

**“Mantenimiento y Rehabilitación de Pavimentos  
En Áreas Urbanizadas”**

Ruben González\*, Cecilia Soengas\*\* y Gerardo Botasso\*\*\*

**LEMaC- Laboratorio de materiales de Construcción  
Área de Materiales Viales**

**U. T. N. - FACULTAD REGIONAL LA PLATA**

Calle 60 y 124-1900 La Plata - Te/Fax: 0221-4890413

Email: [lemac@frlp.utn.edu.ar](mailto:lemac@frlp.utn.edu.ar)

---

## **RESUMEN**

En los municipios y urbanizaciones (clubes de campo y countries) actuales, se observa la ausencia de un sistema de gestión vial. No se conoce en detalle un inventario de la infraestructura disponible y el proyecto de inversiones a realizar, en muchos casos, resulta incierto.

El presente trabajo tiene por objeto desarrollar una metodología de evaluación de pavimentos para áreas urbanizadas, considerando las características propias de las mismas.

Para ello se hace un análisis de los métodos de evaluación, utilizados en las obras viales (redes de caminos) y se extrapolan, teniendo la particularidad de considerar como módulo de trabajo a “la cuadra” o segmentos similares en longitud. Se procura mantener el rigor científico, el uso del equipamiento convencional y la obtención de un inventario, la valoración de todas las variables y la toma de decisiones a seguir para la solución a adoptar para la rehabilitación.

Este método pretende ser una herramienta de uso para las reparticiones municipales y/o empresas, tendiente a conservar y rehabilitar a termino y al mas bajo costo de la red vial.

\*Responsable Área Materiales Viales

\*\*Becaria

\*\*\*Director LEMaC

## 1 – INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Generalidades.

En términos generales, un elemento estructural o una estructura, deja de prestar servicio por que:

- ➔ Se rompe: como consecuencia de la acción de las cargas por degradación del medio.
- ➔ Sufre deformaciones incompatibles con la función del elemento (por acción de cargas o por problemas internos de estabilidad).

La capacidad de un material depende de su:

- ➔ RESISTENCIA: Capacidad de soportar las cargas en servicio.
- ➔ DURABILIDAD: Capacidad de soportar la acción del medio ambiente.
- ➔ APTITUD EN SERVICIO: Capacidad de experimentar deformaciones compatibles con las condiciones de servicio.

FIABILIDAD COMPRENDE: ***Seguridad + Aptitud en Servicio + Durabilidad.***

Como esta capacidad de los materiales esta relacionada con la frecuencia en el tiempo del estado de solicitaciones y a sus características propias que hacen a la durabilidad, es fundamental desarrollar “**Políticas de Conservación y Mantenimiento**” que redunden en un mejor aprovechamiento de los recursos, ya que los materiales han sido colocados y es primordial mantenerlos, procurando de esta forma, óptimas condiciones durante su vida útil y mejorando las condiciones de circulación del usuario.

Además, la calidad final de la obra vial dependerá de :

- las consideraciones al momento del cálculo, es en esta etapa cuando se plantean todas las condicionantes que involucra a la obra en cuestión,
- de los controles, que garanticen la calidad de: los materiales a utilizar y de las capas que conforman la estructura,
- de las tareas de mantenimiento durante su vida útil y su excelente estado de conservación durante la misma.

### 1.2. La conservación.

Desde un punto de vista general las actividades de conservación han de cubrir dos grupos de objetivos generales:

El primero se relaciona con el servicio a prestar a los usuarios (circulación segura, fluida y cómoda), llevando los costes del transporte a un mínimo posible.

El segundo incluye la preservación patrimonial de la carretera que forma parte de la riqueza (capital fijo) de una Nación o de un particular.

Plantear una **conservación normal**, es hablar del conjunto de trabajos constantes o periódicos a ejecutar para evitar el deterioro o destrucción prematuro de una obra, que la mantenga en su calidad y valor. Estos trabajos deben tender a

ejecutarse en forma de ciclos, para fijar los mismos se debe tener en cuenta la intensidad del tránsito, las estaciones meteorológicas del año, limpieza de cunetas y taludes; necesitando para esto un calendario de operaciones en el que deberán figurar, en forma general, algunos de los siguientes ítems:

- a) Programas y presupuesto anuales de conservación y mejoramiento.
- b) Limpieza de drenajes y cunetas. Sistemas pluviales.
- c) Desmalezado.
- d) Acondicionamiento de taludes.
- e) Reconformaciones.
- f) Inspección y reparación de estructuras.
- g) Bacheos, riegos asfálticos y reconformación superficial.
- h) Pinturas de marcas viales y señales de tránsito.
- i) Reparación de defensas.
- j) Reparación de equipos.
- k) Explotación de canteras.
- l) Informe de costos.

Los objetivos particulares de las tareas de conservación son tendientes a lograr:

- Una adecuada resistencia al deslizamiento relacionada ésta con la seguridad de los vehículos.
- Una regularidad superficial acorde a los trazados y velocidades, logrando así comodidad en la circulación, factor este que influye en la seguridad.
- Una resistencia estructural suficiente para el tráfico a circular por la carretera, de no ser así se caería en una disminución del valor patrimonial.

Las carreteras se proyectan y construyen para determinado período de vida útil u horizonte de proyecto en servicio, para una determinada cantidad de años. Al concluir estos, la carretera se debe reparar para aumentar su vida útil, si las condiciones lo ameritan o rehacer.

### 1.3. Indicadores de deterioro

Los indicadores más significativos en el proceso normal de deterioro de los pavimentos son:

#### 1-FALLAS

- Deformaciones permanentes, longitudinales y transversales.
- Fisuración y agrietamientos.
- Desprendimientos.

