

# RETOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE GESTIÓN DE ACTIVOS EN MÉXICO

R. SOLORIO, R. HERNÁNDEZ, P. GARNICA

Instituto Mexicano del Transporte, México

[RSOLORIO@IMT.MX](mailto:RSOLORIO@IMT.MX), [RIHERNAN@IMT.MX](mailto:RIHERNAN@IMT.MX), [PGARNICA@IMT.MX](mailto:PGARNICA@IMT.MX)

## RESUMEN

Se presenta en este documento una discusión sobre los principales retos para la implementación de sistemas de gestión de activos en México, acompañada de algunas propuestas para afrontarlos. A fin de poner la discusión en contexto, en primer lugar se describe de manera general la red nacional de carreteras. Enseguida, se enfatiza la prevalencia de la concepción de un sistema de gestión como un programa de cómputo y la falta de interés por desarrollar sistemas de gestión adicionales a los de pavimentos, para luego identificar acciones tendientes a desarrollar una cultura nacional de gestión de activos carreteros que permita superar las limitaciones conceptuales existentes. Más adelante, se presenta la estructura de la entidad encargada de la operación de la red federal de carreteras y se muestran los obstáculos para la aplicación de la gestión de activos generados por esa forma de organización. Asimismo, se propone una estructura alternativa que podría resultar más favorable. En la parte final del documento se discuten limitaciones adicionales de índole normativa, tecnológica y vinculadas a la formación de personal especializado y se puntualizan posibles contribuciones del IMT para enfrentar los retos identificados.

## 1. ANTECEDENTES

México posee una vasta red de carreteras cuya longitud supera los 360,000 km, de los cuales 35% (poco más de 127,000 km) corresponden a caminos pavimentados y el restante 65% (casi 233,000 km) a caminos sin pavimentar [1]. Alrededor de 48,000 km de los caminos pavimentados forman la red federal de carreteras, la cual se extiende por todo el territorio nacional articulada en torno a 19,000 km de corredores troncales [2] y constituye la parte más importante de la red nacional (Figura 1). Otra parte sustancial de la red pavimentada se refiere a carreteras estatales de importancia regional y local cuya longitud asciende a 74,000 km [1]. Del total de carreteras pavimentadas, 91% (115,600 km) son carreteras de dos carriles, y el resto (11,600 km) de cuatro o más carriles.

84% de la longitud total de la red federal pavimentada (40,600 km) está compuesta por carreteras libres de peaje que en su mayoría son operadas directamente por la Secretaría (Ministerio) de Comunicaciones y Transportes (SCT), aunque una parte creciente de esta red está siendo concesionada al sector privado bajo diferentes esquemas.

El restante 16% de la red federal pavimentada (7,700 km) corresponde a autopistas de peaje, cuya operación y conservación, en su mayor parte, está a cargo del organismo gubernamental “Caminos y Puentes Federales de Ingresos y Servicios Conexos” (CAPUFE), si bien también en este caso la participación del sector privado ha ido en aumento.

En lo que respecta a las carreteras pavimentadas estatales, prácticamente la totalidad de ellas son carreteras libres de peaje operadas por los gobiernos de los estados.



Figura 1 - Corredores troncales de la red federal de carreteras.

En la actualidad, México enfrenta tremendos desafíos para la preservación, modernización y expansión de su patrimonio vial. Se estima que estas actividades, sólo en la red federal, requieren cada año inversiones por un monto cercano a los USD 5 mil millones [3] que no puede financiarse exclusivamente con fondos públicos, por lo que las últimas administraciones federales han venido promoviendo una participación cada vez mayor del sector privado en programas carreteros.

Mientras tanto, en el ámbito mundial, la gestión de activos carreteros se ha venido consolidando como el marco conceptual más apropiado para afrontar los retos relacionados con la preservación y el desarrollo de redes de carreteras [4]. En este sentido, aunque en México se han impulsado iniciativas para implementar sistemas de gestión de infraestructura vial, con resultados diversos, a la fecha no existen proyectos para la aplicación formal de la gestión de activos, y el desarrollo de este tipo de proyectos se encuentra limitado por diversas carencias metodológicas, organizacionales, normativas y tecnológicas, como las siguientes: i) Prevalencia de la idea errónea de que un sistema de gestión es un programa de cómputo; ii) Falta de interés para desarrollar sistemas de gestión adicionales a los de pavimentos; iii) Existencia de estructuras organizacionales inadecuadas para la implementación de sistemas de gestión; iv) Ausencia de normas para el uso de equipos de auscultación y la integración de bases de datos de carreteras; v) Experiencia local insuficiente en la aplicación de varias tecnologías involucradas en la gestión de infraestructura; vi) Falta de programas académicos específicamente diseñados para la formación de recursos humanos en el área.

En las secciones que siguen se discuten las limitaciones anteriores y se presentan propuestas para propiciar el desarrollo de la gestión de activos en el país. Adicionalmente, se puntualiza el papel que el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) podría desempeñar en instrumentación de esas propuestas.

## **2. CONCEPTO DE SISTEMA DE GESTIÓN Y GESTIÓN DE ACTIVOS**

### **2.1. Sistemas de gestión y programas de cómputo**

La aplicación de un sistema de gestión de infraestructura vial supone el procesamiento de importantes volúmenes de información, así como el uso de algoritmos de cálculo que pueden llegar a ser muy complejos. Como consecuencia, desde sus orígenes, las herramientas de análisis de los sistemas de gestión se han implementado a través de programas de computadora, lo cual explica la noción, vigente por mucho tiempo, de que un sistema de gestión es un software. Aunque la formalización del marco conceptual de gestión de activos ha llevado a que en varios países, sobre todo en países desarrollados, los sistemas de gestión se entiendan hoy en día como conjuntos de procedimientos institucionales, datos y herramientas de análisis, en México aún predomina la concepción anterior.

