

## **Conservación de Pavimentos: Metodología y Estrategias**

Dr. Delmar Salomón, Presidente  
Pavement Preservation Systems, L.L.C.  
P. O. Box 140614  
Boise, ID 83714-0614 USA  
Tel. (208) 672-1977 - E-mail: [dsalomon@mindspring.com](mailto:dsalomon@mindspring.com)

## Resumen

La conservación de pavimentos no es un tema nuevo, como tampoco lo son los tratamientos que se emplean para extender la vida útil del pavimento. La novedad actual es que se están llevando a cabo cambios fundamentales en el sistema tradicional de gestión de pavimentos y la administración de la infraestructura vial. Este artículo presenta la Conservación de Pavimentos (CP) conforme al modelo estadounidense en desarrollo sobre Gestión de Pavimentos (Pavement Management) e Inventario Vial (*Asset Management*). Dicho modelo tuvo su inició en la industria privada y hoy se afirma a través de asociaciones gubernamentales tales como la Administración Federal de Carreteras (*Federal Highway Administration, FHWA*) y Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales de Transporte (*American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO*). La implementación y transferencia de tecnología del nuevo programa se ha establecido con la colaboración de la industria privada, agencias gubernamentales y universidades.

Este ensayo propone que una Gestión de Pavimentos completa, integra los sistemas de infraestructura vial a la conservación de pavimentos logrando así la optimización de los recursos económicos. Se argumenta que no es posible tomar decisiones estratégicas benéficas sin una integración efectiva de todos los componentes de la administración vial. Se hace hincapié en que la integración de los sistemas mencionados, incluyendo la conservación de pavimentos, depende en gran medida del acogimiento, la implementación que reciba a nivel regional, así como del entendimiento del concepto de manejo de la vida útil, de la red vial.

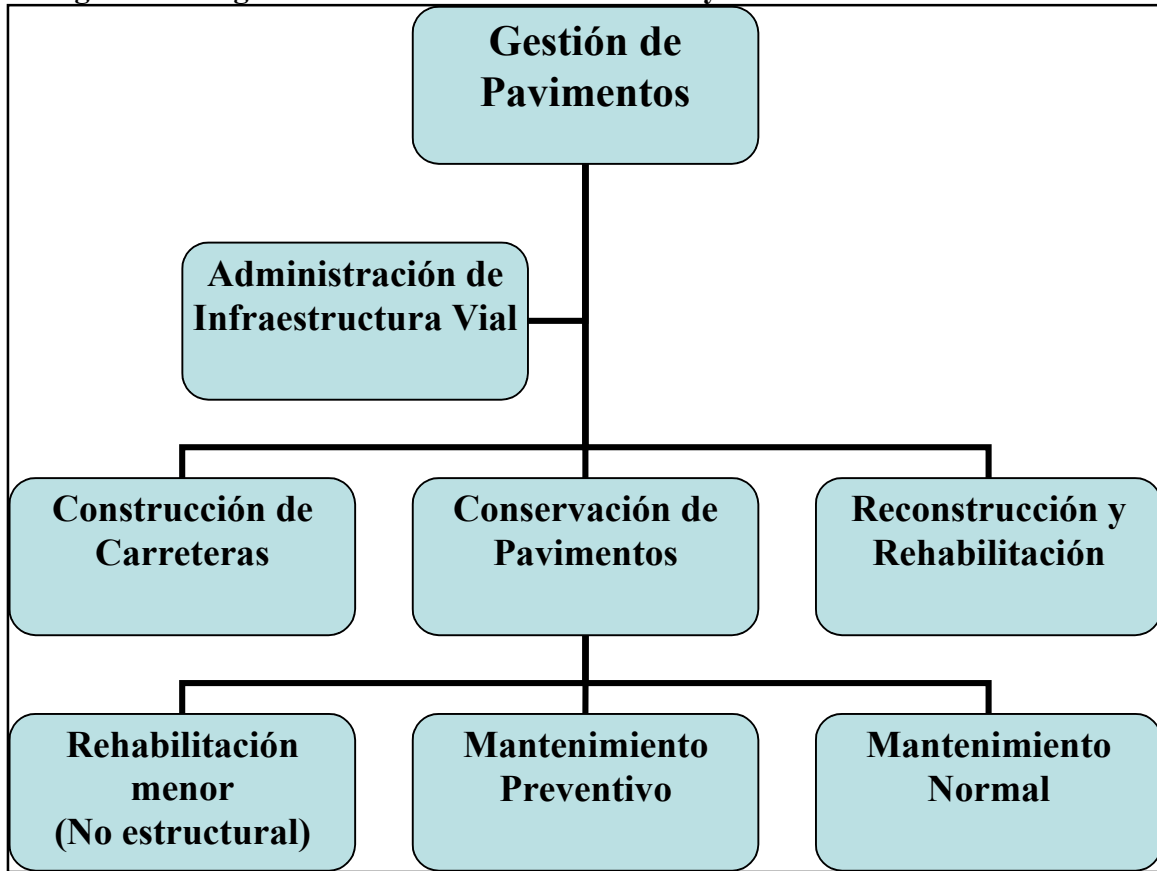
Se presenta como ejemplo, una red de 7,000 Km. con dos diferentes estrategias de Gestión Vial. Se usa la definición de carril-km-año para comparar estas dos estrategias que sirven para demostrar un ahorro económico además una metodología sencilla e integrada.