#### 2-ADHERENCIA ENTRE NEUMÁTICO / PAVIMENTO.

### 3-DEFORMACIONES DEL PAVIMENTO BAJO CARGA, deflexión y radio de curvatura.

La utilización de estos indicadores depende de:

- 1-que puedan ser medidos objetivamente.
- 2-la cantidad de mediciones sea suficientemente representativa.
- 3-la frecuencia con que se repiten las mediciones sea compatible con el tiempo de evolución de las fallas.
- 4-estén clasificados y presentados para su interpretación.

La falta de atención a estos indicadores, lleva a pagar costos de reparación excesivos. En general la responsabilidad recae no solo en los equipos técnicos, sino también en las esferas de la “planificación estratégica de mantenimiento”, que implica la toma de decisión política.

La inacción traerá como consecuencia:

- Sé a perjudicado a la estructura,
- la intensidad del deterioro involucra ahora, trabajar con equipos de mayor envergadura y mayor variedad,
- se aumenta el número de operarios,
- son mayores las áreas dañadas,
- son mayores las profundidades de trabajo, pudiendo estar afectada hasta la subrasante,
- son inevitables las interrupciones del tránsito por caminos alternativos o son excesivamente lentas las velocidades, disminuyendo los tiempos de traslado de mercadería, personas, etc., generando costos altísimos para el transporte al verse notablemente perjudicado el promedio de circulación,
- son mayores los materiales intervinientes (diversidad), mayor en número y en volúmenes, ya que encontramos una estructura dañada en todas o casi todas sus capas constituyentes,

Esta el problema, empecemos con el plan de rehabilitación.

## **2- REHABILITACIÓN DE PAVIMENTOS-CONCEPTOS GENERALES**

Existen muchas opciones disponibles para rehabilitar una carretera, pero lo difícil es determinar cual de ellas es la mejor; sin embargo, la respuesta a dos preguntas importantes que debemos formularnos inicialmente ayudará a encontrar la solución correcta, es decir la más económica y que cumpla con las expectativas de los propietarios de la vía. Las dos preguntas son las siguientes:

**-¿Qué se encuentra realmente mal en el pavimento existente?. Una observación superficial y una observación estructural. Consistente en una inspección visual acompañada con unos pocos ensayos básicos (medidas de deflexión, determinaciones con DCP), será suficiente para entender el mecanismo de falla.**

**-¿Qué se desea hacer?. ¿Se espera hacer una inversión para un período de diseño de quince años o un desembolso más pequeño para disminuir la tasa actual de deterioro y lograr que el pavimento se mantenga por otros cinco años?.**

Las respuestas a estas dos inquietudes reducirán las opciones de rehabilitación a aquellas que resulten económicas dentro del contexto de la naturaleza del problema y del período de tiempo necesario. Separando la naturaleza del problema en dos categorías (superficial y estructural) del lapso requerido (corto o largo plazo), se simplifica la selección de la mejor opción.

Otro punto importante que afecta la decisión es:

- La viabilidad de los métodos de rehabilitación.
- El ordenamiento del tráfico,
- Las condiciones climáticas y
- La disponibilidad de recursos

pueden tener una influencia significativa en la ejecución del proyecto y, descartar ciertas opciones de rehabilitación.

Todo este ejercicio tiene un solo propósito: ***“determinar la solución más económica al problema real dentro del contexto ambiental del proyecto”***, lograr la rehabilitación más económica, considerando además:

- **Que espera el propietario del pavimento rehabilitado. Esto significa:**

-¿ Requiere un período de diseño corto o a largo plazo?

-¿ Qué valores son deseables del índice de serviciabilidad y la resistencia al deslizamiento?

-¿ Qué nivel de recursos se destinarán para las tareas de mantenimiento rutinario del pavimento en su período de diseño? Por ejemplo, ¿ Se espera no realizar tareas de mantenimiento en el período de diseño? ¿Cuáles son las capacidades disponibles locales para realizar las tareas, mano de obra, equipos y conocimientos?

- **Debe llevarse a cabo una investigación que permita adquirir un adecuado nivel de entendimiento sobre el comportamiento del pavimento existente. Este requerimiento gobernará en gran medida el tipo y frecuencia de los ensayos necesarios para cada proyecto en particular.**

### **3- INVESTIGACIÓN DEL PAVIMENTO - ETAPA DE INVENTARIO.**

La investigación del pavimento comprende la recopilación de la información disponible, los análisis de tráfico y la implementación de métodos adecuados de auscultación.

#### **3.1. Información disponible. Recopilación de antecedentes. Inventario y banco de datos.**

Antes de proceder a la toma de decisión sobre la metodología de investigación a utilizar en un proyecto en particular, debe realizarse un análisis de toda la información disponible, la información con la cual se podría contar, es la siguiente:

- El diseño del pavimento original.
- Los espesores de las capas construidas, junto con cualquier cambio en los diseños especificados del pavimento.
- Los resultados de los procesos y los ensayos de control de calidad desarrollados durante la construcción; y
- La calidad de los materiales disponibles en canteras y zonas locales.
- La planimetría.
- Los niveles, finales del pavimento y de umbrales.
- Detalles del sistema pluvial; cotas, secciones, cuencas, etc.

Debe recopilarse en general la mayor cantidad de información disponibles sobre el tráfico, con el objeto de realizar indagaciones sobre:

- Conteos de tráfico históricos y actuales;
- Porcentaje de vehículos pesados;
- Cargas por eje; y
- Estadísticas de sobre cargas de los vehículos.