De esta manera, las decisiones respecto a la implementación de un sistema de gestión continúan limitándose, en muchos casos, a la adquisición, adaptación o desarrollo de un software específico. Estas decisiones, además, suelen ser tomadas por profesionales que no conocen con detalle la operación de esta clase de software, lo cual les impide valorar adecuadamente aspectos como los siguientes:

- a) Requerimientos de información iniciales y futuros y capacidad técnica y financiera de la organización para satisfacer esos requerimientos.
- b) Costos adicionales a la inversión inicial relacionados con el esquema de otorgamiento de la licencia de uso por parte del proveedor y con la obtención de actualizaciones del producto.
- c) Herramientas informáticas complementarias que podrían ser necesarias para el preproceso y postproceso de información o la gestión del inventario vial.
- d) Disponibilidad de personal para la operación del programa de cómputo y necesidades de capacitación no sólo en lo que respecta a la operación del software sino a otros conocimientos necesarios para que su uso resulte productivo.
- e) Correspondencia entre los flujos de información del programa y los de los procedimientos institucionales establecidos para la gestión de infraestructura.
- f) Pertinencia de las hipótesis en las que se sustentan los modelos de cálculo del software.
- g) Relevancia de los resultados del programa de cómputo para la toma de decisiones.
- h) Capacidad de la organización para difundir la información generada entre todos los actores vinculados al proceso de gestión.

Es claro que si no se toman en cuenta estos aspectos el programa de cómputo elegido puede abandonarse en forma prematura, llevando a conclusiones en el sentido que el software es inadecuado “per se” o que los sistemas de gestión no son útiles.

### **2.2. Equipos de medición y software**

En lo referente a pavimentos, la disponibilidad cada vez mayor en el país de equipos de auscultación de alto rendimiento (Figura 2) aunado al grado de sofisticación alcanzado recientemente en el desarrollo de software para gestión de pavimentos, ha hecho creer

algunos profesionales que los equipos y el software, al constituir un paquete de alta tecnología, concentran todo lo necesario para implementar un sistema de gestión de pavimentos. Es cierto que los equipos de alto rendimiento permiten obtener información sobre el estado de las carreteras en forma expedita, y que el software de gestión de pavimentos más novedoso cuenta con capacidades para procesar esa información también con rapidez y presentarla a los usuarios empleando vistas muy útiles para la toma de decisiones. Sin embargo, se pasa por alto que para convertir este paquete tecnológico en un sistema de gestión de pavimentos se requiere, en primer lugar, asegurar que los resultados producidos por el software en verdad son relevantes para la organización y, enseguida, garantizar el compromiso institucional necesario para actualizar los datos en forma periódica y consistente, incorporar los nuevos flujos de información a los procesos internos de la organización, destinar personal a la operación del sistema y capacitarlo para lograr la asimilación institucional de la tecnología.



Figura 2 - Medición de deflexiones con deflectómetro de impacto en la red federal.

Tomando en cuenta lo anterior, los proyectos de sistemas de gestión de pavimentos basados exclusivamente en la implementación del paquete tecnológico “equipos de medición + software” corren también el riesgo de caer en el abandono si no se toman en cuenta los aspectos mencionados.

### 2.3. Sistemas de gestión de pavimentos y otros sistemas de gestión

Los pavimentos constituyen el activo más importante de la infraestructura vial, entre otras razones por los recursos económicos involucrados en su construcción y conservación. Ello explica que los sistemas de gestión como concepto y el software desarrollado para facilitar su implementación, se hayan concebido originalmente con el fin de racionalizar la conservación de pavimentos, y que desde entonces las principales aplicaciones de los sistemas de gestión en todo el mundo hayan tenido como objeto esta clase de activo. En este sentido, México no ha sido una excepción y, de hecho, prácticamente la totalidad de la experiencia nacional en sistemas de gestión se refiere a pavimentos.

Sin embargo, mientras en otros países ha crecido el interés por desarrollar sistemas de gestión para otras clases de activos o sistemas de gestión integral, en el nuestro este interés ha seguido siendo mínimo, sobre todo porque existen muchos proyectos inacabados de sistemas de gestión de pavimentos que impiden iniciar proyectos para otros activos. Esta falta de interés también puede deberse a que no se han enfatizado suficientemente en la literatura técnica y en los foros académicos nacionales los beneficios que el uso de sistemas de gestión puede reportar al desempeño técnico de las

diferentes activos, al aprovechamiento de los recursos disponibles y, en última instancia, a la calidad de servicio global ofrecida al usuario.

#### 2.4. Hacia el desarrollo de una cultura de gestión de activos

Los problemas antes descritos constituyen algunas de las limitaciones existentes en México para impulsar proyectos basados en el marco conceptual de la gestión de activos. Dado que estas limitaciones se deben principalmente a la falta de una cultura de gestión de activos, para superarlas se requieren acciones que promuevan el desarrollo de esta cultura, algunas de las cuales podrían ser las siguientes:

- a) Realizar un evento para difundir los principios básicos de la gestión de activos entre directivos de organizaciones operadoras de carreteras.
- b) Celebrar un seminario o congreso internacional en el que profesionales de los países más adelantados en el tema de compartan sus experiencias con especialistas locales.
- c) En reuniones de los miembros mexicanos de comités técnicos de la AIPCR se ha propuesto la formación de comités nacionales homólogos a los de esa asociación. En este marco, se recomienda ampliamente impulsar la formación del comité nacional de Gestión de Activos de Infraestructura Carretera convocando a representantes de los diferentes grupos de interés.
- d) Promover la constitución de una asociación profesional especializada en gestión de activos.
- e) Incorporar tópicos de gestión de activos a los planes de estudio de posgrado en ingeniería de carreteras, así como diseñar cursos para los programas educación continua de las universidades. El asunto de la formación en gestión de activos se retoma en el inciso 4.3.
- f) Aprovechar el espacio que representan las revistas técnicas nacionales para difundir documentos sobre gestión de activos escritos por autores nacionales e internacionales.