## 1. Introducción

En la actualidad el modelo tradicional para la gestión de pavimentos no integra el mantenimiento preventivo. En gran parte esto se debe a que los departamentos de transporte se dividen en gerencias que no están totalmente integradas. Por ejemplo, pocas veces se llegan a difundir, en toda su extensión, los datos recopilados acerca del desempeño de las carreteras en los departamentos de mantenimiento. Por lo general estos hacen tratamientos basados en alguna falla funcional o por reaccionar a las quejas de los usuarios; invariablemente esto no conduce al mejor uso del presupuesto. Se ha comprobado que la vida útil de los pavimentos se prolonga a menor costo cuando se implementa un sistema de conservación a intervalos estratégicamente planeados e integrados a un programa de Gestión de Pavimentos en el cual se usa un modelo económico para optimizar los fondos públicos destinados a la red vial. Queda establecido que los tratamientos de pavimentos no deben realizarse al azar, sino que se deben aplicar estratégicamente y de acuerdo a un programa que fomente la administración efectiva de la red vial (*Asset Management*) en base a las condiciones existentes de la red y las estrategias de expansión y mantenimiento de la misma. La conservación de pavimentos se define como las actividades orientadas a proporcionar y mantener las carreteras usando tratamientos donde se ha tomado en cuenta su costo/beneficio en base a la vida útil restante (VUR) del pavimento y el presupuesto disponible. CP incluye el mantenimiento preventivo, pero no incluye los pavimentos

nuevos o aquellos que necesitan reconstrucción [1]. La figura 1 muestra como mejor lograr una organización donde la Gestión de Pavimentos se integra y define los diferentes aspectos de la administración vial.

**Figura 1. Integración de Gestión de Pavimentos y Conservación de Pavimentos**



El lema de la CP en EUA tiene como fundamento la siguiente filosofía --“selección del tratamiento adecuado con una aplicación al pavimento adecuado en el momento preciso”. Dicho de otra manera, este modelo para la gestión de la red vial propone hacer uso efectivo de los recursos económicos limitados, al identificar acertadamente las fallas de los pavimentos a ser tratados, empleando los tratamientos adecuados dentro del marco de tiempo más propicio y por la selección precisa del pavimento. Se necesita la siguiente información para poder implementar este programa: 1. costos de los tratamientos, 2. vida útil de los tratamientos; 3. efectos del tratamiento y 4. una metodología de cuando iniciar los tratamientos. Las agencias deben recopilar los datos relacionados con el desempeño de los pavimentos en su sistema de administración.

En EUA el desarrollo de estrategias para la CP y la corriente de cambio al modelo tradicional se debe al apoyo brindado por las asociaciones industriales (AEMA, ISSA, ARRA) [2,3] que conjuntamente con las organizaciones gubernamentales han mostrado su liderazgo. La entidad gubernamental *FHWA*, en estrecha alianza de trabajo con *NCPP* y *Foundation for Pavement Preservation (FP2)*, han desempeñado un papel primordial; proporcionando entrenamiento e información para la gestión efectiva de redes viales.

