como ecuación de desarrollo de crecimiento Gompertz se usa la siguiente expresión:

$$ICP_p = a + b \times e^{ct}$$

Donde:

ICP_p : Calificación de la unidad de muestra

a,b,c; constantes

t: tiempo de vida del pavimento

Asumiendo que en su primer día de habilitación, la carretera posee la mejor calificación (5 – condición Excelente), además que fue diseñada para un tiempo de vida de 5 años, donde su estado sería el más bajo (1 – condición fallado) para efectos de diseño de la curva teórica de deterioro. Asimismo se tiene una calificación promedio obtenida de la visita realizada al proyecto bajo la condiciones de la evaluación del PASER. A continuación se muestra los valores utilizados para generar la curva de deterioro teórica.

Tabla 3.02. Cuadro de Resultados de la condición del pavimento a través del tiempo

Tiempo de vida (años)	Calificación	Toma de datos
0	5	Inicio de servicio
1.5	3.04	Visita
5	1	Final de vida útil

De la ecuación gompertz anterior, podemos hallar a, b, c por medio del método de cuadrados mínimos. Dichos valores son calculados a través del siguiente procedimiento:

Se iguala la ecuación a este modelo exponencial

$$x(t) = c_1 e^{c_2 t} + c_3,$$

Donde c_1 , c_2 y c_3 son los parámetros del modelo. El parámetro c_3 sirve para considerar asíntotas diferentes a cero ($c_3 \neq 0$).

Se desarrolla el siguiente proceso para hallar los optimizadores para estos parámetros con el método de cuadrados mínimos.

Para cada uno de los datos x_i el error ε_i correspondiente del modelo es:

$$\varepsilon_i = x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3$$

y la suma de los cuadrados de los errores viene dado por

$$\varepsilon = \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3)^2$$

Derivando con respecto a c_1 , c_2 y c_3 tenemos

$$\frac{d\varepsilon}{dc_1} = -2 \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3) e^{c_2 t_i}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dc_2} = -2 \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3) c_1 t_i e^{c_2 t_i}$$

$$\frac{d\varepsilon}{dc_3} = -2 \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3)$$

$$-2 \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3) = 0$$

Resolviendo la ecuación para c_3 se obtiene el valor mínimo para este parámetro en términos de c_1 y c_2

$$c_3 = \bar{x} - \frac{c_1}{n} \sum_{i=1}^n e^{c_2 t_i}$$

Sustituyendo este valor de c_3 en la ecuación

$$-2 \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3) e^{c_2 t_i} = 0$$

se obtiene

$$-2 \sum_{i=1}^n \left(x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - \bar{x} + \frac{c_1}{n} \sum_{i=1}^n e^{c_2 t_i} \right) e^{c_2 t_i} = 0$$

y resolviendo para c_1 obtenemos el valor mínimo para este parámetro en términos de c_2

$$c_1 = \frac{\sum x_i e^{c_2 t_i} - \bar{x} \sum e^{c_2 t_i}}{\sum e^{2c_2 t_i} - \frac{(\sum e^{c_2 t_i})^2}{n}}$$

Sustituyendo estos valores de c1 y c3 en la ecuación

$$-2 \sum_{i=1}^n (x_i - c_1 e^{c_2 t_i} - c_3) t_i e^{c_2 t_i} = 0$$

, se obtiene

$$\left(-2 \sum_{i=1}^n \left(x_i - \frac{\sum x_i e^{c_2 t_i} - \bar{x} \sum e^{c_2 t_i}}{\sum e^{2c_2 t_i} - \frac{(\sum e^{c_2 t_i})^2}{n}} \right) e^{c_2 t_i} - \bar{x} + \frac{\sum x_i e^{c_2 t_i} - \bar{x} \sum e^{c_2 t_i}}{\sum e^{2c_2 t_i} - \frac{(\sum e^{c_2 t_i})^2}{n}} \right) \sum_{i=1}^n e^{c_2 t_i} c_1 t_i e^{c_2 t_i} = 0$$

Simplificando esta ecuación se obtiene

$$\sum x_i t_i e^{c_2 t_i} - \bar{x} \sum t_i e^{c_2 t_i} + \left[\frac{\sum x_i e^{c_2 t_i} - \bar{x} \sum e^{c_2 t_i}}{\sum e^{2c_2 t_i} - \frac{(\sum e^{c_2 t_i})^2}{n}} \right] \left[\frac{(\sum e^{c_2 t_i})(\sum t_i e^{c_2 t_i})}{n} - \sum t_i e^{2c_2 t_i} \right] = 0$$

Esta última ecuación debe ser resuelta numéricamente para obtener el valor mínimo de c2.

Ya conocido este valor podemos saber los valores de c1 y de c3 por medio de las siguientes fórmulas

$$c_1 = \frac{\sum x_i e^{c_2 t_i} - \bar{x} \sum e^{c_2 t_i}}{\sum e^{2c_2 t_i} - \frac{(\sum e^{c_2 t_i})^2}{n}}$$

Con la aplicación de estas expresiones se calcularon las constantes obteniendo como ecuación final:

$$ICP_p = 0.046 + 4.953 \times e^{-0.335t}$$

CAPÍTULO IV.- ANALISIS DE RESULTADOS

4.1. Gráfico de la curva de deterioro

Obtenida la curva de deterioro posible del tramo de la carretera a través de las condiciones de los modelos de Gompertz, se puede apreciar la grafica siguiente:

