

El mantenimiento de pavimentos en vialidades urbanas: El caso de la Zona Metropolitana de Querétaro (México)

Betanzo Quezada, E.¹ y Zavala Pelayo, R.²

Fecha de recepción: 26 de octubre de 2007

Fecha de aceptación: 4 de agosto de 2008

RESUMEN

Las vialidades son un componente importante de la infraestructura urbana que es por lo general descuidada en México. Se analizan algunos factores técnicos, organizacionales y normativos ligados al mantenimiento de pavimentos en la Zona Metropolitana de Querétaro (México) con el objetivo de encontrar factores de vulnerabilidad. Como parte de los resultados, se encontraron inconsistencias en las clasificaciones de vehículos y vialidades en los ámbitos federal, estatal y municipal, proponiéndose nuevas categorías en función de criterios técnicos. También se identifican las prácticas de mantenimiento vial en dependencias municipales. Se concluye que una adecuada visión de los aspectos normativos puede servir para orientar un uso más racional de las infraestructuras y servir como elemento preventivo en el tema de daño a pavimentos. También se concluye que dada la variedad de aspectos involucrados en el mantenimiento de las vialidades urbanas de la zona de estudio, se requiere de un mayor esfuerzo de sistematización institucional.

Palabras Clave: Pavimentos, transporte de carga, Zona Metropolitana de Querétaro.

Maintenance of urban pavements: The case of the Queretaro Metropolitan Area (México)

ABSTRACT

Urban roads are an important component of the urban infrastructure, which is commonly neglected in Mexico. This paper analyses some technical, organizational and regulatory issues related to the maintenance of pavements in the Queretaro Metropolitan Area. Some results deal with the lack of regulatory harmonization of freight vehicles and urban roads, in both national and local context. Regarding this, a new classification was proposed. The pavement maintenance practices were also studied. It is concluded that a better regulatory perspective can lead to a rational use of infrastructure in order to reduce pavement damage. Complexity of pavement maintenance showed that municipal authorities need a wider systematic approach to this problem too.

Keywords: Pavements, urban freight, Queretaro Metropolitan Area.

¹ Dr. Eduardo Betanzo Quezada. Profesor-Investigador, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, México. betanzoe@uaq.mx

² M.C. Rafael Zavala Pelayo. Maestro en Ciencias, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

INTRODUCCIÓN

La complejidad de las labores de planeación, ejecución y control del mantenimiento vial hace necesaria su sistematización desde el punto de vista técnico y organizacional. En México, las experiencias en la materia se remontan al mantenimiento de pavimentos en carreteras: el Instituto Mexicano del Transporte desarrolló el Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (Rico, et al. 1990a, Rico et al. 1990b); posteriormente se incorporaron mejoras a través del Sistema de Evaluación de Pavimentos Versión 1 (Rico et al., 2002), y más tarde se crea el Sistema de Evaluación de Pavimentos Versión 2 (Orozco, et al., 2004) que corrige restricciones o fallas de las primeras versiones. Este sistema es una herramienta práctica para evaluar los pavimentos flexibles de la red carretera federal en México.

En cuanto al cuidado de los pavimentos en entornos urbanos, se tienen como antecedentes los trabajos preparados por la SEDESOL (1992a, 1992b) en donde se tratan, entre otras cosas, el diseño de pavimentos, su construcción, conservación, evaluación y renovación. En ellos se propone un procedimiento para determinar la situación actual del pavimento y la construcción de obras complementarias. Los métodos propuestos permiten determinar las acciones de restitución de la estructura actual y la construcción de una nueva que atendería a las solicitaciones de carga según su frecuencia. Se emiten recomendaciones encaminadas a la implementación de un sistema de administración de pavimentos urbanos.