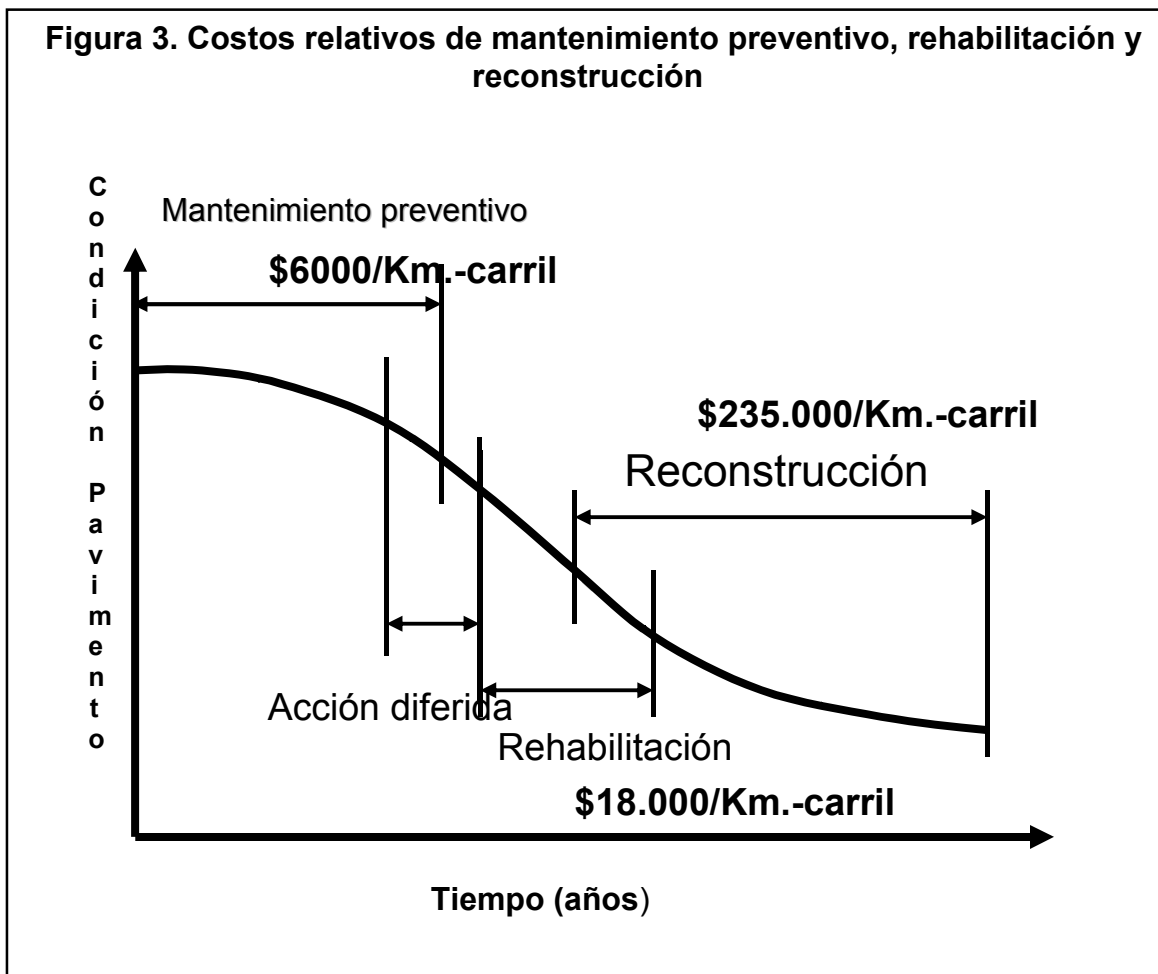
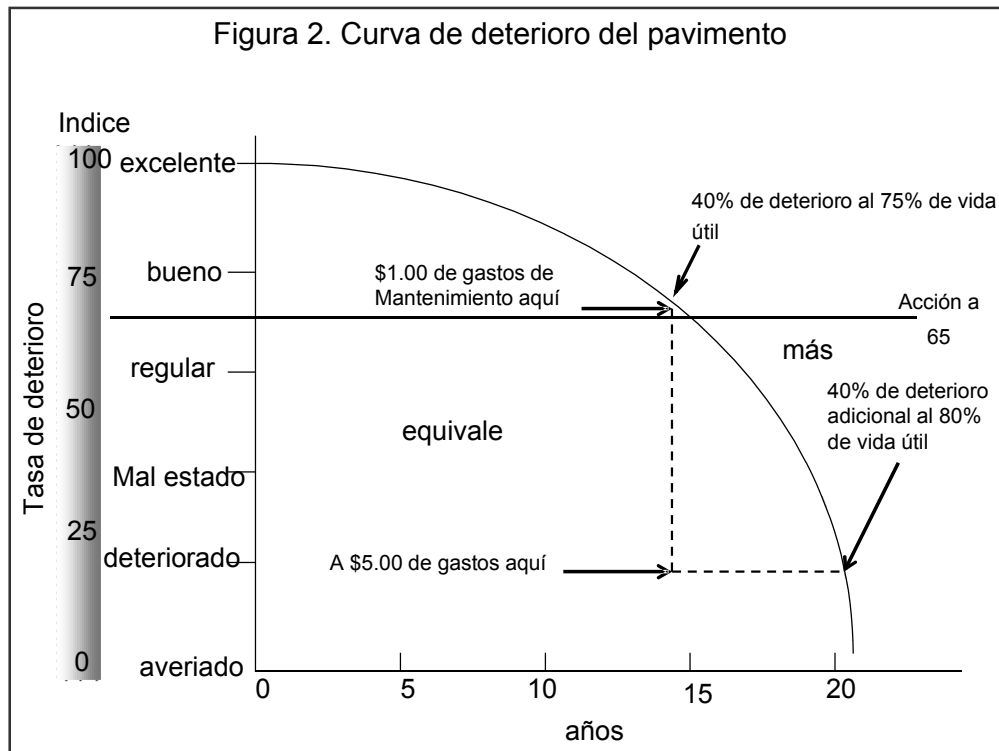
El programa de la CP en EUA comprende cinco asociaciones en diferentes regiones estratégicas donde cada una se especializa en algún aspecto de la Conservación. Estas Asociaciones dedicadas a las tecnologías y la capacitación en temas de conservación son:

