

FALLAS DE PAVIMENTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES: CAUSAS, CONSECUENCIAS Y REMEDIOS

Guillermo Thenoux Z.
Departamento de Ingeniería de Construcción.
Pontificia Universidad Católica de Chile.
Vicuña Mackenna 4860 Santiago.

RESUMEN

El trabajo presenta un análisis de la importancia que tiene el conocimiento del estado del pavimento dentro de la toma de decisiones para la asignación de presupuesto de proyectos nuevos así como la rehabilitación y mantención de proyectos en servicio.

El trabajo no sólo enfatiza la importancia que tiene la medición de las fallas por algún método estandarizado sino que además demuestra en forma sucinta el significado que tiene el poder establecer, las causas, consecuencias y remedios de las distintas fallas que se pueden presentar en pavimentos de hormigón de cemento y asfalto, y así poder adoptar la estrategia más realista respecto de la mantención y ejecución de proyectos de reconstrucción y construcciones nuevas.

La implementación de una metodología de administración de pavimentos junto con permitir un mejor manejo administración de los recursos existentes deberá incidir significativamente en un aumento de la vida útil de un pavimento. Esto es debido a que la longevidad de un pavimento está directamente relacionada con los cuidados y controles que se le proporcionan a estos durante su construcción y durante su vida en servicio.

1. INTRODUCCION

1.1 Origen del Problema

El crecimiento de las áreas urbanas del país lleva asociado un incremento de las inversiones de pavimentación que se resumen en las siguientes áreas.

- a) Pavimentación de calles nuevas.
- b) Mejoramiento y modificaciones de calles existentes para absorber cambios en la demanda de tráfico y peso de vehículos.
- c) Mantención y reconstrucción de calles pavimentadas para optimizar la circulación, mejorar serviciabilidad y reducir costos de operación de vehículos.
- d) Reconstrucción de calles debido a la intervención de otros servicios públicos.

En general las obras de pavimentación se diseñan para una determinada vida útil. La vida útil de un pavimento o un pavimento reparado dependerá en gran medida de la calidad del proyecto, la calidad de la construcción y el tipo de mantención, además de factores tales como: tráfico, clima y sistemas de drenaje.

En la mayoría de las situaciones, cuando un pavimento comienza a mostrar fallas, éstas fallas pueden multiplicarse y progresar rápidamente. Esto produce un deterioro acelerado y continuo de la estructura del pavimento que puede reducir completamente su funcionalidad en un corto plazo.

Para muchas municipalidades y ciudades en el mundo, el problema de asignación de presupuesto a sus diferentes proyectos de mantención, reconstrucción, construcción y mejoramiento de vías parece verse agravado cada año. Junto con tener que resolver las prioridades de los nuevos proyectos de desarrollo, se ven enfrentados a un gran dilema respecto de las condiciones reales de funcionamiento de las estructuras de pavimentos que conforman su actual red vial.

El dilema en este segundo caso, se origina en el hecho que se reconoce la gran inversión hecha en la actual red vial y que ésta no puede dejarse que colapse en beneficio de proyectos nuevos. Es así que en los últimos años, en mayor o menor grado, municipios, ciudades y países han comprometido parte de sus esfuerzos en la implementación de sistemas de administración y conservación de pavimentos.

Un Sistema de Administración y Conservación de Pavimentos (SACP), entre otros objetivos, establece una metodología que permite la intervención oportuna de las cuadrillas de mantención, reduciendo las probabilidades de deterioro progresivo que puede significar como única solución, la reconstrucción total del camino.

Otro de los objetivos que persigue la implementación de un sistema de administración de pavimentos, es implantar una metodología para el seguimiento y evaluación continua del

estado de los pavimentos. Esto permite reducir la incertidumbre que puede provocar la toma de decisiones en la asignación de presupuesto a los variados proyectos de mantención y construcciones viales urbanas que se deban realizar anualmente.