En la Zona Metropolitana de Querétaro se han realizado algunos estudios de transporte (IMT, 1991; Cal y Mayor, 1993; CQRN, 2001a; CQRN, 2001b), sin embargo, estos se han enfocado principalmente al transporte público de pasajeros, posponiendo la atención que merecen otros aspectos, tales como el transporte de carga y el estado de los pavimentos urbanos. Para incorporar dichos aspectos al análisis del problema, durante el período 2003-2007 se desarrollaron dos investigaciones enfocadas exclusivamente al transporte de carga en la Zona Metropolitana de Querétaro (ZMQ). La primera (Betanzo, 2006), comprende cuatro fases: 1) Análisis de flujos de camiones de carga de carácter externo o de largo itinerario, interno-externo, y endógeno o local dentro de la zona; 2) Caracterización de la infraestructura vial para la circulación de camiones de carga; 3) Análisis de generadores de movimientos de carga; y 4) Revisión de aspectos jurídicos e institucionales en torno al transporte de carga. El presente artículo se deriva de una parte de la Fase 2

de ese proyecto. La segunda de esas dos investigaciones propone un modelo de desarrollo sustentable del transporte de carga en la misma zona (Betanzo, 2007).

Al igual que cualquier otra obra de ingeniería, los pavimentos urbanos se diseñan para tener una vida útil y proporcionar un determinado nivel de servicio durante el período proyectado. Con el paso del tiempo, los pavimentos sufren deterioros o fallas provocadas por el tráfico o por el medio ambiente, que hacen necesaria su conservación, mantenimiento, rehabilitación o reconstrucción (Kraemer, 2003). El mantenimiento garantiza las condiciones de uso de la infraestructura y extiende su vida útil, con lo que se asegura la eficiente utilización de las inversiones realizadas en infraestructura urbana (Solminihac, 2001). La Figura 1 muestra el periodo de vida de un pavimento con respecto a la capacidad de servicio que ofrece. Se observa que las acciones periódicas de conservación y mantenimiento prolongan su vida útil y mantienen la vía en condiciones de operación aceptable.

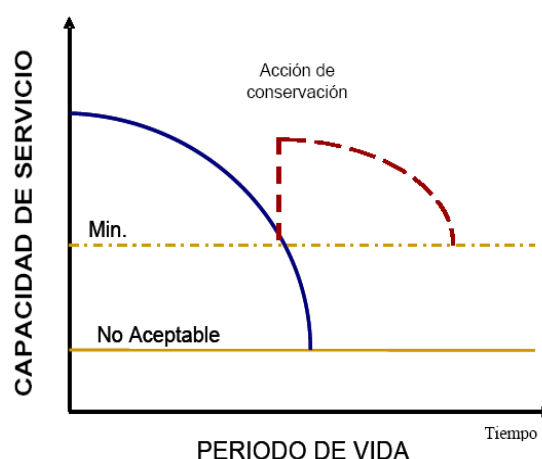


Figura 1. Pérdida de la capacidad de servicio de los pavimentos (Solminihac, 2001)

Diferir el mantenimiento de los pavimentos tiene como consecuencia la pérdida de la capacidad de servicio y el incremento en el costo de la rehabilitación (Schliesser y Bull, 1992). En el caso de pavimentos urbanos, el manual técnico sobre conservación de obras viales elaborado para la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL, 1992a), muestra que por cada unidad monetaria que se omite para evitar la caída en la calidad de los pavimentos que se encuentran en estado regular, se tendrán que invertir 4 ó 5 unidades monetarias cuando el pavimento ya descendió a un nivel muy malo o de destrucción y se intente rehabilitarlo a su condición original (Figura 2).

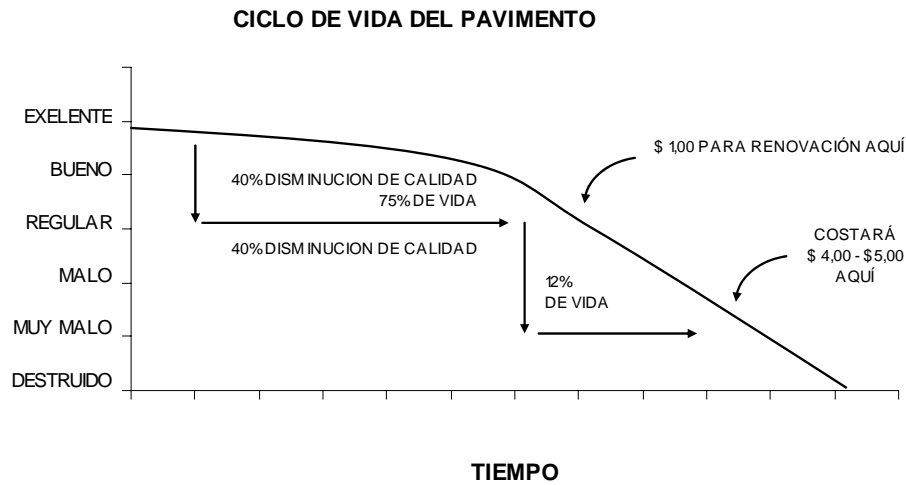


Figura 2. Costos por diferir el mantenimiento (SEDESOL, 1992a)