**Con toda esta información se analiza la estructura dándonos la posibilidad de adquirir un adecuado nivel de entendimiento sobre el comportamiento del pavimento existente, se emiten los primeros diagnósticos de situación.**

#### **3.2. Análisis del tránsito.**

Se espera que el estudio del tránsito se realice por medio de censos de volumen y clasificación. Los volúmenes de tránsito nos indican la cantidad de vehículos circulantes en diversos periodos de tiempo, la clasificación nos indica

como se reparte este tránsito en cada una de las actegorías establecidas a través de los porcentajes de vehículos para cada una. Asi se podrá establecer el volumen de vehículos pesados que usará la vía a reconstruir, así como los espectros de cargas transportadas por los vehículos. Al stablecerse la tasa de crecimiento estimada para cada una de las categorías obtendremos el volumen de vehículos pesados esperable, es decir conoceremos la solicitud de la obra.

Los análisis detallados del tránsito son indispensables en los diseños en los que se proyectan estrategias a mediano o largo plazo. En los casos de estrategias a corto plazo rara vez se utilizan análisis elaborados. En estos casos solo es necesaria la información actual sin establecer ningún tipo de estimación futura, buscando establecer y planificar los trabajos para reducir las alteraciones y las congestiones durante las etapas constructivas.

Para establecer el volumen de tránsito de diseño se debe contar con toda la información posible.

De ser necesario es colocarán balanzas para la medición de carga por eje, controlando que no se superen las cargas máximas establecidas para cada categoría de tránsito. Las mediciones de peso se podrán efectuar en los sectores de accesos generales y particulares. De no existir accesos generales se medirá en los accesos destinados a vehículos pesados.

### **3.3. Métodos de investigación.**

En el caso de análisis que nos encontramos (clubes de campo y countries), los trabajos de pavimentación, en general, no se encuentran dentro de un "Sistema de Gerencia de Pavimento", esta situación nos priva de la posibilidad de contar con los antecedentes e información descriptos anteriormente, o si se encuentran es una información muy escasa y desordenada. Ante esta realidad, el conocimiento de la estructura se lo debe hacer en función de evaluaciones sobre esta en su estado actual, el comportamiento de esta y de sus componentes, serán las herramientas a considerar para evaluar las tareas de rehabilitación.

Los trabajos a los que hacemos referencia están contemplados en lo que llamamos "Métodos de Investigación".

Existen diferentes métodos de investigación, estos deben seleccionarse adecuadamente. En muchos casos los resultados de varios ensayos pueden compararse entre sí con el objeto de confirmar las razones del deterioro o de la falla y, de esta manera, entender mejor el comportamiento del mismo.

Los métodos más usados.

1. Inspección visual. Índice de Estado.
2. Calicatas.
3. Perforaciones.
4. Medidas de deflexiones.
5. Ensayos de laboratorio.

### 3.3.1. Inspección visual.

Esta es una de las herramientas más poderosas en las rehabilitaciones de pavimentos y forma parte esencial de toda la investigación. La inspección visual se realiza generalmente en dos etapas:

- Inspección visual inicial.

En este caso se pretende obtener una inspección general del proyecto y definir los límites de secciones homogéneas, en las que se tengan tipos y niveles similares de deterioro o bien se parcializa el pavimento a estudiar tomando como referencia puntos singulares de fácil identificación, generándose de esta forma tramos de trabajo que serán objeto, en la inspección visual detallada, de un análisis más minucioso. Generalmente esta tarea se realiza sobre un vehículo conduciendo a baja velocidad abarcando toda la longitud de la vía.

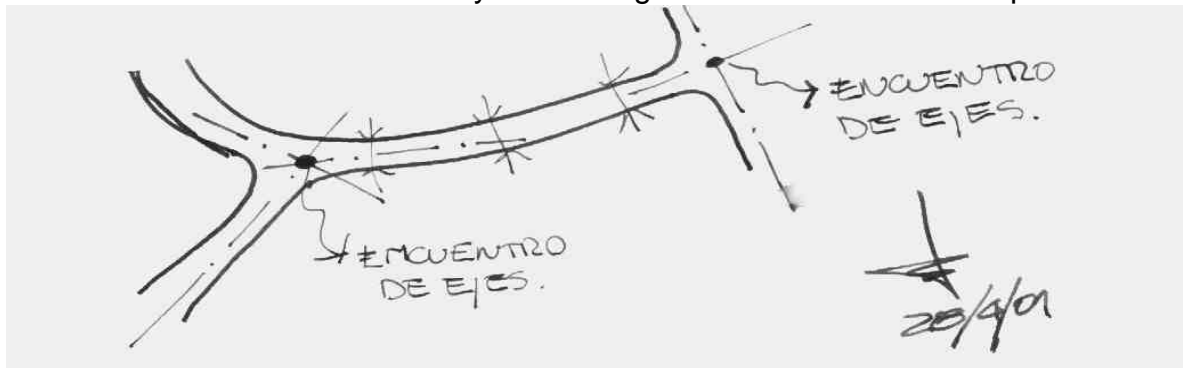
- Inspección visual detallada.