$$ICP_p = 0.046 + 4.953 \times e^{-0.335t}$$

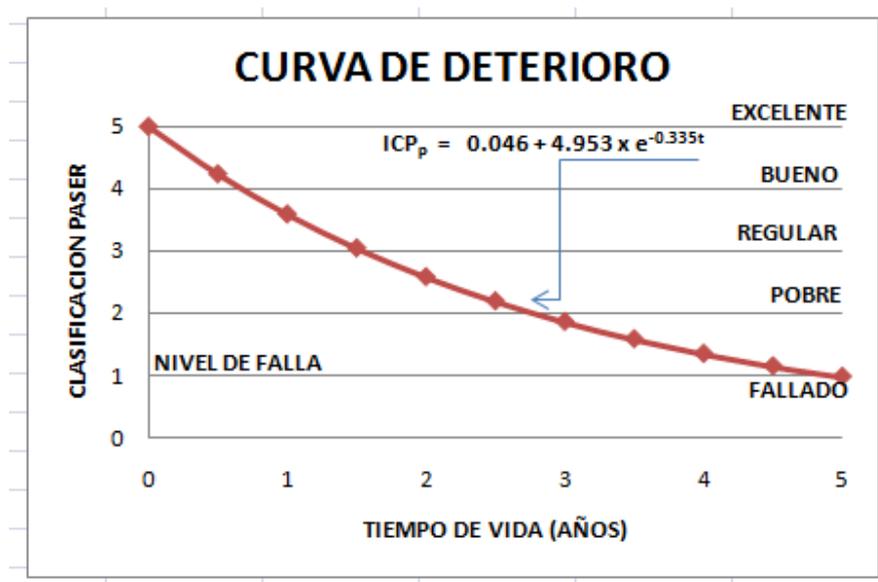


Figura 4.01 Curva de deterioro del tramo km. 139+00 a km. 144+00 de la carretera Cañete - Chupaca

4.2 Interpretación de la curva obtenida

La curva por defecto se desarrolla a partir de datos históricos recogidos de carreteras similares que sirven para desarrollar modelos estándar, o basados en las condiciones de carreteras similares, pero ninguno de estos son el caso del tramo de estudio.

De la grafica de la curva se aprecia una degradación progresiva de la condición del pavimento, que se debe a factores ambientales y de aforo vehicular que empeoran el estado del pavimento y su calidad. La gráfica muestra que el estado empeora aceleradamente a medida que el pavimento envejece. El motivo es que el deterioro se inicia generalmente en la superficie y luego avanza hacia las capas subyacentes a medida que se desarrollan las diferentes fallas en la superficie.

La Figura 4.01 muestra que el pavimento sin rehabilitación experimenta una disminución del 50% de su PCPp durante el primer 30% de su vida útil y una disminución adicional del 45% en el siguiente 60% de su vida útil.

Para restaurar el estado del pavimento casi al final de su vida útil tendrá que incurrirse en un gasto mayor que el que se tendría durante el 50% de su vida útil, debido a las fallas más completas que se experimentaría.

Uno de los principales objetivos de la proyección de la curva es mantener el estado del pavimento en el rango superior del PCPp (3-5) limitando la degradación de la carretera, para mantener bajos los costos de rehabilitación.

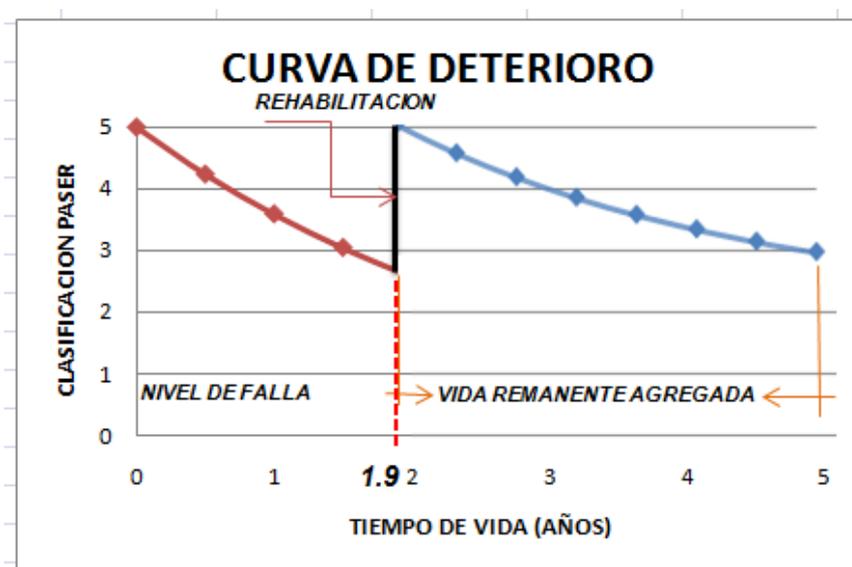


Figura 4.02. Análisis de la curva de deterioro - Rehabilitación de la carretera Cañete – Chupaca del 139+00 al km 144+00

Se aprecia que para obtener una carretera que provea de una serviciabilidad adecuada durante el periodo de contrato (5 años), se requerirá realizar a los 1.9 años de su fecha de servicio (ver figura 4.02), actividades de mantenimiento en el pavimento, para prolongar la vida útil del pavimento, ayudando así, a mantener el estado general de la carretera hacia un nivel superior, y también, haciendo que el dinero gastado en el sistema de carreteras sea más rentable. Esta investigación ha demostrado que la aplicación original de Gompertz a logrado los resultados deseados, además la forma de la curva utilizada para este análisis es la misma curva de crecimiento que utiliza el RoadSoft para el modelo de deterioro del pavimento.

CONCLUSIONES

La metodología presentada para el tramo de estudio, cumple con el objetivo principal, ya que permite identificar el daño progresivo que sufre la carretera de manera fundamentada, a través de los lineamientos propuestos por el PASER proponiendo una curva de deterioro que muestra que al momento de la evaluación existe una disminución del 39.2% de su PCP_p y que se requerirá en un corto plazo de un mantenimiento o rehabilitación antes que se generen mayores daños, para poder lograr que la carretera obtenga una condición adecuada al plazo de los 5 años de servicio.