### 3. ASPECTOS ORGANIZACIONALES

#### 3.1. La Secretaría de Comunicaciones y Transportes

Como se menciona al principio de este documento, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes opera directamente la red federal libre de peaje (más de 40,000 km), la cual constituye una de las componentes más importantes de la red nacional de carreteras. Esta secretaría tiene a su cargo otras funciones primordiales relacionadas con la totalidad de la red federal como: i) Planeación; ii) Elaboración del presupuesto anual de gasto; iii) Administración de proyectos para la construcción de carreteras nuevas; iv) Licitación de contratos para la operación de carreteras mediante asociaciones público-privadas.

Tomando en cuenta la importancia de la SCT y de la red federal, se ha decidido discutir las limitaciones institucionales para la implementación de sistemas de gestión de activos que afectan al área de carreteras de esta Secretaría. Por lo demás, las propuestas que se presentan al final de esta sección también pueden ser relevantes para otras organizaciones de carreteras del país.

La SCT es una dependencia extremadamente compleja cuyas funciones se extienden mucho más allá del desarrollo y preservación de la red federal de carreteras y comprenden también la planeación, desarrollo y regulación a nivel nacional de los diferentes modos de transporte y de los servicios de telecomunicaciones. Esta gran concentración de funciones podría considerarse una primera limitación organizacional para la implementación de sistemas de gestión de activos viales, ya que puede dificultar el

flujo vertical de información por la cantidad y diversidad de asuntos que es necesario atender al más alto nivel directivo de la secretaría. De hecho, en varias ocasiones se ha señalado la conveniencia de dividir la SCT en una Secretaría de Comunicaciones y otra de Transportes.

Para realizar las funciones resumidas en el párrafo anterior, la SCT se encuentra organizada a partir de las siguientes áreas principales [5]:

- Subsecretaría de Infraestructura.
- Subsecretaría de Transporte.
- Subsecretaría de Comunicaciones.
- Coordinación General de Puertos y Marina Mercante.
- Coordinación General de Planeación y Centros SCT (representaciones estatales de la secretaría).

### 3.2. Subsecretaría de Infraestructura

Las funciones de la SCT relacionadas con la preservación y desarrollo de la red federal de carreteras se realizan al interior de la Subsecretaría de Infraestructura (SI). De hecho, el trabajo de esta Subsecretaría está dedicado prácticamente en su totalidad a la red federal, de manera que la SI bien podría denominarse “Subsecretaría de Carreteras Federales”. En la Figura 3 se muestra la organización de la SI.



Figura 3 - Áreas que integran la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT.

A continuación se resumen las principales funciones de las áreas ilustradas en la Figura 3 [6]:

Dirección General de Desarrollo Carretero: Planear el desarrollo estratégico de la red, supervisar el desempeño de carreteras concesionadas y licitar el otorgamiento de nuevas concesiones.

Dirección General de Carreteras: Administrar proyectos para la construcción de nuevos tramos de la red federal pavimentada, así como proyectos de construcción y conservación de caminos rurales.

Dirección General de Conservación de Carreteras: Conservar la red federal libre de peaje.

Dirección General de Servicios Técnicos: Proporcionar servicios de apoyo técnico al sector para la planeación, realización de estudios, proyecto, construcción, conservación y operación de carreteras.

Instituto Mexicano del Transporte: Desarrollar proyectos de investigación, innovación tecnológica y formulación de normas técnicas, así como participar en actividades de formación básica, actualización y especialización de recursos humanos para el sector.

### 3.3. Origen y perfil actual de las dependencias de la SI

Los antecedentes de varias de las entidades que conforman la estructura actual de la SI se remontan al periodo en que la expansión de la red vial para integrar el territorio nacional era la máxima prioridad del desarrollo carretero. Este periodo se inició en 1925 y se prolongó prácticamente hasta 1980, cuando la red federal alcanzó una longitud de 43,500 km y la totalidad de la red 240,000 km [7].

En 1960, cuando la red federal tenía 24,500 km, se crearon las Direcciones Generales de Construcción y de Conservación de Carreteras Federales, las cuales constituyen precursores directos de las Direcciones Generales de Carreteras y Conservación de Carreteras representadas en la Figura 3. En sus inicios, el quehacer de estas dependencias tenía una componente de índole ejecutiva muy importante que incluía aun la ejecución directa de las obras, con un personal técnico altamente especializado.

Desde sus orígenes y hasta mediados de la década de los 90, la Dirección General de Conservación de Carreteras (DGCC) se ocupó de la conservación de la red federal libre de peaje utilizando el enfoque tradicional basado en el comportamiento previo de los tramos y en la experiencia de los responsables técnicos. Para 1994, la red acusaba un deterioro preocupante (casi 60% en estado inaceptable), lo cual llevó a esta Dirección a iniciar un proceso formal de planeación de la conservación basado en un sistema de gestión de pavimentos; como parte de proceso, se definieron objetivos específicos para la recuperación de la red, se integraron grupos de trabajo y se diseñaron procedimientos para el logro de los objetivos definidos. Asimismo, la DGCC implementó un programa de cómputo francés para evaluación de estrategias de conservación denominado SISTER (acrónimo de Simulation de Stratégies d'Entretien Routier). En esa misma época se implementó un sistema de gestión de puentes denominado "SIPUMEX". Estas iniciativas, permitieron a la DGCC revertir el deterioro de la red, de manera que la longitud de la red en estado inaceptable se ha reducido a 20%. Actualmente, la Dirección utiliza un sistema de gestión de pavimentos basado en HDM-4, y es una de las pocas organizaciones de carreteras en el país que ha logrado implementar un sistema de este tipo, alinearlos con sus procesos institucionales y mantenerlos funcionando en forma permanente.