La caída en la calidad de los pavimentos también repercute en los costos para los usuarios de la infraestructura. La Tabla 1 expresa el costo de operación vehicular en \$/Km por cada condición de superficie para varios tipos de vehículos. Esos

valores muestran que cuando las dependencias públicas responsables diferir el mantenimiento vial, se elevan los costos de operación para los usuarios de la red vial.

Tabla 1. Costos unitarios de operación vehicular por condición de servicio (en \$/Km)

Condición del pavimento	Auto	Colectivo	Camión de carga	Autobús
Muy bueno	352	314	1, 133	3, 965
Bueno	378	349	1, 130	4, 133
Regular	415	398	1, 533	4, 330
Malo	468	469	1, 745	4, 546
Muy malo	687	804	2,373	5,164

Fuente: SEDESOL, 1992a, tomada de estudios del Banco Mundial.

Por último, es necesario recordar que la relación del peso de los ejes de los vehículos pesados con el peso de los ligeros, es del orden de 20, siendo el efecto sobre el pavimento aproximadamente proporcional a la cuarta potencia de esta relación (Romero, 2000). El paso de un camión de carga por una vialidad urbana es por lo tanto equivalente al de miles de vehículos ligeros.

Los camiones de carga circulan principalmente en autopistas, carreteras federales o estatales, pero la naturaleza de las cadenas de transporte hace que sus trayectos se tracen también sobre vialidades urbanas. Por ello, los aspectos técnicos señalados anteriormente son determinantes para un adecuado mantenimiento de los pavimentos urbanos.

El mantenimiento vial implica a su vez la actuación de autoridades federales, estatales y municipales en distintos niveles de la red. Lo anterior revela que la gestión se convierte en un problema multifactorial y dinámico cuando se toman en consideración en forma simultánea las características de los vehículos, el comportamiento de los flujos vehiculares, los tipos de pavimentos existentes, así como el deterioro que sufren las vialidades bajo la acción de los factores ambientales locales. Por otro lado, el crecimiento de las redes viales se asocia al crecimiento de la mancha urbana de las ciudades mexicanas, lo cual conduce a la necesidad de mayores recursos públicos para su construcción y mantenimiento. En muchas ocasiones, las administraciones municipales se ven rebasadas y caen en la práctica de bacheo sólo para mantener las condiciones de transitabilidad de sus calles (Figura 3).



Figura 3. Bacheo, como intervención mínima en mantenimiento vial

Bajo esos antecedentes, el objetivo de este artículo consiste en presentar un caso de estudio en la Zona Metropolitana de Querétaro donde se revela la influencia de aspectos normativos, técnicos y organizacionales. Se parte de la premisa que los aspectos normativos del transporte inciden en la prevención de daños a las infraestructuras, y que las labores de mantenimiento vial requieren actualmente de un gran esfuerzo de organización a nivel municipal.

METODOLOGÍA

El caso de estudio objeto de este artículo muestra algunos aspectos normativos asociados al problema de la gestión del mantenimiento de los pavimentos en los municipios que componen la Zona Metropolitana de Querétaro (Santiago de Querétaro, Corregidora y El Marqués).

La metodología de trabajo se estableció en tres pasos (Zavala, 2007):

Paso 1. Revisión de la normatividad aplicable a la clasificación de los vehículos pesados.

Paso 2. Revisión de la clasificación de las vialidades.

Paso 3. Revisión de las prácticas de mantenimiento que se realizan en los municipios de la ZMQ.