El método PASER se basa en una evaluación visual, no cuantifica los deterioros encontrados ni proporciona valor deductivo alguno para indicar la calificación de la condición del pavimento, simplemente sobre la base de criterios de ingeniería, y experiencias indica una calificación. Hay que recopilar una base de datos propia que documente las experiencias de los tratamientos, ya que los beneficios difieren de región en región, debido a los diferentes tipos de carreteras, los niveles de tránsito y las condiciones climatológicas.

Se requiere de una buena planificación e identificación exhaustiva de los proyectos de rehabilitación. Ocasionalmente, las condiciones de la superficie varían significativamente dentro de un segmento como ocurrió entre las progresivas km. 142+400 y km. 142+500. En estos casos, sería mejor clasificar el segmento de acuerdo con las condiciones peores y anotar la variación de la forma.

Una estrategia de reparación para un segmento de pavimento, debe ser determinada después de una evaluación detallada del segmento del pavimento y no deben ser simplemente determinadas basándose en la calificación PASER. La evaluación pormenorizada deberá incluir una evaluación del tipo y de la gravedad del deterioro del pavimento, una evaluación de la resistencia estructural existente, de las condiciones del pavimento y del subsuelo, así como de las cargas futuras de tráfico.

RECOMENDACIONES

Una inspección periódica es necesaria para proporcionar una evaluación actual y más precisa, por ello la clasificación PASER recomienda que esta se actualice cada dos años, aunque una actualización anual es mucho mejor.

Es necesario conformar una base de datos propia para cada tipo de carretera con el fin de procesar mayor cantidad de información y obtener curvas de deterioros madres con mayores ajustes a la realidad.

Implementar un equipo similar al roadsoft para recolectar, almacenar y analizar los datos asociados a todo tipo de evaluación superficial de carreteras.

Generalizar el empleo del método PASER, como método de evaluación superficial debido a su sencillez y economía.

No se debe ahondar en nuevos métodos foráneos si no se establecen las líneas de investigación que permitan normar la forma de evaluar y diseñar en nuestra realidad.

Si bien no ha sido parte del presente informe, se debe evaluar, qué efectos producen la degradación progresiva de la carretera, con el fin de realizar las correcciones de mantenimiento / reparación respectivas para prolongar la vida útil del pavimento.

BIBLIOGRAFÍA:

- CONSEJO DE DIRECTORES DE CARRETERAS DE IBERIA E IBEROAMÉRICA, M5.1. Catalogo de Deterioros de Pavimentos Flexibles, Volumen nº 11. 2002.
- GUTIERREZ L. W. , Modelación Geotécnica de Pavimentos Flexibles con Fines de Análisis y Diseño en el Perú, Lima, Perú, 2007.
- INGEPAV (Ingeniería de pavimentos), Pavement condition Index (PCI) para pavimentos asfálticos y de concreto en carreteras, Luis Vásquez, Manizales, 2002.
- Michigan Tech Transportation Institute, Validation of the Pavement Performance Models Used In Michigan's RoadSoft Infrastructure Management System & Development of Parent Deterioration Curves for Local Agencies, Houghton.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), Manual para la Conservación de Carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito" Vol. I, Lima, Perú, 2008.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), Provias Nacional, Conferencia Soluciones básicas y recuperación de carreteras convencionales.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Provias Nacional, Estudio para el cambio estándar de afirmado a solución de la carretera cañete – Lunahuana – Chupaca, Tramo Zúñiga – DV Yauyos – Ronchas, 2005.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), Provias Nacional, Informe Final – Estudio de Pre Inversión a nivel de perfil para la rehabilitación y mejoramiento de la carretera Lunahuana – Yauyos – Chupaca, 2008.
- Pavement Surface Evaluation and Rating (PASER) Manuals:
Asphalt PASER Manual, 2002.
Brick and Block PASER Manual, 2001.
Concrete PASER Manual, 2002.
Gravel PASER Manual, 2002.
Sealcoat PASER Manual, 2000.
Unimproved Roads PASER Manual, 2001.
- Universidad Interamericana de Puerto Rico, Dpto. de Ciencias naturales y matemáticas, Optimizadores para un modelo de regresión exponencial, Jessica Hernández, 1999.
- Universidad Nacional de Colombia, Evaluación y Comparación de metodologías VIZIR y PCI sobre el tramo de una vía en pavimentos flexibles y rígidos de la vía Museo Quimbaya - CRQ Armenia, 2006.

- University of Wisconsin - Madison, Pavement Surface Evaluation and Rating, Wisconsin, EEUU.
- Universidad Técnica calles de la ciudad de Loja, Tesis de grado para la obtención del título de Ingeniero Civil, Christian Rolando, 2009.

PAGINAS WEB CONSULTADAS:

- <http://www.camineros.com>
- <http://www.cityofnovi.org>
- <http://mtc.gob.pe>

ANEXOS:

- Sistemas de calificación PASER para los diferentes tipos de pavimentos:
 - *Asphalt PASER Manual, 2002.*
 - *Brick and Block PASER Manual, 2001.*
 - *Concrete PASER Manual, 2002.*
 - *Gravel PASER Manual, 2002.*
 - *Sealcoat PASER Manual, 2000.*
 - *Unimproved Roads PASER Manual, 2001.*

ANEXOS:

- **Sistemas de calificación PASER para los diferentes tipos de pavimentos:**
 - *Asphalt PASER Manual, 2002.*
 - *Brick and Block PASER Manual, 2001.*
 - *Concrete PASER Manual, 2002.*
 - *Gravel PASER Manual, 2002.*
 - *Sealcoat PASER Manual, 2000.*
 - *Unimproved Roads PASER Manual, 2001.*