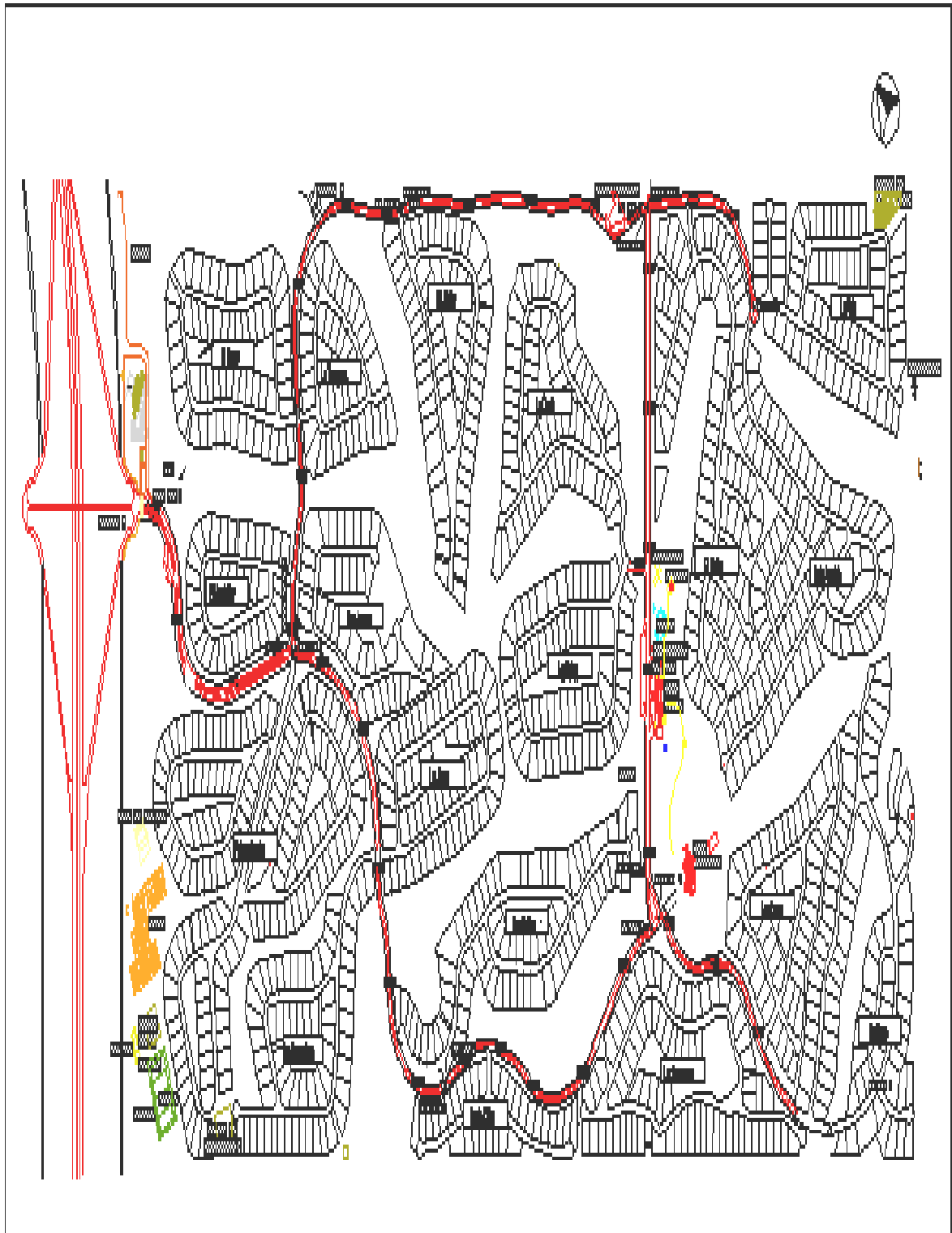
Esta etapa consiste en inspeccionar la vía caminando sobre ella, tomando todas las medidas de seguridad necesarias. El trabajo es realizado sobre secciones homogéneas o sobre los tramos parcializados. Se toman nota detalladas de las fallas encontradas en la superficie, y se anotan observaciones adicionales como; estado del drenaje (conformación de cunetas, estado de banquetas, etc.), aspectos geométricos (pendientes, curvaturas, terraplenes, etc.), carril más deteriorado, exudaciones y situación de accesos, la existencia o no de cordones cunetas o situación de los desagües (zanjas, entubamientos). De ser necesario se realizarán tareas de nivelación para la verificación e individualización del estado real de cunetas y accesos.

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

Las fallas se vuelcan en planilla con su progresiva y, para los casos que correspondan, la superficie generada por ellas. Se tendrá de todas las fallas o situaciones especiales una base de fotos convenientemente identificadas, como antecedentes. Todo se vuelca en un plano general progresivado en donde se tendrá la visión general del estado de la vía. Con esta forma de trabajo, se van identificando sectores con soluciones similares y encontrando la solución a adoptar que involucre a las distintas tipologías de fallas.

Parcialización de tramo y situación general en un club de campo.





Progresivado de fallas y cuantificación.



Situación en la que se ponen de manifiesto los problemas normales encontrados: la falla, la mala resolución del acceso vehicular y el estado de banquetas

Las fallas encontradas en superficie y su cuantificación, nos ayudan a la determinación del “Índice de Estado”, si bien se tiene una base de datos detallada de la situación superficial del pavimento, para este caso se utilizaran los valores de máxima.

Las fallas a las que hacemos referencia son:

1. Deformaciones longitudinales.
2. Deformaciones transversales, (ahuellamiento, hundimiento, abultamientos).
3. Fisuración.
4. Desprendimientos-desintegración superficial, (peladuras, baches, desmoronamientos, rotura de bordes, parches).

El Índice de Estado, involucra en su fórmula la evaluación de cuatro tipos de fallas, por ello el IE puede utilizarse ya sea como elemento de juicio para la evaluación general de un pavimento dado, o bien para detectar la conveniencia y el grado de urgencia de profundizar el análisis. Alcanza valores entre 1 y 10.

**Se define que un valor del IE entre:**

- **10 y 7 indica un estado bueno del pavimento.**
- **7 y 5 un estado regular, para el cual sería conveniente realizar un estudio para determinar la conveniencia de anclar oportunamente las fallas con tareas de mantenimiento y/o la futura construcción de un refuerzo.**
- **5 o menor, estaríamos ante el caso de un pavimento sumamente fallado que requiere atención en forma urgente.**

El IE responde a la siguiente expresión:

$$IE = 10 * e^{-\sum a_i * D_i}$$

- IE = Índice de Estado
- e = base de los logaritmos neperianos
- $a_i$  = Coeficiente de peso, que depende del tipo de la capa de rodamiento del pavimento evaluado, según sea flexible con capa de rodamiento de mezcla asfáltica, flexible con tratamiento superficial, o rígido; adopta valores comprendidos entre 0,04 y 0,08.
- $D_i$  = Coeficiente que valoriza el grado de falla, adopta valores entre 0 10, correspondiendo los mayores valores a las situaciones más desfavorables.