Midwestern Pavement Preservation Partnership (MWPPP), Northeastern Pavement Preservation Partnership (NEPPP), Southeast Pavement Preservation Partnership (SEPPP), Rocky Mountain Pavement Preservation Partnership (RMPPP) y Western Pavement Preservation Partnership (WPPP).

La implementación del programa de la CP en EUA tiene como objetivos, la conservación de inversión en sus redes viales, el proporcionar al público pavimentos de mayor seguridad, además de menores molestias e interrupciones por la frecuencia de reconstrucciones. Esto nos permite entrever la magnitud del emprendimiento y el gran reto que representa la implementación sistemática de la CP.

## **2. Deterioro de las Carreteras**

La evolución del estado físico de las carreteras debe ser monitoreado por las agencias a intervalos determinados. En EUA las agencias identifican y coleccionan 98 parámetros que incorporan a su base de datos, Sistema de Monitoreo de Desempeño de Carreteras (*Highway Performance Monitoring System, HPMS*). Es en base a estos datos que el gobierno federal entrega un análisis económico global a través del modelo Sistema de Requisitos Económicos para Carreteras (*Highway Economic Requirements System, HERS*) por este medio el Congreso planea el presupuesto para la infraestructura vial de los EUA, incluyendo el mantenimiento de la red vial. Actualmente, existe un escrutinio que refleja un índice de la condición del pavimento (ICP) el cual se describe en ASTM D 5340 [4]. El ICP es una cuantificación numérica del estado de los pavimentos. Clasifica el pavimento de acuerdo al grado y la severidad de los tipos de daños presentes. La escala numérica es del 0 al 100, en la cual el 0 equivale a la peor condición y 100 a la mejor condición del pavimento. La figura 2 representa una curva típica de la tasa de deterioro del pavimento. Se observa que 40% de deterioro ocurre al 75% de vida útil del pavimento. Se sugiere que en este punto se debe tomar la decisión de aplicar la acción preventiva, de no haberse hecho antes. Cada entidad gubernamental debe decidir cuando activa el dispositivo de mantenimiento preventivo, diferir esta acción dará como resultado la necesidad de rehabilitar o reconstruir el pavimento y esto es mucho más costoso. En la figura 3 se ilustran, por kilómetro carril, los gastos relativos a la construcción, rehabilitación y mantenimiento preventivo. Según el siguiente esquema, el programa de conservación de carreteras debe incluir un análisis detallado de las fallas funcionales del pavimento, el cual se obtiene haciendo un inventario de daños, que se realiza en un tiempo definido.