Para reunir la información básica se consultaron bases de datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI), y se realizaron visitas técnicas a las dependencias responsables del mantenimiento vial. Se hicieron peticiones oficiales a las dependencias anexando una ficha técnica para

sistematizar la información solicitada. Los puntos que se consideraron en la investigación fueron:

- Políticas institucionales y los recursos asignados al desarrollo, mantenimiento y conservación de vialidades.
- Inventarios de pavimentos.
- Aspectos técnicos relacionados con el mantenimiento vial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Normatividad aplicable a la clasificación de los vehículos de carga

El Reglamento de Tránsito del Estado de Querétaro establece en el Artículo 7 la clasificación de las unidades de transporte por peso bruto vehicular para los siguientes tipos de vehículos:

Ligeros: Aquellos cuyo peso bruto vehicular sea hasta 3.5 toneladas, entre otros: 1. Bicicletas. 2. Bicimotos, trimotos y tetramotos. 3. Motocicletas y motonetas. 4. Automóviles. 5. Camionetas. 6. Remolques y semirremolques. 7. Vehículos de tracción animal.

Pesados: Aquellos cuyo peso bruto vehicular sea de más de 3.5 toneladas, entre otros: 1. Autobuses. 2. Camiones de 2 ó más ejes. 3. Tractocamiones. 4. Remolques y semirremolques. 5. Vehículos agrícolas. 6. Equipo especial móvil. 7. Camionetas. 8. Vehículos con grúa.

Si se toma en cuenta que los vehículos que prestan servicios a nivel federal, también pueden circular sobre vialidades urbanas, se observa una importante diferencia a nivel normativo en cuanto a la clasificación de vehículos pesados. En efecto, mientras que la clasificación oficial estatal está basada en el peso bruto vehicular, el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal adopta como valor de referencia el peso máximo por eje (SCT, 2008).

Aunque una clasificación local se oriente predominantemente a vehículos que circulan por vías urbanas, por los efectos descritos en la sección precedente es conveniente considerar la influencia tanto de vehículos pesados de largo itinerario (Figura 4) así como de los que transitan de forma rutinaria en el área urbana (Figura 5).



Figura 4. Transporte intermodal de largo itinerario circulando en zona urbana



Figura 5. Vehículos privados de reparto urbano, sobre adoquín.

Para aportar elementos que promuevan la homologación de las normas a nivel federal, estatal y municipal, se sugiere la siguiente clasificación en función de cuatro tipos de vehículos genéricos.

Vehículos de carga pesados con peso máximo autorizado por eje de 6.5 hasta 15.5 ton. Esta clasificación incluye a los vehículos articulados del tipo TS (tractocamión articulado) y TSR y TSS (tractocamión doblemente articulado).

Vehículos de carga medianos con peso máximo autorizado por eje entre 3.5 ton y 6.5 ton. Esta clasificación incluye a los vehículos de tipo C de dos y tres ejes.

Vehículos de carga utilitarios con capacidad de carga entre 1.5 a 6.0 ton.

Vehículos de carga ligeros a gasolina o eléctricos, con capacidad de carga menor a 1.5 ton

2. Normatividad aplicable a la clasificación de las vialidades de la ZMQ.

De acuerdo al Código Urbano para el Estado de Querétaro (Gobierno del Estado de Querétaro, 1992), las vialidades urbanas del Municipio de Querétaro se clasifican en: Primarias, Secundarias o colectores, Calles locales, y Andadores. Dicha clasificación es importante para plantear soluciones a problemas de transporte urbano de carga, dado que existen tráficos de largo itinerario que requieren de una infraestructura homologada en cuanto a especificaciones de capacidad de carga y diseño geométrico.

Sin embargo, la clasificación señalada no refleja los aspectos estructurales de las vialidades urbanas. Una categorización técnica más apropiada podría discriminar las vialidades de acuerdo a sus límites de capacidad de carga y con ello, inducir una mayor racionalidad en el uso de las infraestructuras. En una estrategia de conformación de corredores de carga, es fundamental una clasificación que tome en cuenta la capacidad estructural de los pavimentos. Por ello, con base en la clasificación vehicular presentada anteriormente, se sugieren los siguientes rangos de operación por tipo de vialidad (Tabla 2):

Tabla 2. Rangos de operación de vehículos de carga dentro de la red vial de la ZMQ

Tipo	Clasificación funcional de vehículos de carga	Rangos de operación
I	Pesado	6.5 a 15.5 ton por eje
II	Mediano	3.5 a 6.5 ton por eje
III	Ligeros y Utilitarios	< 6 ton de capacidad de carga

Nota: Elaboración propia

Con base en esos rangos, se propone una red en la que quedan claramente definidas y articuladas las distintas vialidades:

Vialidades urbanas Tipo "A". Son aquellas que tienen un alcance regional, con tramos inmersos

en la ZMQ y que por sus características geométricas y estructurales permiten la operación de todos los vehículos autorizados por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes con las máximas dimensiones y peso (SCT, 2008). En estas vialidades se

permitiría la circulación de camiones tipo I, II y III.