Otra entidad con antecedentes remotos es la Dirección General de Servicios Técnicos (DGST), cuya creación original data de mediados de la década de los 50. Por mucho tiempo, esta dirección centralizó la ejecución de todos los ensayos de materiales requeridos para el proyecto y construcción de carreteras a nivel nacional. Al mismo tiempo, la Dirección se constituyó en una entidad de apoyo técnico para el sector carretero en su conjunto. La DGST mantiene vigentes sus funciones de apoyo técnico para el sector, particularmente en lo relacionado con la revisión de proyectos de construcción y rehabilitación de la SCT y de CAPUFE.

La Dirección General de Desarrollo Carretero (DGDC) surgió a finales de la década de los 90 como "Unidad de Autopistas de Cuota (peaje)" con el propósito de supervisar el desempeño de un importante conjunto de más de 20 autopistas con una longitud total del orden de los 3,000 km [8]. Estas autopistas habían sido concesionadas a operadores privados en esa década y tuvieron que ser rescatadas por el gobierno federal ante un incumplimiento de los pronósticos de tránsito vinculado a tarifas elevadas. Por otro lado, se encomendó a la unidad de autopistas de cuota la identificación de nuevos esquemas para la participación de capitales privados en el financiamiento de proyectos carreteros. La instrumentación de estos nuevos esquemas necesariamente debía colocarse en un

marco de planeación general del desarrollo de la red, lo que motivó la transformación de la Unidad de Autopistas de Cuota en la DGDC.

Finalmente, con respecto al Instituto Mexicano del Transporte (IMT), cabe señalar que una parte importante de sus proyectos tienen como objeto de estudio al sistema carretero, razón por la cual el Instituto fue adscrito en años recientes a la Subsecretaría de Infraestructura. En 2001, el IMT auspició la formación de un grupo de investigación dedicado a la gestión de infraestructura carretera, que hoy día continúa siendo uno de los pocos grupos especializados en esta materia que existen en el país.

#### 3.4. Limitaciones organizacionales para la implementación de un sistema de gestión de activos en la SI

Relacionadas con el origen y perfil actual de las dependencias de la Subsecretaría pueden identificarse las siguientes limitaciones:

- a) De acuerdo con lo presentado en el inciso anterior, en sus orígenes varias de la dependencias de la SI tenían un perfil ejecutivo que comprendía la realización directa de estudios, proyectos y obras. El crecimiento acelerado de la red provocó que este perfil se volviera insostenible y que las dependencias reorientaran sus funciones a labores de planeación, gestión y supervisión, dejando al sector privado los aspectos operacionales. Sin embargo, este cambio no ocurrió de manera planeada, lo que ha provocado que las dependencias no hayan terminado de adquirir una forma de organización idónea para responder con eficiencia a los requerimientos actuales. Al mismo tiempo, los perfiles de puesto han quedado un tanto confusos con los conocimientos puramente técnicos que ha sido necesario conservar y los que se han ido requiriendo para desempeñar las nuevas funciones. La indefinición de los perfiles de puesto es un tema que no sólo afecta a las dependencias creadas en otras épocas, sino al conjunto de la subsecretaría.
- b) La operación de las diferentes Direcciones ocurre con un esquema de “stovepipe” (conducto de estufa) es decir, con una comunicación horizontal muy limitada que ha impedido la integración de fuentes de información y herramientas de análisis institucionales que permitan comparar los proyectos generados por las diferentes áreas en los ámbitos de su competencia, analizar estrategias de desarrollo de la red en su conjunto en forma exhaustiva y expedita o evaluar comparativamente el desempeño técnico y económico de tramos que operan bajo distintos regímenes.
- c) Varios aspectos operativos de la red federal como el registro de la accidentalidad o la atención de puntos conflictivos son competencia de una entidad ajena a la SI, la Dirección General de Autotransporte Federal de la Subsecretaría de Transporte. Este hecho dificulta la coordinación de acciones para la generación de programas que tiendan a mejorar el nivel de servicio de las carreteras federales en forma integral.
- d) Como en cualquier país, los programas de construcción y modernización de carreteras troncales tienen una gran trascendencia política. Por ello, el trabajo de la DGDC, y el de la subsecretaría de infraestructura en su conjunto, son continuamente objeto de una gran presión por parte de varios grupos de interés para que los nuevos proyectos carreteros se pongan en operación con prontitud. En este contexto resulta muy difícil que exista receptividad a proyectos de implementación de sistemas de gestión de activos, los cuales no generan resultados en el corto plazo y menos en un entorno tan complejo.
- e) Las últimas administraciones federales han promovido la reducción de la plantilla de las dependencias gubernamentales mediante programas de retiro voluntario y cancelación de puestos de trabajo. En general, estos programas no han ido acompañados de acciones para la reestructuración de las dependencias, lo que ha

provocado la salida indiscriminada de personal de todo tipo, incluyendo personal técnico. Al mismo tiempo, los sueldos de todos los empleados han ido sufriendo un deterioro paulatino. Para la SCT, ambos problemas han redundado en una paulatina pérdida de su capacidad técnica.

- f) El papel actual de la DGST se explica por los problemas en los perfiles de puesto que se han derivado de los cambios en la vocación de las dependencias de la subsecretaría de infraestructura y por la pérdida de capacidad técnica referida en el inciso anterior. Sin embargo, el tamaño actual de la red carretera y sus repercusiones en el volumen de estudios y proyectos que están siendo generados sugieren que la concentración de los servicios de apoyo técnico en un área específica de la subsecretaría podría volverse insostenible en el futuro cercano.