### 3. Conservación de Pavimento a Futuro

La investigación futura de CP debe incluir la selección de tratamientos apropiados destinados a las fallas correctamente identificadas [5,6]. Debemos conocer a que punto 1) es demasiado tarde; 2) o demasiado temprano para los tratamientos preventivos. ¿Qué es lo que se debe medir, para poder predecir las fallas? Desafortunadamente, aún no contamos con las herramientas que nos ayuden a predecir con precisión el tiempo correcto de aplicación de los tratamientos adecuados. La Tabla I es un listado de tratamientos, vida útil y costo. Estos varían por región, pero da una indicación de costos de los diferentes tratamientos. A menudo, debido a los presupuestos limitados, nos vemos forzados a no tomar ninguna acción, lo cual incrementa el deterioro del pavimento. Lo que si conocemos es el progreso de las fallas de pavimentos, conocemos cuales son y sabemos cuando es demasiado tarde para la aplicación de tratamientos de mantenimiento preventivo.

Tabla 1. Comparación de Costos Relativos de Diferentes Tratamientos Superficiales

Tratamiento	Vida útil, años	Costo relativo US \$/m <sup>2</sup>
Riegos de imprimación y riegos de adherencia	1-2	1
Sello con lechada	3-5	4
Micro aglomerado	3 - 9	8
Sellado de fisuras	2 - 5	2
Recubrimiento en frío, capa Fina	2 - 10	5
Recubrimiento en caliente, capa fina	2 - 12	9
Riego de sello	3 - 7	4
Reciclado en frío en sitio (espesor: 25 mm)	5 - 10	4

Como se indica en la figura 3, el deterioro del pavimento y su desempeño se aprecia con relación a las diferentes categorías de mantenimiento preventivo, rehabilitación y reconstrucción. El mantenimiento preventivo es una actividad que se debe iniciar temprano en la vida del pavimento, cuando su condición aún es buena y no tiene fallas estructurales. La efectividad del programa de conservación de pavimentos, depende de los escrutinios de las fallas y los tratamientos de estas. Estos tratamientos se deben hacer de uno a seis años en pavimentos flexibles y de 3 a 8 años en pavimentos rígidos.

Es crítico tener un programa para extender la vida útil del pavimento (VUP).

Este proceso consiste de las siguientes tareas: 1) Monitorear y establecer la condición del pavimento existente; 2) Determinar las causas de los daños; 3) Desarrollar alternativas viables; 4) Hacer un análisis de costo del ciclo de vida y 5) Seleccionar el tratamiento preferido en base de su costo-beneficio.

Además de identificar la oportunidad para el inicio de tratamiento preventivo, se debe determinar la frecuencia apropiada de aplicaciones adicionales. Se desconoce exactamente cuando un tratamiento llega a su vida útil. La Tabla 1 da algunas indicaciones según prácticas en EUA. La vida útil de un tratamiento es diferente en cada situación, dependiendo del tipo de pavimento, las condiciones climatológicas, los materiales y la infraestructura misma del pavimento. Iniciar el programa de conservación de pavimentos cuando el pavimento aún esta en buenas condiciones, rinde un alto nivel de servicio con repetidas aplicaciones de tratamientos de bajo costo [7,8].

#### 4. Ejemplo de dos estrategias para la red de 7000 Km.

Un ejemplo de dos estrategias que incluyen la reconstrucción, rehabilitación y conservación que muestra en la Tabla 2. Una definición en años de la vida útil de la red es el total de carril-kilómetros multiplicado por un año [10]. Para ilustrar las dos estrategias de mantenimiento de la red tomamos una red de 7,000 Km. multiplicamos por un año que equivale a 7,000 carril-Km.-años. Equivale esto a decir que la red se deteriora 7,000 carril-Km.-años por año. Cada año se tendrá que planear un programa que abarca proyectos de reconstrucción (RC), rehabilitación (RH) y de conservación (CP). La estrategia A resultaría en un déficit de 2,825 carril-Km.-años y un costo total de \$35,483,000. Los costos por carril-Km. son para EUA y son aproximados, pero demuestran la metodología empleada para planear las diferentes estrategias.