Las metodologías de administración de pavimentos han alcanzado un importante desarrollo teórico en los últimos años y sus aplicaciones prácticas ofrecen una amplia gama de resultados. Esto último, se debe a que un sistema de administración de pavimentos involucra una gran malla de actividades en donde no sólo deben interactuar distintos niveles de profesionales y funcionarios si no que, además, deben interactuar diferentes oficinas y entidades administrativas y de desarrollo. Es así, que al implementar un sistema de administración de pavimentos dentro de cualquier sistema administrativo de gobierno se pueden causar distintos grados de trastornos que en último término pueden inactivar las relaciones entre las actividades que conforman una malla de organización de un sistema de administración de pavimentos.

1.2 Definiciones

Se puede definir un sistema de administración de pavimentos como el proceso de toma de decisiones sobre el manejo de proyectos viales antes, durante y después de la puesta en servicio de cada uno o el conjunto de proyectos que están bajo la tutición de una jurisdicción en particular.

La implementación de un sistema de administración de pavimentos no sólo involucra una gestión de conservación de proyectos en marcha sino que además, incluye una metodología integral de gestión que correlaciona todas las etapas que dieron origen al proyecto, es decir, etapas tales como estudio de factibilidad, estudio y desarrollo del proyecto, construcción, control, seguimiento y programas de mantención. La administración de pavimentos involucra la coordinación, programación, y el logro de todas las actividades desarrolladas por una dirección de vialidad en el proceso de proveer adecuados pavimentos con el fin de servir continuamente a la comunidad.

La parte sistemática del método de administración de pavimentos provee al proceso una metodología de decisión racional y altamente estructurada, con el objeto de obtener la mayor rentabilidad posible del dinero invertido en pavimentos. El contexto en el cual la administración de pavimentos es utilizada hoy en día, es concluir las decisiones en base a la utilización de una gran cantidad de información, en orden a que éstas decisiones sean las más adecuadas.

En administración de pavimentos, las decisiones están consideradas en dos niveles; nivel de proyecto y nivel de red.

- a) El análisis a nivel de proyecto es el proceso de observación intensiva de un pavimento o proyecto en particular con el propósito de determinar el momento en que se deben realizar operaciones de mantención o rehabilitación.
- b) El análisis a nivel de red es el proceso de observación programada de todos los pavimentos o proyectos que conforman una red integral de caminos, con el propósito de optimizar la asignación de recursos en el mediano plazo.

Es precisamente en el análisis de pavimentos, tanto a nivel de proyecto como a nivel de red, en donde queda de manifiesto el dilema respecto de las condiciones reales de funcionamiento de las estructuras de pavimentos. Del mismo modo, frente a estructuras deterioradas, se crea un alto grado de incertidumbre respecto de las causas y consecuencias de las fallas así como un grado de incertidumbre respecto de las posibles soluciones que se pueden adoptar.

2. ACTIVIDADES PROPIAS DE UN SISTEMA DE ADMINISTRACION DE PAVIMENTOS.

Dentro de un sistema de administración de pavimentos urbanos debemos distinguir algunas actividades principales, las cuales, interactúan entre ellas. Estas actividades se pueden coordinar de acuerdo a un esquema administrativo como el que se indica en la Figura 1.

La Figura 1, muestra un diagrama tipo de las actividades que componen un sistema de administración de pavimentos. Este diagrama enfatiza la importancia de la evaluación periódica del estado de los pavimentos debido a que es esta la etapa donde se origina la pregunta si el pavimento requerirá o no algún grado de intervención.

Dependiendo del nivel de detalle en que se lleve a cabo la evaluación así como el nivel de conocimientos y experiencia del equipo evaluador, es que se puede determinar con mayor uniformidad de criterio y objetividad el estado presente de una estructura de pavimento.