La superación de las limitaciones anteriores constituye un reto colosal que forzosamente debe pasar por una reingeniería de la Subsecretaría de Infraestructura cuya concepción, aunque sea inicial, trasciende por mucho el alcance de este trabajo. No obstante lo anterior, en el siguiente inciso se plantean algunas ideas que podrían ser útiles en una discusión preliminar de los cambios que requiere la SI para facilitar la implementación de un sistema de gestión de activos.

### 3.5. Elementos para la transformación de la SI

En términos generales, la transformación de la Subsecretaría de Infraestructura de la SCT a manera de fortalecer el uso de un enfoque de negocios en la operación, preservación y desarrollo de la red federal y, como parte de ello, implementar sistemas de gestión de activos carreteros, requieren de acciones como las siguientes:

- a) Reconocer que el nivel servicio de las carreteras está determinado no sólo por los programas relacionados con el mantenimiento de su estado físico y el aumento de su cobertura, sino también por aquellos destinados a la atención de problemas operativos como accidentalidad, congestión y cumplimiento de las normas de pesos y dimensiones. De esta manera, los aspectos operativos deberían tomarse en cuenta siempre en proyectos de carreteras nuevas, proyectos de modernización, programas anuales de obra y en la supervisión de operadores privados.
- b) Reconocer la pertinencia de las funciones de planeación del sistema nacional de carreteras que ha venido realizando la DGDC, elevando su jerarquía a una posición de “staff” dentro de la subsecretaría y reasignando las funciones de licitación y supervisión de contratos de explotación de carreteras a otras áreas.
- c) Como consecuencia de lo propuesto en el punto anterior, crear una nueva Dirección General, la “Dirección General de Concesiones”, abocada a la gestión de contratos de explotación de carreteras otorgados bajo diferentes modelos de participación privada. Específicamente, esta Dirección tendría a su cargo la formulación del proyecto de referencia, la licitación y adjudicación de los contratos y la supervisión del desempeño de los contratistas durante el periodo de vigencia de la concesión. Adicionalmente, esta Dirección continuaría con la supervisión de las autopistas rescatadas.
- d) Ensanchar las atribuciones de la Dirección General de Conservación de Carreteras incorporando la gestión de aspectos operativos. Para reflejar este cambio, se propone cambiar la denominación de la dependencia a “Dirección General de Operación y Conservación”. Asimismo, se propone insistir en la transferencia de carreteras federales alimentadoras a los gobiernos de los estados (proyecto iniciado en el pasado cercano), a fin de racionalizar la operación del conjunto de la red nacional de carreteras. Con esta medida y con la transferencia gradual de la operación y conservación de la red primaria a operadores privados, la Dirección tendería a reducir sustancialmente su tamaño en el futuro o incluso a desaparecer.

- e) Reasignar las funciones de supervisión técnica de la Dirección General de Servicios Técnicos a las áreas generadoras de proyectos, reubicando en ellas al personal técnico de la DGST y fortaleciendo su capacidad técnica mediante programas de formación y capacitación.
- f) Definir con detalle y rigor los perfiles de cada uno de los puestos de trabajo de la subsecretaría.
- g) Formular un proyecto de corto plazo para la integración de una base de datos de carreteras para la red federal común a todas las áreas de la subsecretaría, así como de un conjunto inicial de herramientas institucionales de análisis.

El diagrama de la Figura 4 ilustra la estructura organizacional que se derivaría de la implementación de las acciones propuestas. En esta figura, se ha cambiado la denominación de la subsecretaría a “Subsecretaría de Carreteras Federales”, a fin de establecer con claridad el alcance de las funciones de esta entidad. Asimismo, la actual Dirección General de Carreteras se ha renombrado como “Dirección General de Nuevos Proyectos” para reflejar en forma más precisa la función principal de esta dirección, consistente en la administración de proyectos para la construcción de nuevos tramos carreteros, incluyendo lo relativo al desarrollo de la red rural. También se considera que la dirección seguiría teniendo a su cargo la conservación de algunos tramos de esta red, si bien siempre con la consigna de transferir esta función a los gobiernos de los estados.

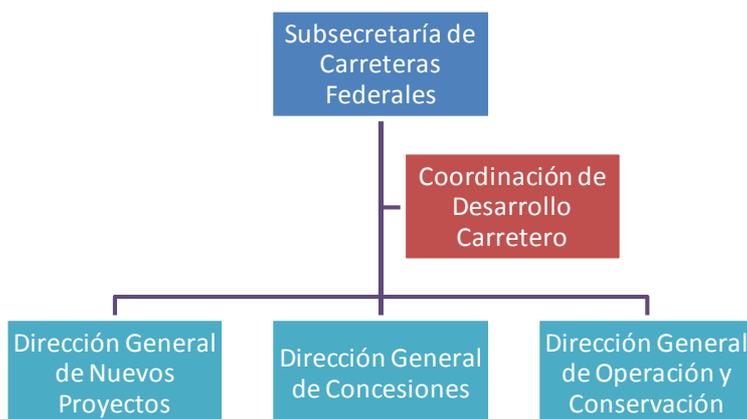


Figura 4 - Estructura básica propuesta para la actual Subsecretaría de Infraestructura.

Por otra parte no se ha incluido en la estructura de la Subsecretaría de Carreteras Federales al IMT porque, aunque una buena parte las actividades del instituto están orientadas al sector carretero, también se realizan proyectos muy relevantes relacionados con la infraestructura y la operación de otros modos de transporte, lo que sugiere que tal vez debería depender de la oficina del Secretario o de alguna otra instancia que sea más representativa del sector transporte en su conjunto.

#### 4. OTRAS LIMITACIONES

La falta de normas para equipos de auscultación de pavimentos y otros aspectos de la gestión de infraestructura, la experiencia insuficiente en la aplicación de algunas tecnologías vinculadas a esta disciplina y la ausencia de programas académicos para la formación de especialistas, constituyen limitaciones adicionales a para la aplicación de la gestión de activos en el país. En los incisos que siguen se presentan los elementos más relevantes de estas limitaciones.