**Tabla 2. Despliegue de Proyectos para las tres categorías principales de mantener la red**

		<b>Proyectos de Reconstrucción</b>			
Proyectos	Diseño de Vida, años	Carril-Km.	Carril-Km.-años	Costo carril-Km.	Costo total
No. 1	25	40	1000	\$285,000.00	\$11,400,000.00
No. 2	30	20	600	\$348,000.00	\$6,960,000.00
Total carril-Km.		60	1600		
Costo total					\$18,360,000.00
		<b>Proyectos de Rehabilitación</b>			
No. 10	18	35	630	\$165,000.00	\$5,775,000.00
No. 11	15	45	675	\$137,000.00	\$6,165,000.00
No. 12	12	50	600	\$73,000.00	\$3,650,000.00
		130	1905		
Costo total					\$15,590,000.00

#### **Proyectos de Conservación**

Proyectos	Vida útil,años	Carril-Km.	Carril-Km.-años	Costo carril-Km.	Costo total
No. 101	2	20	40	\$1,600.00	\$32,000.00
No. 102	3	35	105	\$4,800.00	\$168,000.00
No. 103	5	40	200	\$8,700.00	\$348,000.00
No. 104	7	25	175	\$19,000.00	\$475,000.00
No. 105	10	15	150	\$34,000.00	\$510,000.00
		135	670		
Costo total					\$1,533,000.00

#### **Estrategia A**

Actividades	Carril-Km.-años	Carril-Km.			
<b>Programadas</b>					
<b>Reconstrucción</b>	1600	60			\$18,360,000.00
<b>Rehabilitación</b>	1905	130			\$15,590,000.00
<b>Conservación</b>	670	135			\$1,533,000.00
Total	4175				\$35,483,000.00
Necesidades	7000				
Déficit	<b>(2825)</b>				

La estrategia B se ilustra en la Tabla 3 y tiene un costo total \$29,549,500 y mantiene el status quo de la red, es decir 7000 carril-Km.-años además de un ahorro de \$5,933,500.

**Tabla 3. Estrategia B**

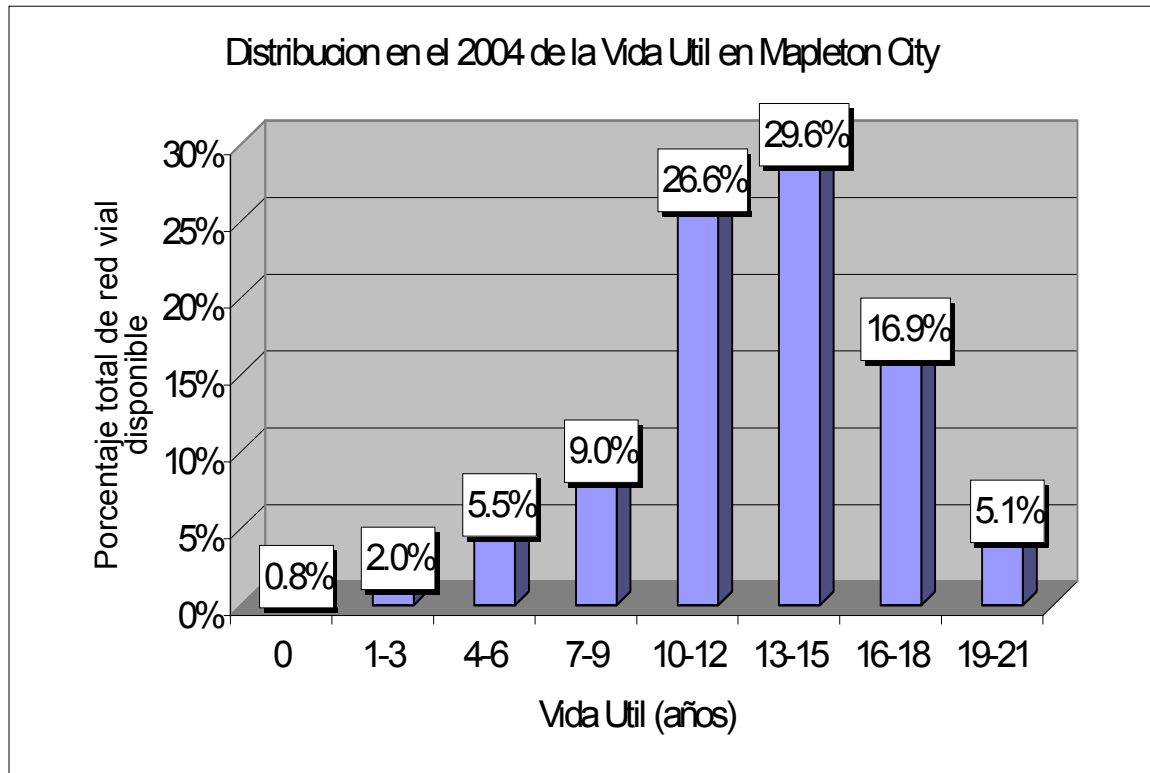
Proyectos	Tratamiento	Vida útil	Carril-Km.	Carril-Km.-años	Costo carril-Km.	Costo total
No 77	Riego niebla	3	175	525	\$940.00	\$164,500.
No 83	Rejuvenecedor	5	130	650	\$2,500.00	\$325,000.
No 82	Cape seal	7	90	630	\$17,500.00	\$1,575,000.
No. 100	Sellado de grietas	3	1,100	3,300	\$300.00	\$330,000.
No. 90RC	<b>Reconstrucción</b>	10	40	400	\$285,000.00	\$11,400,000.
No. 91RH	<b>Rehabilitación</b>	13	115	1,495	\$137,000.00	\$15,755,000.
			1,650	7,000		\$29,549,500.
<b>Estrategia A</b>	\$35,483,000.00					
<b>Estrategia B</b>	\$29,549,500.00					
<b>Ahorro</b>	\$5,933,500.00					