Para el caso más común que se trata, pavimentos flexibles con capa de mezcla asfáltica, la expresión es la siguiente:

$$IE = 10 * e^{- (0,04 D1+0,05 D2+0,07 D3+0,04 D4)}$$

- D1= deformación longitudinal
- D2= deformación transversal
- D3= fisuración
- D4= desprendimientos

Planilla para volcar los datos obtenidos

FECHA:											
TRAMO: BARRIO "EL ALFALFA"											
SECTOR:											
OPERADORES:											
ELEMENTOS DE UBICACIÓN						CROQUIS TRAMO VER PLANOS ADJUNTOS					
PROGRESIVAS (Km.)											
DISTANCIA AL ORIGEN											
DEFORMACIONES LONGITUDINALES				D1	m/km	2	1,7				
DEFORMACIONES TRANSVERSALES	A HUELLAMIENTO			D2	mm						
	HUNDIMIENTO					25	5				
FISURACION				D3	%	15	10				
DESPRENDIMIENTOS	PELA DURA			D4	%						
	BACHE					10	4,7				
INDICE DE ESTADO (IE)						2,4					
INDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE (PSI)											
DEFLEXION CARACTERISTICA				0,01	mm	190/250					
RADIO DE CURVATURA					m ts	24/50					
BACHEOS					%	9					
COEFICIENTE DE FRICCIÓN					U						
ESTADO BANQUINAS						REGULAR					
ESTADO BORDES DE CALZADA						REGULAR					
ESTADO DRENAJE						REGULAR					
CARRILMAS DETERIORADO						UNICO					
EXUDACION						NO					
OBSERVACIONES											

### 3.3.2. Calicatas.

La materialización de calicatas, nos permiten obtener una visualización de las capas de la estructura expuestas, a través de las paredes de esta, realizar ensayos de densidad “in situ” o penetraciones con el Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP). Estas determinaciones nos permiten obtener el estado actual del perfil a través de las propiedades reales de los materiales componentes y, con el DCP es posible estimar los valores del VSR “in situ”, este valor será posible determinarlo en el laboratorio con las muestras remitidas, como se explicará mas adelante y, realizar comparaciones.

Las calicatas, como se menciona, facilitan además la toma de muestras en cantidad, para su posterior clasificación en el laboratorio, de cuyos resultados se puede establecer el uso más efectivo de estos al momento de realizarse las tareas de rehabilitación.

Suministran información adicional sobre:

- Los espesores de las capas.
- Los contenidos de humedad.
- El estado real de la capa (agrietamiento y cementación)

Por lo general se materializan en la trayectoria externa de las ruedas en un carril de trafico, pero esto no es excluyente, pudiendo ser realizadas en otros sitios en los cuales el análisis de la estructura se considere necesario, (ejemplo sectores con mucho deterioro o fallas significativas de importancia). Tienen una profundidad de entre 70 a 100 cm, el material excavado de cada capa se amontona por separado en la cercanía de la calicata, a medida que se avanza con la excavación se realizan las determinaciones de densidad en cada capa, para la realización de este ensayo es imprescindible procurar deteriorar las capas debajo de la que se esta removiendo. Terminada la excavación se procede a registrar el perfil de la estructura y se toman muestras para su identificación.

### 3.3.3. Perforaciones.

Realizar perforaciones con la ayuda de equipos de calado, barrenos, saca muestras, olladoras, etc. Esta metodología es en comparación con la materialización de calicatas una operación más sencilla, menos costosa (si se cuenta, en el caso de tener espesores importantes de mezcla asfáltica, con el equipo de calado), más rápida, provoca menores interrupciones en el tránsito. Como desventaja no se puede realizar determinaciones de densidad “in situ” (por cuestiones de espacio) y las determinaciones con DCP, en ciertos casos, es susceptibles de tener errores, ya que, si se trabaja con equipos de calado en la extracción de testigo de mezcla asfáltica, el agua utilizada en dicha operación, altera la capa de apoyo de la carpeta y al momento de realizar el ensayo considerado, el exceso de humedad nos hace incursionar en un error, error que nos da valores que no son representativos del estado real del manto, al menos en un espesor entre 2 a 5 cm.

No obstante esta operación nos da idea rápida de: los materiales componentes de la estructura, los espesores en los cuales estas intervienen y el estado real de dichas capas; pudiéndose en algunos casos tomar muestras para su posterior análisis en el laboratorio.

Son por lo general utilizadas para testear los tramos, y realizar las calicatas en los setores que presentan diferencia.

#### Determinación con DCP



Determinaciones de espesores y toma de muestras.



TESTIGO N°:	
D.C.P. N°:	
0	
5	
10	
15	
20	
25	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	

SONDEO N°:		CALCULO DE HUMEDAD NATURAL						
		PROFUNDIDADES	Pf N°	Ppf	Ppf+mh	Ppf+ms	H	

IDENTIF.	PESO ARENA	ARENA RESIDUAL	CONST. CONO	P.U.V. ARENA	VOLUMEN		Psh	H	Pss	DENSIDAD	COEF. COMPAC.
	g	g	g	g/cm3	cm3		g	%	g	gr/cm3	%
I.O.			LEC. FINAL	LEC. INICIAL							

OBSERVACIONES	Pf N°	Ppf	Ppf+mh	Ppf+ms	H

La anterior es una planilla típica utilizada en obra, paralelamente a los trabajos de campo y posteriormente se termina de llenar en el laboratorio, ya en este caso se calculan los valores de humedad y densidad, al haberse secado las muestras en estufa. Con todos los valores obtenidos se tiene una idea de la capacidad estructural actual del pavimento.