Vialidades urbanas Tipo “B”. Son aquellas que conforman la red primaria, con características geométricas y estructurales que permiten la comunicación entre las diversas zonas de la ZMQ. En estas vialidades se permitiría la circulación de camiones tipo I, II y III.

Vialidades urbanas Tipo “C”. Son vialidades que conforman la red secundaria, con límites en sus características geométricas para prestar servicios dentro del ámbito urbano, estableciendo conexiones con la red primaria, y con restricciones vehiculares. En estas vialidades se permitiría la circulación de camiones tipo II y III.

Vialidades urbanas Tipo “D”. Son aquellas que conforman la red terciaria y que atendiendo a

sus características geométricas y estructurales prestan servicio principalmente dentro del ámbito local con longitudes cortas, estableciendo conexiones con vialidades secundarias y con restricciones para vehículos en función de la capacidad de las vías. En estas vialidades se permitiría la circulación de camiones tipo III.

La clasificación propuesta supone que un mejor conocimiento de las especificaciones de diseño operativo y estructural de las vialidades urbanas permitiría ordenar los tráfico y reducir la vulnerabilidad de las vialidades de menor nivel jerárquico.

3. Prácticas de mantenimiento de pavimentos

Las dependencias encargadas del mantenimiento de las vialidades dentro de la ZMQ aparecen en la Tabla 3:

Tabla 3. Dependencias sobre las que recae el mantenimiento de los pavimentos

NIVEL	MUNICIPIO	DEPENDENCIA
Federal	-	Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), Caminos y Puentes Federales (CAPUFE).
Estatad	-	Comisión Estatal de Caminos del Estado de Querétaro.
Municipal	Corregidora El Marqués Santiago de Querétaro	Secretaría de Obras Públicas. Secretaría de Desarrollo Sustentable / Dirección de Obras Municipales Secretaría de Obras Públicas

Cabe aclarar que aún cuando se hizo oficial la petición de información a las diversas dependencias, los responsables consultados no la proporcionaron en la forma deseada y se limitaron a atender las entrevistas. Por otra parte, el INEGI no dispone de datos desglosados en cuanto a presupuestos ejercidos en mantenimiento vial, ya que sólo maneja una partida genérica bajo el concepto de obra pública municipal.

a) Municipio de Santiago de Querétaro:

El Plan Municipal de Desarrollo analizado en la investigación establecía como compromisos la actualización del programa sectorial de vialidades, la modernización de las vialidades primarias y la construcción de nuevos ejes viales de acuerdo al plan de desarrollo urbano. También ofrecía implementar un programa permanente de mantenimiento y bacheo.

La dependencia no cuenta con un sistema de administración de pavimentos. Se mencionó que cuenta con planos de la ZMQ con una clasificación de pavimentos de acuerdo a su importancia, así como con un inventario del estado de las vialidades principales. Sin embargo, para los propósitos de esta investigación, no se contó con esos documentos, y tampoco se proporcionó información sobre las actividades de mantenimiento programadas para el municipio, tales como presupuesto destinado o la justificación técnica de las obras.

Se mencionó que muchas vialidades principales como es el caso de algunos tramos de la Av. Universidad o de la Av. Zaragoza están constituidas de carpetas asfálticas colocadas sobre vialidades empedradas. Ejemplos de este tipo de obras en la ciudad de Querétaro se presentan en las Figuras 6 y 7.



Figura 6. Trabajos de colocación de carpeta asfáltica sobre vialidad empedrada



Figura 7. Carpeta asfáltica sobre vialidad empedrada

En cuanto a pruebas de inspección para determinar el estado de los pavimentos, la Secretaría de Obras Públicas del municipio se apoya en el Instituto Mexicano del Transporte a través de asesoramiento y equipo de pruebas. En lo que se refiere a bases de datos históricas relacionadas con el mantenimiento vial, esta se limita a la información con que cuenta el gobierno en turno, por lo tanto es muy escasa y reciente y de difícil acceso.

b) Municipio de El Marqués:

Este municipio no cuenta con una política clara sobre el mantenimiento de vialidades. Se realiza un mantenimiento periódico, de acuerdo al criterio de los especialistas que ahí laboran. Los recursos que se asignan a los planes de mantenimiento se basan en lo gastado en el año anterior.