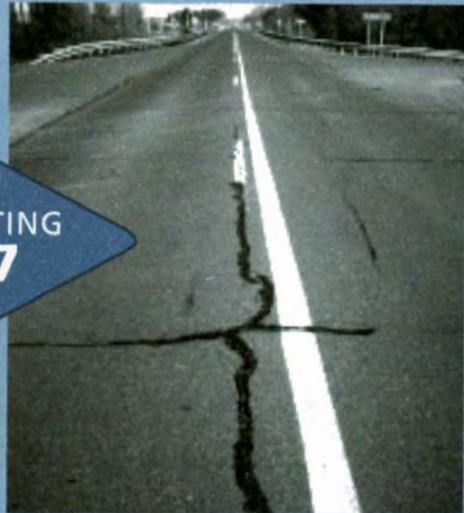
Pavement Surface Evaluation and Rating

PASER Asphalt Roads Manual

RATING
10



RATING
7



RATING
4



RATING
1



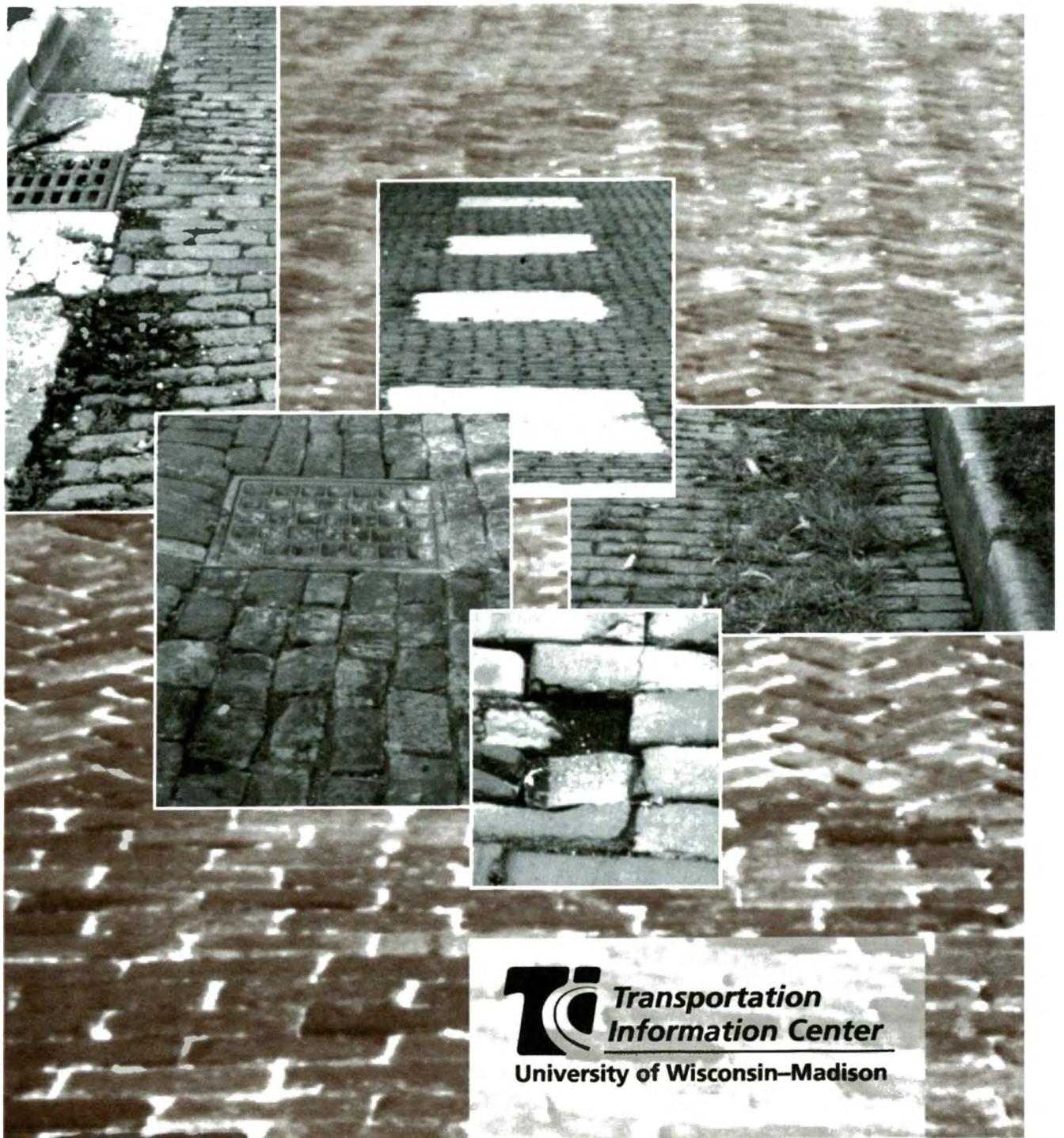
Rating system

Surface rating	Visible distress*	General condition/ treatment measures
10 Excellent	None.	New construction.
9 Excellent	None.	Recent overlay. Like new.
8 Very Good	No longitudinal cracks except reflection of paving joints. Occasional transverse cracks, widely spaced (40' or greater). All cracks sealed or tight (open less than 1/4").	Recent sealcoat or new cold mix. Little or no maintenance required.
7 Good	Very slight or no raveling, surface shows some traffic wear. Longitudinal cracks (open 1/4") due to reflection or paving joints. Transverse cracks (open 1/4") spaced 10' or more apart, little or slight crack raveling. No patching or very few patches in excellent condition.	First signs of aging. Maintain with routine crack filling.
6 Good	Slight raveling (loss of fines) and traffic wear. Longitudinal cracks (open 1/4"–1/2"), some spaced less than 10'. First sign of block cracking. Slight to moderate flushing or polishing. Occasional patching in good condition.	Shows signs of aging. Sound structural condition. Could extend life with sealcoat.
5 Fair	Moderate to severe raveling (loss of fine and coarse aggregate). Longitudinal and transverse cracks (open 1/2") show first signs of slight raveling and secondary cracks. First signs of longitudinal cracks near pavement edge. Block cracking up to 50% of surface. Extensive to severe flushing or polishing. Some patching or edge wedging in good condition.	Surface aging. Sound structural condition. Needs sealcoat or thin non-structural overlay (less than 2")
4 Fair	Severe surface raveling. Multiple longitudinal and transverse cracking with slight raveling. Longitudinal cracking in wheel path. Block cracking (over 50% of surface). Patching in fair condition. Slight rutting or distortions (1/2" deep or less).	Significant aging and first signs of need for strengthening. Would benefit from a structural overlay (2" or more).
3 Poor	Closely spaced longitudinal and transverse cracks often showing raveling and crack erosion. Severe block cracking. Some alligator cracking (less than 25% of surface). Patches in fair to poor condition. Moderate rutting or distortion (1" or 2" deep). Occasional potholes.	Needs patching and repair prior to major overlay. Milling and removal of deterioration extends the life of overlay.
2 Very Poor	Alligator cracking (over 25% of surface). Severe distortions (over 2" deep) Extensive patching in poor condition. Potholes.	Severe deterioration. Needs reconstruction with extensive base repair. Pulverization of old pavement is effective.
1 Failed	Severe distress with extensive loss of surface integrity.	Failed. Needs total reconstruction.