La Figura 2 adaptada de Hass and Hudson (1983), esquematiza las tres principales variables que deben de considerarse y ponderarse adecuadamente en la evaluación del estado presente de un pavimento. A saber:

- | | |
|---|--|
| a) Seguridad | - Resistencia al patinaje. |
| b) Serviciabilidad | - Rugosidad del pavimento o conducción confortable.
- Capacidad estructural.
- Nivel de deterioro superficial. |
| c) Costo de mantención o reposición del nivel de serviciabilidad. | |

Es difícil y probablemente poco práctico emplear simultáneamente las cinco curvas indicadas en la Figura 2, de modo de optimizar el momento de la primera intervención del pavimento. Las razones principales tienen dos orígenes diferentes.

- a) Primeramente existen otras instancias independientes del estado del pavimento, que puedan significar que al pavimento se le realice algún grado de intervención o mejora antes de alcanzar un mínimo aceptable. Entre estas instancias cabe señalar las siguientes:

- Aquellas que se originan por aumento de la demanda de tráfico y/o cambios en las características de los vehículos pesados que circulan. En otras palabras un aumento en la demanda en la capacidad de servicio y/o en la capacidad estructural.
 - Aquellas que responden a la demanda de mantener o mejorar las condiciones de seguridad de la circulación de vehículos.
 - Aquello relacionado con las condiciones de drenaje o requerimientos de otros servicios.
- b) La segunda razón, que interesa enfatizar en el presente trabajo, está relacionada con la infraestructura mínima tanto de personal especializado como de equipos de medición que se requeriría para cuantificar, el patinaje, rugosidad, capacidad estructural y medición de las fallas visibles. Es así, que en mayor o menor grado y dependiendo de la importancia de la red vial en estudio, es que la metodología de evaluación del estado del pavimento deberá simplificarse.

Cualquier nivel de simplificación que se adopte no deberá ignorar el objetivo principal de la evaluación del estado de la estructura de un pavimento. Este es, determinar objetivamente si el pavimento requerirá o no algún nivel de intervención.

Idealmente un sistema de administración de pavimentos se debe estructurar en base a los siguientes elementos:

- a) Una sólida organización administrativa principalmente debido a que la gran cantidad de información y decisiones se deben manejar en forma muy dinámica.
- b) Se deberá contar con un sistema computacional que permite almacenar y manejar gran cantidad de información.
- c) Eventualmente se puede contar con sofisticados equipos electrónicos y electro-mecánicos para la medición del estado del pavimento.
- d) Un equipo profesional que no solo realice observaciones y/o mediciones estandarizadas de pavimento, si no que además cuenten con sólidos conocimientos respecto de las causas consecuencias y remedios de los distintos tipos de fallas, de tal modo que las acciones que se decidan tomar vengan con el conocimiento y recomendaciones aportados directamente por el equipo evaluador.

Es así que el autor estima que, aunque un sistema de administración de pavimentos no podría subsistir sin los elementos a, b y c descritos, es fundamental la capacitación y la difusión de conocimientos técnicos de la problemática que se maneja, la que permitirá el alcance de los objetivos principales de un sistema de administración de pavimentos, eficazmente.

3. FALLAS EN PAVIMENTOS

3.1 Causas

Los métodos empleados para el diseño de pavimentos consideran dentro de sus parámetros de cálculo: Tráfico Medio Diario Anual (TMDA), estratigrafía de pesos, propiedades del suelo, propiedades de los materiales que componen el pavimento y en alguno de los métodos de diseño considera además, características climáticas y otros factores. Es así

como se puede concluir que, si un pavimento no alcanza a cumplir su vida útil, las razones principales por las cuales comienza a manifestar fallas prematuras podrían ser:

- Los parámetros de diseño no se proyectaron en el tiempo de acuerdo a lo acontecido realmente (por ejemplo, TMDA, estratigrafía de cargas).
- Información insuficiente de las características y propiedades del suelo y los materiales.
- Método de diseño empleado no considera adecuadamente condiciones locales del proyecto.