#### 3.3.4. Medidas de deflexiones.

Las medidas de las deflexiones son una herramienta importante en el análisis no destructivo de los pavimentos. La magnitud de la deflexión y la forma de la cuenca de deformación producida por la carga son útiles para investigar las propiedades “in situ” del pavimento. Se trata de aplicar una sollicitación tipo y medir la respuesta de la estructura.

El sistema quizás más difundido de medición de deflexiones es la Viga Benkelman. Este dispositivo se lo utiliza para realizar mediciones en sectores en los que se observan fallas visibles y en los que no se observan fallas, de esta forma es posible acotar las propiedades actuales del pavimento “in situ”, apuntando a una solución final del problema mas económica.



#### 3.3.5. Ensayos de laboratorio.

Las muestra remitidas al laboratorio, se someten a una serie de ensayos destinados a establecer la calidad de los materiales en su conjunto como en forma individual, utilizando ensayos típicos como:

- granulometrías,
- análisis por tamizado,
- plasticidad,
- ensayo Proctor y
- capacidad soporte (VSR),
- sobre muestras de testigos de mezcla asfáltica medición de espesores y densidad, ensayos de estabilidad y fluencia; si es posible la extracción de panes que contengan muestra no alterada, se podrán

realizar moldeos de probetas para posteriormente ser ensayos y obtener los valores de rutina establecidos en la metodología Marshall.

Para este caso, en donde se procede a obtener en el laboratorio la respuesta ideal de los materiales intervinientes, a través de los ensayos que evalúan la respuesta deseable de los materiales, es indispensable contar con los antecedentes de obra y los controles realizados durante la etapa de construcción, pero esta situación, como lo hemos expresado, no siempre es posible. Son entonces los valores obtenidos en el laboratorio y las determinaciones in situ los parámetros para juzgar y entender el comportamiento de una estructura que ha fallado.

#### **4- ESQUEMA DE REHABILITACIÓN - EVALUACIÓN DE DATOS.**

La situación del camino puede presentar dos tipos de rehabilitación, superficial o estructural, a continuación se plantean esquemas de resolución para cada caso:

##### Rehabilitación Superficial.

Las medidas de rehabilitación superficial resuelven problemas que se encuentran confinados a las capas superiores del pavimento, usualmente dentro de los 100 mm superiores, inconvenientes que están relacionados con el envejecimiento del asfalto y con el agrietamiento que se origina en la superficie debido a factores térmicos.

Los métodos más comunes para tratar este tipo de problemas incluyen:

- Colocación, sobre la superficie existente, de una carpeta delgada (espesores inferiores a los 35 mm) de mezcla asfáltica en caliente o en frío. Esta es la solución más simple a un problema, debido a que el tiempo requerido para completar los trabajos es corto y existe un impacto mínimo sobre los usuarios de la vía. Usualmente se emplean asfaltos modificados con el propósito de mejorar el comportamiento y alargar la vida útil de la nueva carpeta. Sin embargo, varias carpetas nuevas incrementan la cota superficial y pueden causar problemas de drenajes y de accesos.
- Fresado y reemplazo. En este método se retiran las capas afectadas por el agrietamiento y se reemplazan con mezcla asfáltica nueva, a menudo estas están hechas con ligantes modificados. El proceso es relativamente rápido debido a las altas capacidades de producción de las freidoras modernas y a la capacidad de producción y colocación de los equipos afectados a la mezcla. El problema se soluciona con la nueva capa asfáltica en tanto que los niveles se mantienen.
- Fresado y conformación de material granular. Este proceso, muy utilizado en los casos en los que se requiere aumentar la capacidad portante del pavimento, consiste en frezar la carpeta existente y parte del material de base, estos son la adición de algún aglomerante generan una nueva base, sobre la

que se colocará la carpeta de rodamiento. El inconveniente de esta metodología es el incremento en la cota de superficie con los problemas ya mencionados, será entonces necesario antes de establecer la utilización de estas metodologías, una reverificación de los niveles, del pavimento, drenajes y accesos.

- Reciclar el material del pavimento existente (reciclaje poco profundo o superficial), el cual puede realizarse en planta; llevar el material fresado a una planta de tratamiento, o en el sitio, aplicando procesos en frío o en caliente. El objetivo principal de este tipo de reciclaje es rejuvenecer el ligante asfáltico del pavimento existente. Adicionalmente, las propiedades de la mezcla reciclada pueden modificarse mediante la incorporación de materiales nuevos.

#### Rehabilitación estructural.

La rehabilitación para resolver problemas de la estructura del pavimento normalmente se trata como una solución a largo plazo. Al resolver los problemas estructurales, debe recordarse que la estructura del pavimento es la que tiene fallas y no necesariamente los materiales que la constituyen.

La densificación (o consolidación) de los materiales granulares es, de hecho, una forma de mejoramiento, debido a que a mayor densidad de un material, mejores serán sus características de resistencia; sin embargo, la densificación causa problemas en las capas superiores, especialmente en aquellas construidas con materiales ligados.

Como regla, el objetivo de la rehabilitación estructural es maximizar el valor de recuperación del pavimento existente. Esto infiere que el material que se ha densificado no debe alterarse. La continua acción de amasado por el tráfico tardó varios años para alcanzar este estado y los beneficios que ofrece tal densificación deben utilizarse donde sea posible.

Entre las operaciones más utilizadas para rehabilitación estructural se encuentran:

- Reconstrucción total. Esta es la opción elegida cuando se combina la rehabilitación con una decisión de mejoramiento que demanda un cambio significativo en la carretera. La reconstrucción esencialmente implica todo y comenzar de nuevo. Cuando se tiene altos volúmenes de tráfico es preferible construir una vía alterna, para evitar problemas con el tráfico.
- Construcción de capas adicionales (sean de materiales granulares o de mezclas asfálticas) sobre la superficie existente. Con frecuencia la colocación de capas asfálticas gruesas donde los volúmenes de tráfico son altos es la solución más fácil para los problemas estructurales. Sin embargo, como ya se indicó, un incremento en el nivel superficial trae acarreado problemas de escurrimiento, drenajes y en accesos.