#### 4.1. Aspectos normativos

El uso de equipos de alto rendimiento para la obtención de indicadores de la condición de pavimentos se ha convertido en una práctica común en el país al ganar aceptación como fuente de información para los siguientes procesos o herramientas: i) Sistemas de gestión de pavimentos; ii) Estudios para la rehabilitación o modernización de pavimentos; iii) Análisis de factibilidad para el otorgamiento de nuevas concesiones; iv) Supervisión de concesiones ya otorgadas.

Entre los parámetros que se miden con mayor frecuencia figuran los siguientes (se indica entre paréntesis el equipo más utilizado):

- Índice de Regularidad Internacional o IRI (perfilómetro láser).
- Profundidad de roderas (perfilómetro láser).
- Deflexiones del pavimento (deflectómetro de impacto).
- Coeficiente de fricción (Mu Meter).
- Deterioros superficiales (cámaras digitales).
- Espesores de las capas del pavimento (radar de penetración).

México posee una normativa de carreteras muy completa en la que, sin embargo, el tema de gestión se encuentra prácticamente ausente. Actualmente, la normatividad sólo contempla la medición de la regularidad con perfilógrafo de California y del coeficiente de fricción con el Mu Meter, ambos como parte de los procedimientos de recepción de obras de construcción o conservación.

Por lo anterior, en el mejor de los casos las entidades contratantes de servicios de medición recurren a normas extranjeras de uso general, particularmente las normas ASTM, lo cual en ocasiones provoca errores de interpretación por el detalle con el que se desglosan los equipos y procesos de medición en estas normas y por las variantes que se consideran.

De esta manera, la medición de datos del estado de pavimentos se vería altamente beneficiada con normas sobre este tema en las que se especificara:

- a) Equipos admisibles para la medición de cada parámetro de interés y características de cada uno de esos equipos.
- b) Procedimientos de verificación o validación a los que deben someterse los equipos antes, durante y después de la prestación de un servicio.
- c) Datos específicos por medir e intervalo de medición.
- d) Previsiones para la aceptación o rechazo de los datos medidos basadas en procedimientos de verificación de los mismos.
- e) Definición de indicadores agregados y umbrales para caracterizar el estado de los tramos en función de cada parámetro, incluyendo la longitud de los tramos.

Estrechamente vinculada al levantamiento de datos, otra tarea que se ha vuelto muy común es el almacenamiento de la información obtenida en archivos de hoja de cálculo y bases de datos. Puesto que ni la SCT ni los gobiernos de los estados han implementado hasta ahora inventarios viales con validez institucional, la referencia de la información de campo suele presentar inconsistencias que dificultan la integración de datos levantados por diferentes proveedores en una misma campaña de medición o la preparación de series históricas. Al mismo tiempo, las dependencias contratantes generalmente no proveen a las empresas con plantillas en las que se indiquen los campos requeridos y el tipo de datos por utilizar. Así, el proceso de información se convierte con frecuencia en

una tarea que requiere de grandes esfuerzos para eliminar las inconsistencias y dar a los datos el formato apropiado para utilizarlos como insumos de herramientas de análisis.

En la misma línea, también se ha convertido en una práctica común obtener simultáneamente con los datos de los pavimentos la representación geográfica de los tramos, usando equipo GPS. A este respecto, tampoco existen convenciones sobre el grado de precisión requerido, la proyección que debe utilizarse, el número de carriles por levantar o el formato del archivo de información geográfica resultante, lo cual generalmente redundaría en una utilidad limitada de esta información.

A la luz de los problemas descritos, cada vez se hace más necesario lo siguiente:

- a) Integrar inventarios viales para la red federal y las redes estatales con validez institucional, cuyo uso para referenciar información sobre el estado de las carreteras sea obligatorio.
- b) Elaborar normas de referencia para el almacenamiento de información sobre el estado de carreteras, en las que se especifiquen los campos mínimos que deben incluirse según la medición efectuada y el tipo de datos de cada campo.
- c) Elaborar normas de referencia para el levantamiento de tramos carreteros con equipos GPS destinado a la representación de las características y estado de los tramos, especificando aspectos como los carriles por levantar, el nivel de precisión requerido, la proyección por utilizar y el formato del archivo resultante.

Evidentemente, se requieren también normas vinculadas al levantamiento y registro de información para otras clases de activos, sin embargo, siendo la práctica relativa a la gestión de esas clases tan limitada en el país, la discusión sobre una normativa para regularla sería en este momento un tanto prematura.

#### 4.2. Limitaciones tecnológicas

La gestión de activos es una práctica multidisciplinaria y, por consiguiente, involucra el uso de tecnologías diversas. En nuestro medio, existen limitaciones relacionadas con el uso de tecnologías como las siguientes:

- a) Herramientas informáticas: bases de datos, sistemas de información geográfica (SIG), redes de computadoras, multimedios y programas de cómputo para el procesamiento de información técnica.
- b) Tecnología de carreteras: Modelos de deterioro y procedimientos de auscultación de clases de activos adicionales a los pavimentos.
- c) Herramientas de evaluación económica y jerarquización de acciones.
- d) Gestión de riesgos.

En lo que respecta a las herramientas informáticas, si bien en México la tecnología de cómputo tiene un nivel de desarrollo comparable a la de cualquier país del mundo, en el caso del sector carretero la asimilación real de esta tecnología aún se encuentra en una fase temprana. Debido a lo anterior, entre los responsables de tomar decisiones respecto a bases de datos o SIG para carreteras existe la tendencia a dejar completamente en manos de especialistas en esas áreas el desarrollo de los productos requeridos, sin involucrar en los proyectos al personal técnico que después fungirá como usuario. Esto provoca que, una vez terminados, los productos no modelen adecuadamente la información o los procesos de la organización o que no cumplan las expectativas generadas en términos de funcionalidad.