Sin embargo, y como se observa en la realidad, existen una serie de otras causas relacionadas con el tipo de material empleado, características de la base de fundación, calidad de la ejecución de la obra, controles de calidad de los materiales, efectividad de la mantención rutinaria y otros factores diversos fundamentalmente relacionados con el clima y condiciones de drenaje, los cuales son muy difícil de condensar en el presente trabajo.

En las Tablas 1 y 3, se han ordenado las fallas más comunes que presentan los pavimentos de hormigón y asfalto respectivamente. Cada tabla contiene cinco columnas en donde se describen cinco causas principales que pueden dar origen a una falla.

La descripción de fallas se puede obtener con más detalle de Thenoux (1989), trabajo preliminar desarrollado en base a la información presentada en MTC (1982).

Es importante analizar las tablas con un amplio criterio ingenieril en donde las afirmaciones y negaciones no son excluyentes. Asimismo, aquellas variables indicadas con signo (-) sólo indican que son menos o de muy poca importancia relativa a las otras variables.

3.2 Consecuencias

Las Tablas 2 y 4 resumen las consecuencias más relevantes de cada falla para pavimentos de hormigón y pavimentos de asfalto respectivamente.

Nuevamente estas tablas deben analizarse con un amplio criterio pues, su objetivo es indicar en forma relativa la incidencia de tres de las más importantes consecuencias para el usuario y que pueden tener origen en las distintas fallas del pavimento.

El término "proporcional" empleado en dichas tablas indican que los sobre-costos del usuario serán proporcionales a la magnitud y extensión de las fallas. El signo menos (-) tiene el mismo significado descrito en la sección 3.1.

3.3 Remedios

Las Tablas 2 y 4 resumen además las principales estrategias a emplearse como remedios en el mejoramiento de las distintas fallas de pavimentos de hormigón y asfalto respectivamente.

La estrategia frente a cualquier enfermedad inminente o en desarrollo son normalmente.

- prevención
- mantenimiento o cuidado
- operación o tratamiento mayor. Este último requiere de un correcto diagnóstico de las causas que originan el problema.

Es así que se ha enfocado el tema de los remedios. Es difícil incluir en el presente trabajo las técnicas específicas que se requieren para la aplicación de cualquier remedio tanto para fallas de hormigón así como para fallas de asfalto.

4. CONCLUSIONES

- a) El mensaje que se desea traspasar luego de analizar con más detalles las Tablas 1 al 4, es que aquellas fallas de pavimentos tanto de hormigón como asfalto, que traen mayores consecuencias, así como los remedios más caros, corresponden a aquellas fallas que se pudieron haber prevenido en la etapa de construcción y/o con una adecuada base de soporte la que también se consigue con buenos controles de calidad en la construcción.

No obstante, se reconoce en el trabajo la importancia que tienen las distintas variables de diseño de estructura del pavimento, las que al escogerse equivocadamente pueden resultar en un deterioro prematuro del pavimento y acelerado, cuando esta situación se combina con las diferentes causas expuestas en las Tablas 1 y 3.

- b) También queda de manifiesto el hecho que el equipo evaluador de un pavimento no debe seguir recetas para establecer el diagnóstico de las fallas, si no que por lo contrario debe ser hecho por profesionales entrenados que puedan hacer uso de las diferentes herramientas de evaluación con un bien asentado criterio.
- c) El trabajo no pretende analizar o comparar las ventajas y desventajas de un tipo de pavimento (Asfalto/Hormigón) respecto del otro, pues existen otra serie de consideraciones las cuales son muy dependientes de la situación local de un determinado proyecto.

REFERENCIAS

- Hass, R. y Hudson, W.R. (1983). Pavement Management Systems. McGraw-Hill, New York.
- MTC (1982). Manual for Condition Rating of Rigid and Flexible Pavement. Ministry of Transportation and Communications, Ontario Canadá.
- Thenoux, G. (1989). Metodología para un Sistema de Gestión de Pavimentos Urbanos. Dirección de Investigación, Pontificia Universidad Católica de Chile.