- Reciclaje hasta la profundidad en que presentan los problemas, creando una capa gruesa y homogénea, con características de resistencia superiores. En aquellos casos en que el pavimento va a mejorarse significativamente, pueden ponerse capas adicionales sobre las recicladas. Usualmente se agregan agentes estabilizadores a los materiales reciclados, en especial cuando el material existente en el pavimento es marginal y se requiere su refuerzo, pues el objetivo del reciclaje es recuperar al máximo el pavimento existente. Además de recuperar los materiales de las capas superiores, la estructura del pavimento por debajo del nivel de reciclaje permanece igual.

Con toda la información obtenida;

- el análisis real de la estructura
- las características de las capas constituyentes en su estado real
- las características de los materiales en el laboratorio, a través de los distintos ensayos y mediciones realizadas.
- de la observación y cuantificación de los tipos de fallas y,
- la ubicación y sectorización de fallas,
- el estado de drenajes, banquetas y escurrimientos,
- los niveles de accesos y umbrales,
- las estimaciones de las cargas a circular por sobre la vía y su frecuencia ,
- los requerimientos de los propietarios para la vía,
- el alcance de la rehabilitación (superficial o estructural),

se cuenta en estos momentos con los elementos que integran el abanico de información, que definen los alcances reales de la inversión a realizar y los tiempos que la solución del problema demandaran, condicionado, en el caso de pequeñas urbanizaciones (clubes de campo y countries), por el grado de población existente al momento de realizar las tareas, ya que; la solución final a corto a largo plazo, podrá incluir “Soluciones”, dentro de las cuales tendremos “Etapas” o no.

Las metodologías utilizadas para realizar los cálculos y verificaciones en estructuras, son muy variadas, tendremos métodos empíricos y analíticos, a modo de ejemplo, de una metodología sencilla presentamos un “Catalogo de secciones de refuerzo” (utilizado en España), para lo cual los parámetros de dimensionamiento son la categoría del tráfico y la deflexión de cálculo en centésimas de milímetro, cumplimentado esto con la caracterización de los materiales y de la estructura del pavimento, en los que se considera tres tipos de soluciones de refuerzo para firmes flexibles:

Tipo A: Base granular y pavimento de mezcla asfáltica o tratamiento superficial.

Tipo B: Mezcla asfáltica.

Tipo C: Base tratada con conglomerante hidráulico y pavimento de mezcla asfáltica.

En cada caso se debe escoger entre las secciones estructurales posibles y económicamente más conveniente, teniendo en cuenta la disponibilidad de materiales para las capas a ser construidas, los volúmenes de obra y muy especialmente las condiciones del tráfico durante la ejecución del refuerzo.

$d_{kc}$	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4
0-50				
50-75			RENOVACIONES SUPERFICIALES	
75-100				
100-125			AR-331 DTS 10	
125-150			AR-341 DTS 15	AR-441 DTS 10
150-200			AR-351 DTS 20	AR-352 5 15
			AR-353 8 10	AR-451 DTS 15
				AR-452 5 10
200-250			AR-361 DTS 25	AR-362 5 20
			AR-363 8 15	AR-461 DTS 20
				AR-462 5 15
				AR-463 8 10
250-300			AR-371 DTS 10	AR-372 5 25
			AR-373 8 20	AR-471 DTS 25
				AR-472 5 20
				AR-473 8 15
300+			ESTUDIO ESPECIAL	

No están representados los riegos de imprimación, adherencia y curado

Espesores en centímetros

-  MEZCLAS BITUMINOSAS
-  BASE GRANULAR
-  DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Fig. 9 REFUERZO DE FIRMES FLEXIBLES  
TIPO A: BASE GRANULAR

$d_{kc}$	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4
0-50				
50-75	BR-111 ■ 5		RENOVACIONES SUPERFICIALES	
75-100	BR-121 ■ 8-10(*)	BR-221 ■ 5		
100-125	BR-131 ■ 12	BR-231 ■ 8-10(*)	BR-331 ■ 4	
125-150	BR-141 ■ 15	BR-241 ■ 12	BR-341 ■ 8	BR-342 ■ 4
			BR-343 ■ 10	BR-441 ■ 4
			DT5 ■ 10	
150-200	BR-151 ■ 18	BR-251 ■ 15	BR-351 ■ 10	BR-352 ■ 4
			BR-353 ■ 10	BR-451 ■ 8
			DT5 ■ 10	BR-452 ■ 4
				BR-453 ■ 10
				DT5 ■ 10
200-250	BR-161 ■ 20	BR-261 ■ 18	BR-361 ■ 14	BR-362 ■ 4
			BR-363 ■ 12	BR-461 ■ 10
			DT5 ■ 15	BR-462 ■ 4
				BR-463 ■ 10
				DT5 ■ 10
250-300		BR-271 ■ 20	BR-371 ■ 16	BR-372 ■ 4
			BR-373 ■ 15	BR-471 ■ 12
			DT5 ■ 17	BR-472 ■ 4
				BR-473 ■ 10
				DT5 ■ 12
300+	ESTUDIO ESPECIAL			








No están representados los riegos de imprimación, adherencia y curado

Espesores en centímetros




(\*)- Si se elige el refuerzo de 8 cm, éste se extenderá en una sola capa

- MEZCLAS BITUMINOSAS
- ▨ GRAVA-EMULSION
- ▤ DOBLE TRATAMIENTO SUPERFICIAL

Fig. 10 REFUERZO DE FIRMES FLEXIBLES  
TIPO B: MEZCLA BITUMINOSA

$d_{kc}$	TR 1	TR 2	TR 3	TR 4
0-50				
50-75				
75-100				
100-125				
125-150				
150-200				
200-250				
250-300				
300+		ESTUDIO ESPECIAL		

No están representados los riegos de imprimación, adherencia y curado Espesores en centímetros

 MEZCLAS BITUMINOSAS  
 GRAVA-CEMENTO  
 GRAVA-ESCORIA

Cuando se emplee base de grava-escoria, el espesor de mezcla bituminosa podrá reducirse de 12 a 10 cm y de 6 a 5 cm.