* Individual pavements will not have all of the types of distress listed for any particular rating. They may have only one or two types.

Pavement Surface Evaluation and Rating

PASER **Brick & Block** Manual



TIC *Transportation
Information Center*
University of Wisconsin–Madison

Rating surface conditions of brick and block streets

The extent and severity of each type of defect are used to rate the street section's overall condition. Defects may gradually worsen with age or they may deteriorate rapidly, depending on the volume of heavy traffic and the road quality.

Inspecting and rating streets every year or two helps track the rate of deterioration and lets local officials plan for maintenance and improvement. The photographic examples will help you become familiar with the general patterns of each rating.

Surface rating	General condition, defects, and recommended improvement
4 Very Good	New condition. No defects.
3 Good	Very few defects. Good ride.
2 Fair	One or more types of defects present extending over 5% to 20% of the surface area. Ride may be uneven and rough. Sunken or settled areas. Broken bricks or blocks. Areas of poor drainage. Open joints. Spot repairs are recommended.
1 Poor	Defects cover more than 20% of the surface area. Very rough ride. Numerous patches in fair to poor condition. Poor drainage. Requires extensive repair or reconstruction.

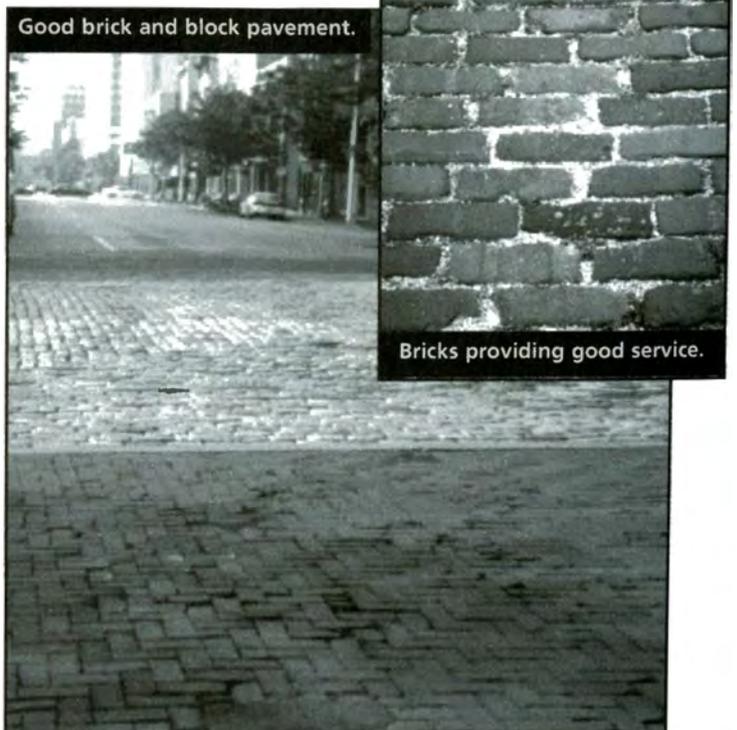
✓ 4 – VERY GOOD

New condition. No defects.



✓ 3 – GOOD

Few defects. Good ride.