TABLA N° 1

**Distribución de principales causas de fallas
en pavimento de hormigón**

Descripción de Falla	Materiales	Construcción Base	Constructión Pavimento	Falta Mantención	Principales Causas		Otros
					Parcial	No	
Defectos Superficiales							
Pulimento	Arido Mezcla (-)	No Parcial	Parcial	(-)	Parcial	No No	(-)
Pérdida de agregado grueso	Mezcla	No	Si	(-)	Parcial	Parcial	(-)
Baches	Mezcla	No	Si	(-)	Parcial	No	Agua
Peladuras	Mezcla	No	Parcial	(-)	Parcial	No	(-)
Pérdida de agregado fino							(-)
Desformaciones superficiales							
Imperfección tipo escalón	No	Si	Si	(-)	Parcial	Parcial	Aqua
Hundimiento	No	Si	(-)	(-)			Aqua
Uniones deficientes							
Separación de juntas	No	(-)	Parcial	(-)			
Pérdida de sellado	Mat. de sellado	No	Si	Si	No	No	
Fallas de uniones	No	Si	Parcial	Si	Si	Si	
Agrietamientos							
Grietas longitudinales	No	Si	(-)	Parcial	Parcial	Parcial	(-)
Grietas curvadas	No	Si	(-)	Parcial	Parcial	Parcial	(-)
Grietas esquineras	No	Si	(-)	Parcial	Parcial	Parcial	(-)
Grietas transversales	Mezcla	Partcial	Parcial	(-)	Parcial	Parcial	Heladas
Grietas diagonales	No	Si	(-)	Parcial	Parcial	Parcial	(-)
Grietas cracientes de borde	No	Si	(-)	Si	Parcial	Parcial	(-)
Desintegración							
Desintegración de juntas y grietas	No	No	Si	Si	(-)	(-)	
Descache de juntas y grietas	No	No	Si	Si	(-)	(-)	

TABLA N° 2

**Distribución de principales consecuencias y remedios
en pavimentos de hormigón**

Descripción de Fallas	Consecuencias en Términos Relativos			Remedios		
	Seguridad	Sobre Costo del Usuario	Capacidad de la Vía	Prevención	Mantenimiento	Reconstrucción Parcial o Total
Defectos Superficiales						
Pulimento	Si	No	(-)	Si	Si	(-)
Pérdida de agregado grueso	Proporcional	No	No	+/-	Según criterio	(-)
Baches	Si	Si	Si	+/-	Si	(-)
Peladuras	(-)	(-)	(-)	+/-	Según criterio	(-)
Pérdida de agregado fino	(-)	No	No	+/-	Según criterio	(-)
Desformaciones superficiales						
Imperfección tipo escalón	Proporcional	Si	(-)	Si	(-)	Parcial
Hundimiento	Proporcional	Si	Parcial	Si	(-)	Si
Uniones deficientes						
Separación de juntas	Proporcional	(-)	(-)	+/-	Si	(-)
Pérdida de sellado	(-)	(-)	(-)	Si	Si	(-)
Fallas de Uniones	(-)	Proporcional	(-)	+/-	(-)	Si
Arietamientos						
Grietas longitudinales	Proporcional	Proporcional	Proporcional	+/-	Si	Según Magnitud
Grietas curvadas	(-)	Proporcional	Proporcional	+/-	Si	Según Magnitud
Grietas esquineras	Proporcional	Proporcional	Proporcional	Parcial	Si	Según Magnitud
Grietas transversales	(-)	(-)	(-)	(-)	Si	Según Magnitud
Grietas diagonales	(-)	Proporcional	Proporcional	(-)	Si	Según Magnitud
Grietas crecientes de borde	Si	Proporcional	Proporcional	(-)	Si	(-)
Desintegración						
Desintegración de juntas y grietas	No	Proporcional	Si	Si	(-)	Si
Desconche de juntas y grietas	No	Proporcional	Parcial	Si	Si	(-)