Por otro lado, como ya se ha mencionado, existen hoy en día programas de cómputo para gestión de carreteras que implementan una serie de vistas gráficas, geográficas y de multimedia que resultan muy atractivas para los responsables de la gestión de carreteras, y los llevan a optar por la adquisición de estos programas sin valorar suficientemente el grado en que apoyarán los procesos institucionales ni los costos adicionales que se generan por la recopilación de los datos requeridos por el programa, entre otros conceptos.

De lo antes expuesto, se desprende la necesidad de incluir en los programas de capacitación del personal vinculado al desarrollo o adquisición de herramientas informáticas aspectos de bases de datos, sistemas de información geográfica y herramientas de análisis de los sistemas de gestión, no sólo para apoyar los procesos de adquisición o desarrollo de las herramientas, sino también para facilitar su operación.

En relación a la tecnología de carreteras para sistemas de gestión, nuestro medio acusa limitaciones en algunos aspectos importantes como:

- a) Deterioros de pavimentos. En México son bien conocidos los diferentes tipos de deterioro superficial que sufren los pavimentos, sin embargo, aún no se ha definido formalmente un catálogo de deterioros que pueda utilizarse con fines de gestión. El incremento en el uso del modelo HDM-4 en el país ha provocado que muchos de los levantamientos de deterioros que se realizan se ajusten a los requerimientos de ese modelo, con lo cual se deja de lado el levantamiento de otros tipos de deterioro cuya medición es fundamental para identificar las acciones de conservación que se requieren en cada caso.
- b) Modelos de deterioro. La experiencia local respecto al desarrollo de modelos de deterioro de pavimentos es prácticamente nula. Aunque desde hace años se ha insistido en diferentes foros respecto a la conveniencia de seleccionar tramos de prueba y observar en ellos la evolución de diferentes indicadores del estado del pavimento en el tiempo, esta iniciativa no ha podido concretarse. Aun la pertinencia de modelos como los de HDM-4 no ha sido validada formalmente, y los ejercicios de calibración de modelos como éstos han sido muy limitados. En lo que respecta a la estimación del deterioro de otras clases de activos, el tema sólo ha sido abordado en foros académicos.
- c) Procedimientos para la auscultación para otras clases de activos. A este respecto, en el caso de los puentes se han desarrollado procedimientos formales que incluso han sido implementados en sistemas de gestión como SIPUMEX. Aunque existen desarrollos similares para drenaje o señalamiento, los resultados de las inspecciones correspondientes sólo se han utilizado con fines de calificación de los tramos carreteros. Para el resto de los activos, la falta de procedimientos de auscultación constituye una limitación adicional de los sistemas de gestión en el país.

Por lo que toca al uso de herramientas de evaluación económica y jerarquización de acciones, el uso de los procedimientos de análisis del ciclo de vida y análisis beneficio/costo es una práctica común, aunque su aplicación se observa con mucha más frecuencia en el análisis de la factibilidad de proyectos que en la integración de programas de mediano plazo o en la definición de estrategias con un horizonte temporal más amplio. Aunado a lo anterior, el nivel de agregación de los datos disponibles para cierto tipo de aplicaciones no siempre es el más adecuado.

Un rezago importante en lo referente a la evaluación económica y la jerarquización de acciones es la carencia de métodos para la asignación óptima de recursos entre diferentes clases de activos o entre caminos pertenecientes a diferentes redes viales.

Finalmente, con respecto al análisis de riesgos, aunque este procedimiento ha comenzado a emplearse en el desarrollo de proyectos de referencia para la licitación de concesiones carreteras, aún es una fase que normalmente se omite en los sistemas de gestión en operación, lo cual en ocasiones provoca el incumplimiento de los programas formulados ante escenarios como recortes a los recursos asignados, incrementos de precios o complicaciones administrativas o legales.

#### 4.3. Falta de programas educativos

En México, la gestión de activos carreteros se encuentra prácticamente ausente de los programas de grado y posgrado de la carrera de ingeniería civil. Ciertamente, esta situación se explica porque la demanda es precaria y ello, a su vez, es consecuencia de la falta de una cultura de gestión de activos, convirtiendo esta problemática en un círculo vicioso.

De hecho, los programas de ingeniería civil de las principales universidades ofrecen una cobertura limitada en lo que a asignaturas de ingeniería de carreteras se refiere, con lo cual los interesados en el área deben optar por cursar una de las pocas maestrías que se ofrecen en el país, en las cuales, comprensiblemente, se abordan sólo tópicos tradicionales de la ingeniería de carreteras, como se ilustra en la Figura 5.

Maestría en Ingeniería de Vías Terrestres	
MATERIAS BÁSICAS OBLIGATORIAS	MATERIAS OBLIGATORIAS
INGENIERÍA DE TRANSPORTE	PLANEACIÓN Y EVALUACIÓN DE PROYECTOS
CONTROL ESTADÍSTICO DE CALIDAD	GEOTÉCNIA I
MATEMÁTICAS APLICADAS	DISEÑO GEOMÉTRICO DE VÍAS TERRESTRES
INGENIERÍA DE TRÁNSITO	DISEÑO DE PAVIMENTOS
HIDROLOGÍA SUPERFICIAL Y DE DRENAJE	GEOTECNIA II
	PLANEACIÓN Y DISEÑO DE AEROPUERTOS
	SEMINARIO DE METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
	OPTATIVAS
	ANÁLISIS DE SISTEMAS
	ANÁLISIS Y DISEÑO DE PUENTES
	INGENIERÍA DE TÚNELES
	TÉCNICAS DE EVALUACIÓN Y CONSERVACIÓN DE OBRAS
	PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS
	INSPECCIÓN Y EVALUACIÓN DE PUENTES

Figura 5 - Programa de maestría en Ingeniería de Carreteras.