Pavement Surface Evaluation and Rating

PASER Concrete Roads Manual

RATING
10



RATING
7



RATING
4



RATING
1



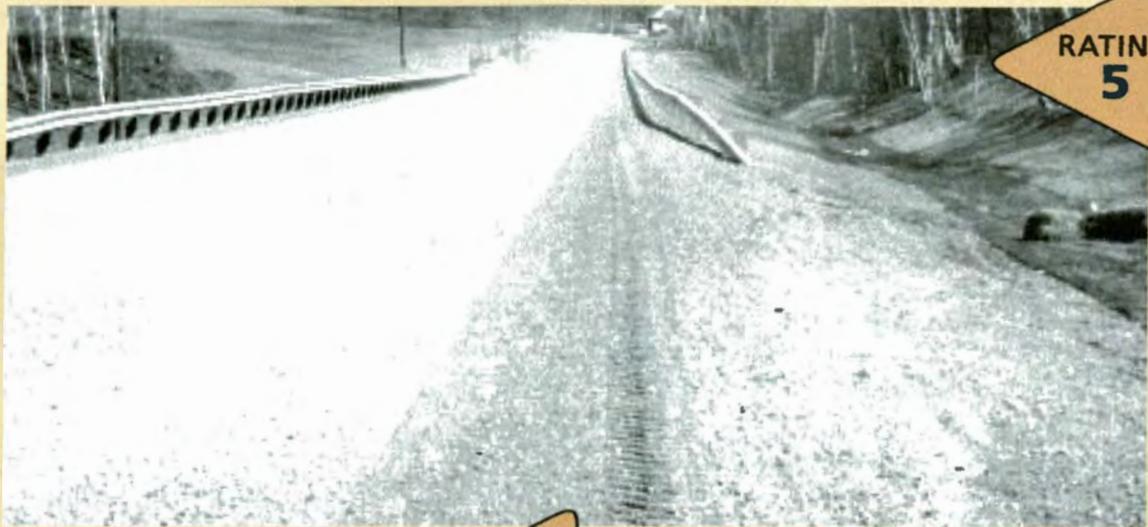
Rating system

Surface rating	Visible distress*	General condition/ treatment measures
10 Excellent	None.	New pavement. No maintenance required.
9 Excellent	Traffic wear in wheelpath. Slight map cracking or pop-outs.	Recent concrete overlay or joint rehabilitation. Like new condition. No maintenance required.
8 Very Good	Pop-outs, map cracking, or minor surface defects. Slight surface scaling. Partial loss of joint sealant. Isolated meander cracks, tight or well sealed. Isolated cracks at manholes, tight or well sealed.	More surface wear or slight defects. Little or no maintenance required.
7 Good	More extensive surface scaling. Some open joints. Isolated transverse or longitudinal cracks, tight or well sealed. Some manhole displacement and cracking. First utility patch, in good condition. First noticeable settlement or heave area.	First sign of transverse cracks (all tight); first utility patch. More extensive surface scaling. Seal open joints and other routine maintenance.
6 Good	Moderate scaling in several locations. A few isolated surface spalls. Shallow reinforcement causing cracks. Several corner cracks, tight or well sealed. Open (1/4" wide) longitudinal or transverse joints and more frequent transverse cracks (some open 1/4").	First signs of shallow reinforcement or corner cracking. Needs general joint and crack sealing. Scaled areas could be overlaid.
5 Fair	Moderate to severe polishing or scaling over 25% of the surface. High reinforcing steel causing surface spalling. Some joints and cracks have begun spalling. First signs of joint or crack faulting (1/4"). Multiple corner cracks with broken pieces. Moderate settlement or frost heave areas. Patching showing distress.	First signs of joint or crack spalling or faulting. Grind to repair surface defects. Some partial depth patching or joint repairs needed.
4 Fair	Severe polishing, scaling, map cracking, or spalling over 50% of the area. Joints and cracks show moderate to severe spalling. Pumping and faulting of joints (1/2") with fair ride. Several slabs have multiple transverse or meander cracks with moderate spalling. Spalled area broken into several pieces. Corner cracks with missing pieces or patches. Pavement blowups.	Needs some full depth repairs, grinding, and/or asphalt overlay to correct surface defects.
3 Poor	Most joints and cracks are open, with multiple parallel cracks, severe spalling, or faulting. D-cracking is evident. Severe faulting (1") giving poor ride. Extensive patching in fair to poor condition. Many transverse and meander cracks, open and severely spalled.	Needs extensive full depth patching plus some full slab replacement.
2 Very Poor	Extensive slab cracking, severely spalled and patched. Joints failed. Patching in very poor condition. Severe and extensive settlements or frost heaves.	Recycle and/or rebuild pavement.
1 Failed	Restricted speed. Extensive potholes. Almost total loss of pavement integrity.	Total reconstruction.

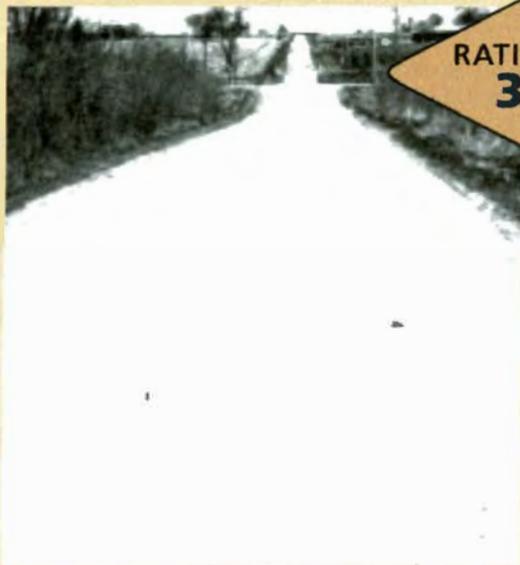
* Individual pavements will not have all of the types of distress listed for any particular rating. They may have only one or two types.

Pavement Surface Evaluation and Rating

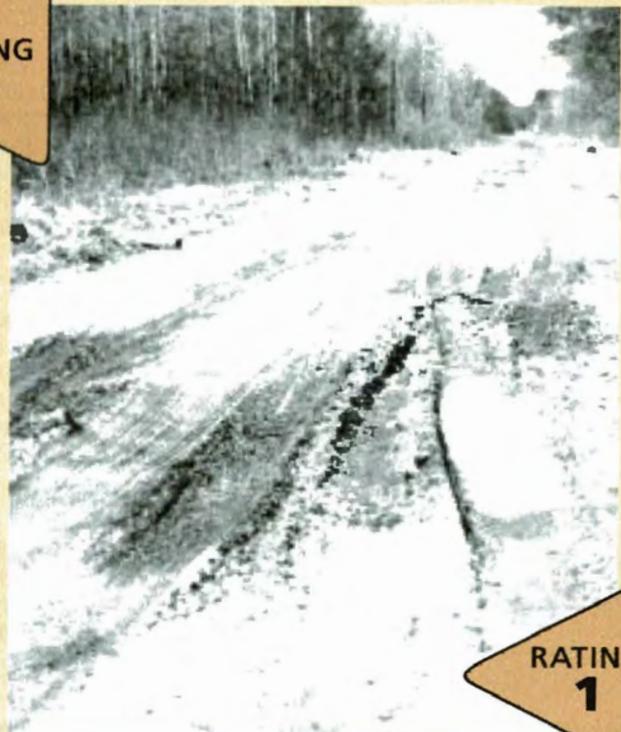
PASER Gravel Roads Manual



RATING
5



RATING
3



RATING
1

Rating road surface condition

A simplified rating system has been developed to help manage gravel roads. It uses a scale of 1 to 5—5 is excellent condition and 1 is failed. In a normal progression the road will start out in excellent condition and gradually deteriorate under the effects of traffic and weather. Routine grading and minor patching may be sufficient to restore the road to excellent condition. As conditions worsen, more extensive maintenance

may be required; complete rebuilding may eventually be necessary.