TABLA N° 3

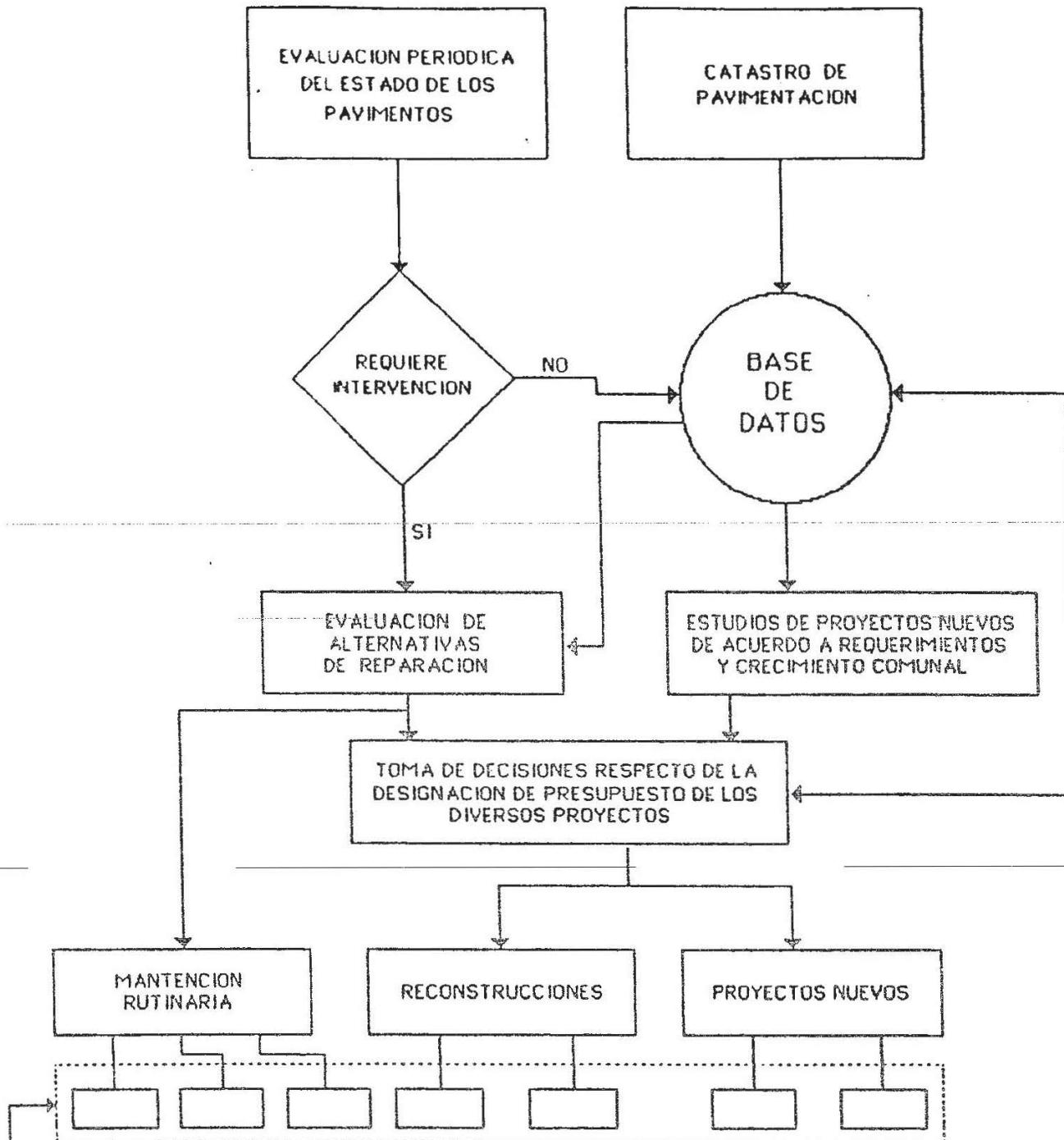
Distribución de principales causas de fallas
en pavimentos de asfalto (*)