Fig. 11 REFUERZO DE FIRMES FLEXIBLES  
TIPO C: BASE TRATADA CON CONGLOMERANTE HIDRÁULICO

Para la descripción de las soluciones, situémonos en el caso de mayor recurrencia en este tipo de urbanizaciones, situación esta, que es encontrar rehabilitaciones de tipo estructural y no rehabilitaciones superficiales, hemos enumerado anteriormente, las alternativas más utilizadas. Es nuestro interés describirlas desde la más sencilla y económica, a la más cara y compleja:

### **Solución 1**

#### ***Etapas 1***

El aumento del Índice de Estado, es una solución muy económica, para mejorar la calidad del tránsito hasta que este terminada al menos en gran parte la construcción de viviendas y pueda ser factible limitar la entrada de vehículos cargados, el peso por eje o al menos pasa a disminuir la frecuencia de entrada de este tipo de vehículos.

Este tipo de solución, involucra la realización de:

- Tomado de fisuras. Con selladores de buena calidad.
- Bacheos. En los que se deberá especificar profundidad de trabajo y tipo de materiales intervinientes, deberán estar correctamente demarcados.
- Solucionar desprendimientos, utilizando mezclas en frío con tamaños máximos del orden de los 6 mm.
- Realizar tareas de reconfiguración de banquetas (el pasto que invade los bordes de los pavimentos, actúa como un embalse, el agua que se encuentra en él, perjudica aún más la estructura).
- Reconfigurar cunetas, sección transversal y longitudinal (pendientes).
- Reconfiguración de accesos.
- Las velocidades de circulación son bajas es por ello que no se interviene en esta etapa en los ahollamientos y deformaciones.

La vida útil esperable es entre 3 y 5 años, dependiendo de la calidad de las tareas y de los materiales utilizados. Realizando nuevas tareas de mantenimiento hasta que se intervenga definitivamente.

#### ***Etapas 2***

Esta etapa considera la colocación de una capa adicional, con la condición de que el pavimento este en condiciones de recibirla, conforme a los resultados de los cálculos realizados y cumplimentada la Etapa 1, se realizan las intervenciones que se crea conveniente para realizar la colocación de la misma. De ser necesario se prevén tareas de fresado.

Este tipo de solución es aplicable en casos en los que no se creen problemas de drenaje y escurrimiento y, posteriormente a la colocación de la carpeta se limiten las cargas y las frecuencias, la situación ideal es aquella en la

que, una vez colocada la carpeta solamente se tenga acceso de vehiculos familiares.

### **Solución 2**

Es esta una rehabilitación mas costosa pero que apunta a mejorar la calidad portante de la vía. En este caso se procede de la siguiente manera:

- Se solucionan los sectores con baches, en caso de contar con baches aislados, de pequeña superficie y, que no se puedan unificarse, es que los equipos utilizados corrientemente en la obra vial no logran resultados óptimos, se deberá recurrir entonces a equipos de menor porte y realizar los trabajos en capas de menor espesor.
- La carpeta removida de la superficie bacheada, se almacenara en las cercanias del sector, para cuando esten los trabajos terminados colocarse nuevamente.
- Fresado. Los trabajos de fresado se realizarán en la profundidad establecida por el cálculo de forma tal de lograr un material granular homoganeo que cumpla con las exigencias, en los trabajos se toma la carpeta existente y parte del material de base. En esta situación se está limitando incrementar el nivel final pro se aumenta la capacidad portante. Puede ser utilizado un material granular realizado en el obrador sin la utilización de los materiales existentes, esta situación implicaría, desmontar la carpeta y colocar el material sobre la base, pero en este caso se deberá estar suguro de no incrementar el nivel final a punto d comprometer drenajes y accesos.
- Carpeta de rodamiento. Conforme a los cálculos.

### **Solución 3**

Reconstrucción total. En este caso se combina rehabilitar con una decisión de mejoramiento tendiente a relizar cambios significativos en la vía. Se trabaja en remover toda la estructura fallada y descartarla, utilizandose las capas que esten en buenas condiciones.

Es la solución más cara ya que implica la reconstrucción general y comenzar de nuevo. En general se debería construir un avía alterna situación que es poco factible de materializar. Con los materiales existentes de ser factible se decide su utilización para un mejor aprovechamiento, convinandolos con otros mejorando su densidad, mejores serán sus características resistentes.

## **BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.**

- ***Manual de reciclaje en frío.*** Wirtgen GmbH y A.A. Loudon & Partners. Noviembre 1998.
- ***AASHTO 93, Guía para el diseño de pavimentos.*** American Association of State Highway and Transportation Officials.
- ***Refuerzos en pavimentos, reparación asfáltica en caliente sobre pavimento de hormigón.*** Gonzalez Ruben- Cecilia Soengas, trabajo interno del LEMaC, Año 2001.
- ***Firmes y pavimentos.*** Carlos Kraemer y Miguel Angel del Val. Universidad Politécnica de Madrid.
- ***Metodología de evaluación de estado de los pavimentos.*** Gerancia de Planiamiento, Investigación y Control, División Relevamiento. Dirección Nacional de Vialidad.