To select a rating first assess the crown, drainage, and gravel layer. Then review the individual defects and select the type of maintenance or rehabilitation necessary. The rating should reflect the condition and type of maintenance or repairs required. Look at the photographs in this section to become more familiar with the ratings and conditions.

RATINGS ARE RELATED TO NEEDED MAINTENANCE OR REPAIR

- Rating 5** Newly constructed road. Excellent crown and drainage. No maintenance required.
- Rating 4** Good crown and drainage. Routine maintenance.
- Rating 3** Roadway shows traffic effects. Needs regrading, minor ditch maintenance, and spot gravel application.
- Rating 2** Road needs additional aggregate layer, major drainage improvements.
- Rating 1** Travel is difficult. Complete rebuilding required.

Surface rating	Visible distress*	General condition/ treatment measures
5 Excellent	No distress. Dust controlled. Excellent surface condition and ride.	New construction—or total reconstruction. Excellent drainage. Little or no maintenance needed.
4 Good	Dust under dry conditions. Moderate loose aggregate. Slight washboarding.	Recently regraded. Good crown and drainage throughout. Adequate gravel for traffic. Routine grading and dust control may be needed.
3 Fair	Good crown (3"-6"). Adequate ditches on more than 50% of roadway. Gravel layer mostly adequate but additional aggregate may be needed in some locations to correct washboarding or isolated potholes and ruts. Some culvert cleaning needed. Moderate washboarding (1"-2" deep) over 10%-25% of the area. Moderate dust, partial obstruction of vision. None or slight rutting (less than 1" deep). An occasional small pothole (less than 2" deep). Some loose aggregate (2" deep).	Shows traffic effects. Regrading (reworking) necessary to maintain. Needs some ditch improvement and culvert maintenance. Some areas may need additional gravel.
2 Poor	Little or no roadway crown (less than 3"). Adequate ditches on less than 50% of roadway. Portions of the ditches may be filled, overgrown and/or show erosion. Some areas (25%) with little or no aggregate. Culverts partially full of debris. Moderate to severe washboarding (over 3" deep) over 25% of area. Moderate rutting (1"-3"), over 10%-25% of area. Moderate potholes (2"-4") over 10%-25% of area. Severe loose aggregate (over 4").	Travel at slow speeds (less than 25 mph) is required. Needs additional new aggregate. Major ditch construction and culvert maintenance also required.
1 Failed	No roadway crown or road is bowl shaped with extensive ponding. Little if any ditching. Filled or damaged culverts. Severe rutting (over 3" deep), over 25% of the area. Severe potholes (over 4" deep), over 25% of area. Many areas (over 25%) with little or no aggregate.	Travel is difficult and road may be closed at times. Needs complete rebuilding and/or new culverts.

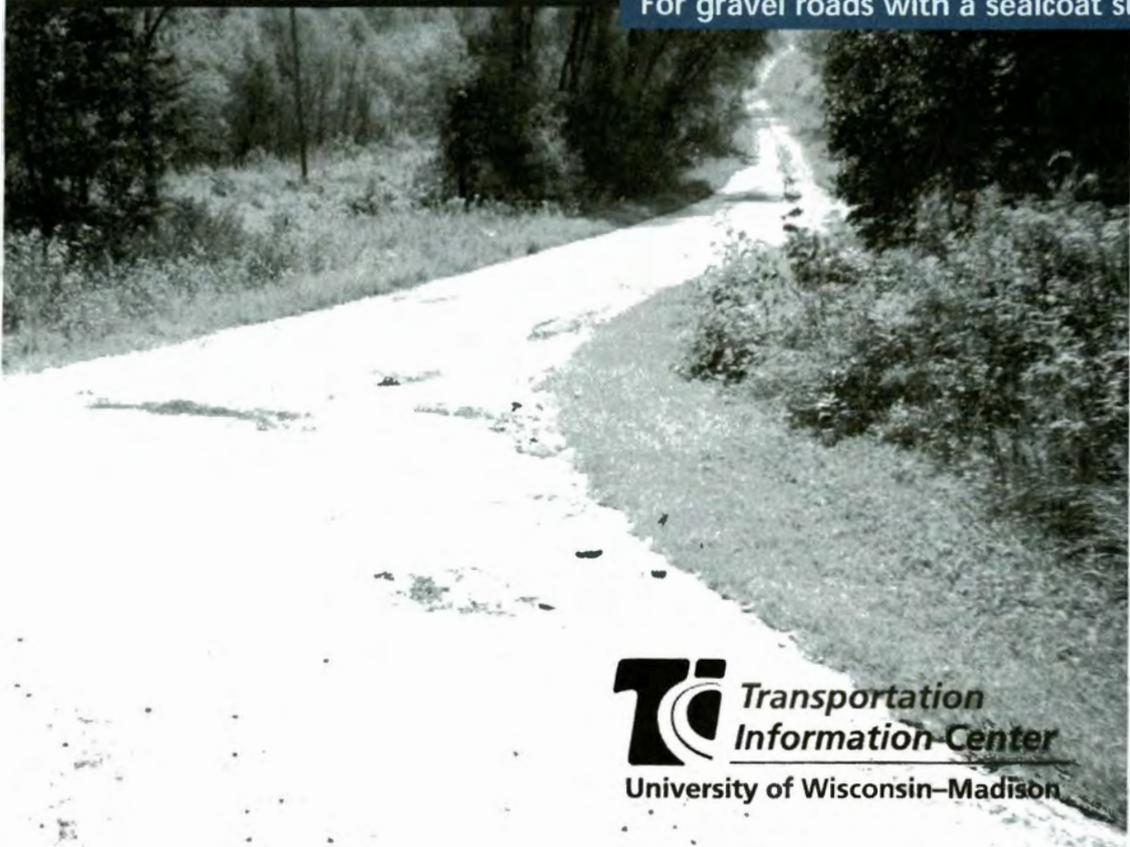
* Individual road sections will not have all of the types of distress listed for any particular rating. They may have only one or two types.