Descripción de Falla	Materiales	Construcción Base	Construcción Pavimento	Falta Mantención	Principales Causas	
					Parametros de Diseño	Otros
Grietas	(-)	Parcel	Si	(-)	(-)	T° y/o envejes.
Grietas longitudinales	(-)	Parcel	(-)	(-)	(-)	T° y/o envejes.
Grietas transversales	(-)	Parcel	(-)	Si	Si	T° y/o envejes.
Grietas piel de cocodrilo	(-)	Si	(-)	(-)	(-)	T° y/o envejes.
Grietas en bloque	(-)	Possible	(-)	(-)	(-)	T° y/o envejes.
Grietas erráticas	(-)	Si	(-)	(-)	Si	T° y/o envejes.
Baches						
Bache (Pot-Hole)	Mezcla	possible	Si	Si	Parcel	Aguas
Peladuras	Mezcla	No	Si	Si	(-)	Heladas
Desprendimiento materiales	Si	No	Parcial	Si	(-)	
Pérdida de áridos	Mezcla	No	(-)	(-)	(-)	
Pérdida de asfalto						
Deformaciones						
Ahullamiento	Asfalt/Mezcla	Parcel	Si	(-)	Parcel	(-)
Calsmina	Parcel	Parcel	Si	(-)	Parcel	(-)
Desplazamiento	Mezcla	Si	Parcial	(-)	Parcial	(-)
Levantamiento	No	Si	(-)	(-)	(-)	Aguas
Depresión	No	Si	(-)	(-)	Si	Aguas
Defectos superficiales						
Desgaste de áridos	Arido	No	(-)	Si	(-)	(-)
Exudación de asfalto	Mezcla	No	(-)	(-)	(-)	(-)

(*) Carpetas Estructurales

TABLA N° 4
Distribución de principales consecuencias y remedios
en pavimentos de asfalto

Descripción de Falla	Consecuencias en Términos Relativos			Remedios		
	Seguridad	Sobre Costo del UsUARIO	Capacidad de la Vía	Prevención	Mantenimiento	Reconstrucción Parcial o Total
Grietas						
Grietas longitudinales	(-)	(-)	(-)	Si	(-)	(-)
Grietas transversales	(-)	(-)	(-)	+/-	(-)	(-)
Grietas piel de cocodrilo	Si	Si	Si	+/-	Si	Si
Grietas en bloque	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	Possible
Grietas erráticas	Proporcional	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)
Baches						
Bache (Pot-Hole)	Si	Si	Si	+/-	Si	(-)
Peladura	(-)	(-)	(-)	(-)	Si	(-)
Desprendimiento materiales						
Pérdida de éridos	Proporcional	(-)	(-)	Si	Si	(-)
Pérdida de asfalto	Proporcional	(-)	(-)	Si	Si	(-)
Deformaciones						
Ahuecamiento	Si	(-)	Si	Si	(-)	Si
Calamina	Si	Si	Si	Si	(-)	Si
Desplazamiento	Si	Si	Si	Si	(-)	Si
Levantamiento	Si	Si	Si	Si	(-)	Si
Depresión	Si	Si	Si	Si	(-)	Si
Defectos superficiales						
Desgaste de éridos	Proporcional	(-)	(-)	Si	Si	(-)
Exudación de asfalto	Si	(-)	(-)	Si	Si	(-)



Note: Todos los proyectos deben acompañarse de un programa de control de calidad que permita además almacenar en la base de datos los controles realizados.

FIGURA 1. Diagrama Simplificado de las Principales Actividades que Componen un Sistema de Administración de Pavimentos.