## 5. Conclusiones

Un programa de conservación de carreteras bien estructurado ahorra dinero a largo plazo y este servicio es siempre bien recibido por los usuarios, quienes como contribuyentes de impuestos proveen los fondos monetarios a las entidades gubernamentales. Hemos ilustrado un ejemplo simple de una red de 7000 Km., donde se demuestran dos estrategias que abarcan las categorías de reconstrucción, rehabilitación y conservación. Una de las estrategias no detiene el deterioro de la red, mientras que la otra mantiene la red y además representa un ahorro. Es primordial poder escoger los tratamientos que dan el mejor costo-beneficio.

Finalmente, como parte de un plan de conservación de carreteras debemos ser capaces de generar (Figura 4) cuadros de distribución de la vida útil lo cual nos permitirá enfocar nuestro plan de conservación a la carretera con menor vida útil y si no conforma un porcentaje alto de la red vial total, entonces podríamos priorizar con un nivel bajo, de acuerdo a la cantidad de nuestro presupuesto.

Figura 4: Mapleton City, Utah, EUA - Distribución de la vida útil en 2004



## **5. Referencias**

- [1] Insights into Pavement Preservation, A Compendium, Publication FHWA-IF-00-011, January, 2000.
- [2] Pavement Preservation in the United States: Survey by the Lead States Team on Pavement Preservation (AASHTO, 1999).
- [3] Pavement Preservation Research Problem Statements, FHWA and The Foundation for Pavement Preservation, Publication No. FHWA IF-02-017, Sacramento, California, June 21-22, 2001.
- [4] Delmar Salomón, “Conservación de pavimentos: conservando la inversión del patrimonio vial” en *Asfáltica Revista Técnica*, Numero 4, Enero 2006, Asociación Mexicana del Asfalto (AMAAC).
- [5] ASTM D 5340 “Standard Test Method for Airport Pavement Condition Index Surveys”, Vol 04.03.
- [6] Selecting Preventive Maintenance Treatments for Flexible Pavements, Publication FHWA-IF-00-027, August 2000.
- [7] Pavement Preventive Maintenance Guidelines, Foundation for Pavement Preservation and FHWA, 2001.
- [8] Pavement Preservation Compendium, Publication No. FHWA-IF-03-21, September, 2003.
- [9] D.G. Peshkin and T.G. Hoerner, Pavement Preservation: Practices, Research Plans, and Initiatives, NCHRP Project No. 20-07, Task 184, May, 2005
- [10] Larry Galehouse, Jim Sorenson, “A Quick Check of Your Highway Network Health”, Publication No. FHWA-IF-07-006