Pavement Surface Evaluation and Rating

Sealcoat Manual



For gravel roads with a sealcoat surface



 **Transportation
Information Center**
University of Wisconsin–Madison

Rating surface condition of sealcoated gravel roads

The extent and severity of each type of distress are used to rate the overall condition. Distress may gradually worsen with age or may deteriorate rapidly, depending on volume of heavy traffic and road quality. Inspecting roads every year or two helps track the rate of deterioration and lets local officials plan for maintenance and improvement.

This section presents a simplified rating system to help you manage sealcoated roads and to supply information for your local road inventory. It uses a scale of 1 to 5, with 5 being new condition and 1 a failed surface.

The photographic examples will help you become familiar with the general patterns of each rating. Before selecting a rating, inspect the road segment, looking at the types, extent, and severity of visible distress. Determine the age of the sealcoat surface and then locate the age in the table. Consider distress and needed repairs to help select the final rating.

The rating can be no higher than the segment's age. For example, a 5-year-old sealcoat surface should not be rated higher than 3 even though there are few visible signs of distress. However, the rating may be lowered if distress is severe or extensive. That is, a 5-year-old surface could be rated 2 or 1.

The rating also reflects your judgment of needed repairs or improvements. Ratings of 5 and 4 require no maintenance. Rating 3 needs preventive maintenance to extend life. The surface may require a few patches or minor drainage improvements. A new sealcoat is recommended.

Roads with a rating of 2 need more extensive repairs or significant drainage improvement. Repairs may include asphalt wedging or extensive patching. Ditch cleaning or culvert repairs may also be required to restore good drainage. A new sealcoat surface should be applied to a road surface with a rating of 2.

A road condition rating of 1 indicates failed conditions and the need for significant repair or rebuilding. New gravel base, re-grading, and/or significant drainage improvement, and a new double surface sealcoat are typical for roads rated 1.

Surface age	Visible distress	General condition, drainage, and recommended improvement	Surface rating
1 year old	No distress. Excellent surface and ride.	New surface condition. Excellent drainage. No maintenance required.	5 Excellent
2-4 years old	Slight surface wear from traffic. Slight loss of surface aggregate. Minor flushing or tracking.	Excellent or good drainage. Little or no maintenance required.	4 Good
3-5 years old	Moderate surface wear and/or flushing. Slight edge cracking. Occasional patch or loss of top layer of sealcoat.	Good or fair drainage. May need spot drainage improvement and/or minor patching. Preventive maintenance sealcoat recommended.	3 Fair
more than 5 years old	Severe wear or flushing. Moderate to severe edge cracking or patching. Potholes or significant loss of surface sealcoat. Alligator cracking.	Fair or poor drainage. Ditching or culvert improvements needed. Patching or surface wedging needed. New surface sealcoat required.	2 Poor
more than 5 years old	Extensive loss of surface sealcoat. Severe edge cracking and/or alligator cracking. Extensive patching in poor condition and/or rutting.	Extensive poor drainage. Needs base improvement and new double sealcoat.	1 Failed

Transportation Information Center

ROADS AND VENTURE



Rating the condition of unimproved roads

This section of the manual presents a simplified rating system to help you manage earthen roads and supply information for your local road inventory. It uses a scale of 1 to 4, with 4 being very good and 1 being poor.

Ratings of the earthen road's overall condition are based on the general condition and the extent and severity of distress. Recommended maintenance or treatment is also a part of the rating process. Inspecting roads every year or two helps track the condition and lets local officials plan for maintenance and improvement.

First evaluate the general road conditions. If the road has been graded to create a smooth profile (cuts and fills) and has drainage ditches and a crown, then it could be

rated 4 if there is little or no distress (potholes, etc.). If it has been graded, but has some distress, then it will be rated 3 or lower.

If the road has not been graded, that is it follows the natural profile of the terrain, but has little distress, it could be rated 3. Roads with grass surfaces, potholes, ruts, unstable surface soil, and limited access would typically be rated 2 or 1.

Study the general conditions and distresses common for each rating category. Next, proceed to the photographic examples that illustrate typical conditions for each PASER rating. The table below is a summary of the ratings and their characteristic conditions.

Surface rating	General condition, distress, and recommended improvement
4 Very Good	Graded with cut and fill areas. Crown present. Ditches and culverts may be present. Comfortable ride over 25 mph possible. No significant ruts or potholes. Sandy or stable surface material. Access normally available in all weather. No improvement needed.
3 Good	May have some limited grading, crown or drainage. Slight rutting, less than 3 inches deep. Very few potholes, little washboarding. Comfortable ride at 15-20 mph. Good access and stable surface except in severe weather or unusual conditions. Routine maintenance or spot grading helpful.
2 Fair	Road follows natural terrain. Road not graded with cuts or fill areas. Little or no crown. Limited or no ditches or culverts. Ruts may be very common, some over 6 inches deep. Occasional potholes and uneven surface conditions. Ride usually requires speeds lower than 15 mph. Access may be limited during and after rain. Significant grading required to improve drainage, repair ruts and potholes, and improve road to good condition.
1 Poor	Very poor surface and driving conditions. Recreational trail, limited use. Severe rutting and/or extensive potholes. Surface condition often limits speed to less than 10 mph. Access for cars and trucks may be restricted for extensive periods of time. Reconstruction needed to provide improved access, repair severe distress, and improve road to good condition..