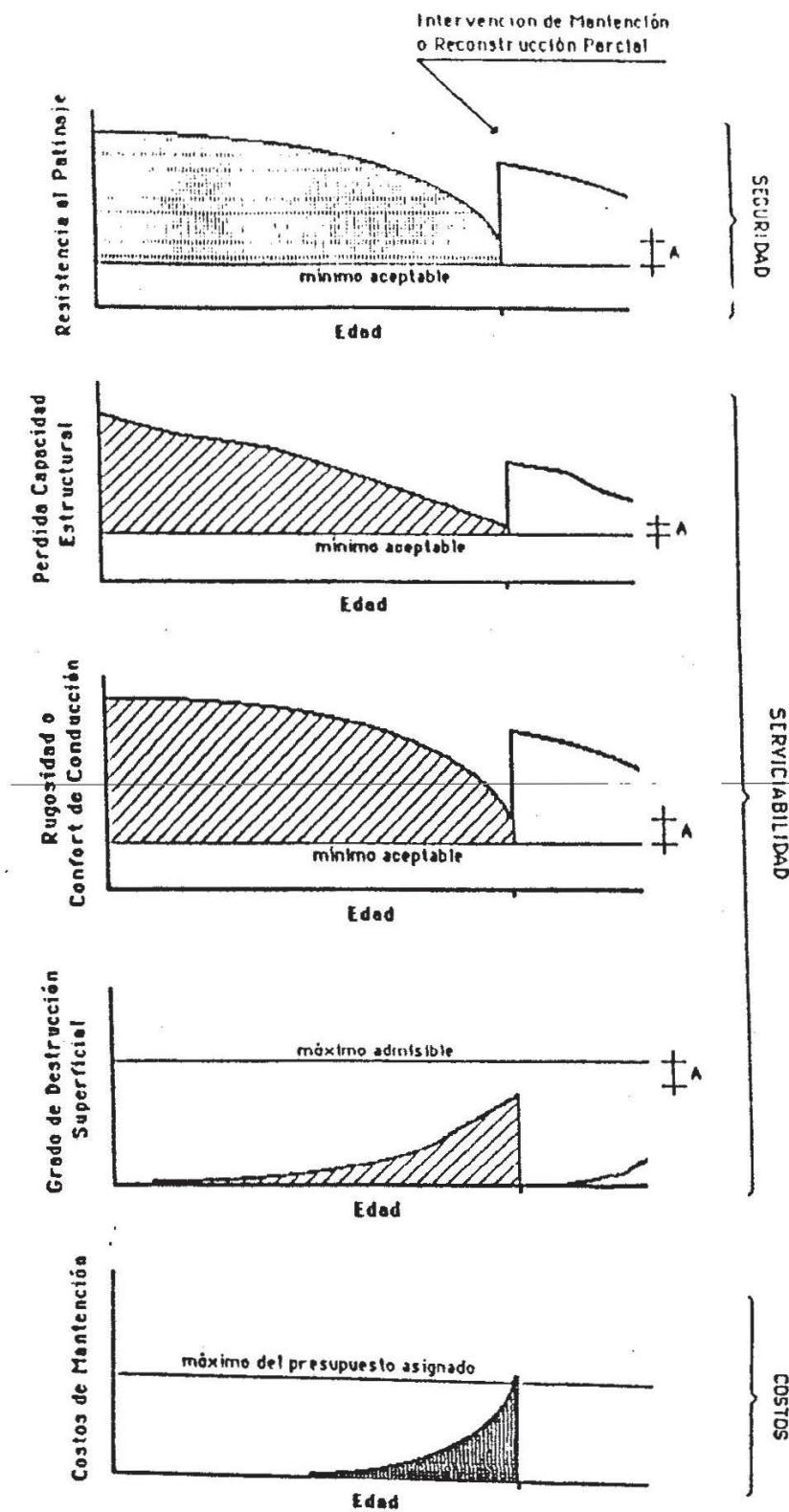


FIGURA 2. Diagramas de Deterioro de Estructuras de Pavimentos