El programa de la Figura 5 incluye sólo tres materias relacionadas directamente con Gestión de Activos: “Planeación y Evaluación de Proyectos”, “Técnicas de Evaluación y Conservación de Obras” e “Inspección y Evaluación de Puentes”. De ellas sólo la primera es obligatoria.

En contraste, en los últimos años se ha incrementado la demanda de cursos sobre las herramientas informáticas de la gestión de pavimentos, en línea con el interés también creciente de las organizaciones de carreteras en esas herramientas. El reto consiste, entonces, en lograr que esta demanda se amplíe a cursos sobre gestión de activos y a

programas de especialización y posgrado en los que se aborden con detalle los tópicos de esta práctica multidisciplinaria.

## **5. PAPEL DEL INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

Tomando en cuenta las funciones que tiene encomendadas, el Instituto Mexicano del Transporte podría jugar un papel importante para afrontar los retos que la implementación de sistemas de gestión de activos enfrenta actualmente en México. Entre las actividades que el IMT podría desarrollar en el futuro cercano relacionadas con este tema pueden mencionarse las siguientes:

- a) Organizar el evento de difusión sobre principios básicos de gestión de activos para directivos y el seminario sobre experiencias internacionales en la materia que se proponen en el inciso 2.4. Este último, podría organizarse como un seminario AIPCR en el curso de 2012.
- b) Impulsar la formación del comité nacional de gestión de activos homólogo al comité técnico de la AIPCR y compartir en él las experiencias acumuladas con los diferentes proyectos que ha desarrollado sobre el tema, así como participar en el diseño de soluciones para los problemas que la implementación de sistemas de gestión activos enfrenta hoy en el país.
- c) Proponer y participar en proyectos específicos en los que se aborden los retos que enfrenta la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para la aplicación de este marco conceptual y para la integración de sistemas de información y herramientas de análisis institucionales.
- d) Formar grupos de trabajo dedicados a la elaboración de normas para el uso de equipos de auscultación de pavimentos y para la integración de bases de datos de carreteras.
- e) Proponer y participar en proyectos orientados a contribuir a superar las limitaciones que hoy existen respecto al uso de varias de las tecnologías involucradas en la gestión de activos.
- f) Incluir permanentemente en su oferta de capacitación cursos en los que se aborden tópicos de esta área de especialidad.
- g) Impulsar la oferta de programas de educación continua y posgrados en gestión de activos por parte de las universidades, y colaborar con ellas en el diseño de esos programas.

El grupo de trabajo de gestión de infraestructura del IMT es un grupo muy pequeño, por lo cual su participación en algunos casos sólo podrá ocurrir en calidad de promotor mientras se logra conformar grupos de trabajo más amplios.

## **6. CONCLUSIONES**

De lo expuesto en las secciones anteriores pueden obtenerse las siguientes conclusiones:

- a) Para superar las confusiones que hoy existen respecto al concepto de sistema de gestión y crear conciencia sobre la importancia de los aspectos organizacionales de la gestión de activos, es necesario realizar campañas de difusión e impulsar programas académicos que, en conjunto, contribuyan a la formación de una cultura de gestión de activos entre los ingenieros mexicanos de carreteras.
- b) El área de carreteras de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes tiene una estructura en la que conviven entidades cuyos orígenes se remontan la época de

mayor expansión de la red con otras que fueron creadas para afrontar los retos actuales que enfrenta el desarrollo de la red federal de carreteras. Esta forma de organización redundante en obstáculos para la aplicación formal de la gestión de activos que quizá sólo puedan eliminarse mediante una reingeniería del área de carreteras de la secretaría.

- c) Otros retos relacionados con la gestión de activos incluyen lo siguiente: formular normas para el uso de equipos de alto rendimiento y la integración de bases de datos de carreteras; involucrar al personal técnico en el desarrollo de herramientas informáticas para modelar adecuadamente las reglas de negocio de la organización; superar rezagos relacionados con la caracterización y modelación del deterioro de pavimentos y del resto de los activos carreteros; desarrollar o adaptar métodos formales para la asignación de recursos entre clases de activos o caminos pertenecientes a distintas redes viales; incorporar el análisis de riesgos como una etapa formal de la gestión de infraestructura.
- d) Por su vocación, el Instituto Mexicano del Transporte podría colaborar en varias de las acciones que se requieren para impulsar el desarrollo de la gestión de activos en México.

## REFERENCIAS

1. Martínez, J. J.; Moreno, M. A.; Morales, M. C.; Herrera, A.; Balbuena, J. A.; Pérez, J. A.; Bustos, A.; Zamora, A. R. (2009). Manual Estadístico del Sector Transporte 2009. San Fandila, Qro., México.
2. SCT (2009). El sector carretero en México. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Desarrollo Carretero. México, D.F., México.
3. SCT (2009). Asociaciones Público-Privadas para el Desarrollo Carretero de México. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Dirección General de Desarrollo Carretero. México, D.F., México.
4. PIARC Technical Committee on Road Management (C6) (2005). Asset Management for Roads – An Overview. World Road Association (PIARC). Paris, France.
5. SCT (2010). Organigrama SCT. Internet: <http://www.sct.gob.mx/informacion-general/organigrama-sct/>. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Última visita: 01/04/2010.
6. SCT (2011). Portal SCT: Carreteras. <http://www.sct.gob.mx/carreteras/>. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Última visita: 24/02/2011.
7. Aguerrebere, R.; Ramírez, R.; Durán, F (1992), Manual Estadístico del Sector Transporte 1990. San Fandila, Qro., México.
8. SCT (1994). Sector Comunicaciones y Transportes: Memoria 1988-1984. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. México, D.F., México.