No cuenta con un sistema de administración de pavimentos. Cuenta con escasa información sobre el inventario y estado de los pavimentos. No existen bases de datos históricas, se presenta la misma problemática de sólo contar con historiales que el gobierno en turno elabora, sin contar con datos más allá de su período de gobierno. La dependencia trabaja con formatos informales para el registro de datos relacionados con el estado de los pavimentos y la programación de las obras. Se informó que cuentan con una clasificación de las vialidades de acuerdo al tipo de pavimento más común en la región, pero dicha información no estuvo disponible para propósitos de la investigación.

En lo que concierne a pruebas de inspección del estado de los pavimentos se apoyan directamente en la Comisión Estatal de Caminos de Querétaro. Dentro de este municipio se ubican dos importantes carreteras federales: la autopista México-Querétaro y el libramiento Noreste a San Luis Potosí que son atendidas al nivel federal.

c) Municipio de Corregidora:

En este municipio, todo lo concerniente al mantenimiento de vialidades principales se encuentra a cargo de la Comisión Estatal de Caminos. La Secretaría de Obras Públicas sólo se hace cargo de mantenimientos menores como es el caso de banquetas, guarniciones, y algunos bacheos en el centro de la cabecera municipal.

No se cuenta con un sistema de administración de pavimentos. El municipio no cuenta con bases de datos relacionados con el mantenimiento vial y es escasa la información sobre el inventario y estado de los pavimentos. La dependencia trabaja con formatos informales. Se informó que cuentan con una clasificación de las vialidades de acuerdo al tipo de pavimento más común en la región, pero dicha información tampoco estuvo disponible para propósitos de la investigación.

En cuanto a los aspectos técnicos de mantenimiento, rehabilitación y pruebas de inspección, la Secretaría de Obras Públicas de este municipio se apoya en la Comisión Estatal de Caminos del Estado de Querétaro. Sin embargo, de acuerdo al organigrama que presenta esta secretaría, se observó cierta redundancia de funciones, ya que cuenta con una coordinación de mantenimiento vial, así como personal y maquinaria para realizar actividades de conservación y mantenimiento. Para realizar mediciones del estado de los pavimentos, se apoyan con el equipo del Instituto Mexicano del Transporte. Dentro del municipio se encuentran dos importantes carreteras federales: la autopista México-Querétaro y el libramiento Norte-Oeste, que caen en el ámbito federal.

d) Comisión Estatal de Caminos:

La Comisión Estatal de Caminos es el Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado, encargado de la infraestructura vial en el estado de Querétaro. Tiene a su cargo las obras incluidas en los

Programas de Carreteras Estatales, Alimentadoras, Urbanas y Libramientos, Caminos Rurales y Aeropistas de Jurisdicción Estatal, comprendiendo la construcción, reconstrucción, modernización, conservación y mantenimiento de los mismos. Por su naturaleza, esta comisión cuenta con más recursos técnicos para realizar los trabajos de mantenimiento vial, pues dispone de un Laboratorio de Mecánica de Suelos que supervisa el control de calidad de las obras en proceso y algunos otros estudios.

Dentro de sus políticas relacionadas con el mantenimiento vial, la dependencia cuenta con un programa que contempla trabajos de: riegos de sello, renivelaciones de 3 cm, renivelaciones de 5 cm, y reconstrucción total del pavimento.

Se cuenta con el antecedente de implementación de un sistema de administración de pavimentos, basado en el Sistema Mexicano para la Administración de Pavimentos (SIMAP). Sin embargo, se reporta que fue muy difícil de implementar debido a la falta de información relativa a la estructura de los pavimentos. La Comisión cuenta con un inventario de las vialidades principales en donde se definen las zonas de ámbito federal, estatal y municipal de la Zona Metropolitana de Querétaro.

CONCLUSIONES

Se presentan cuatro aspectos importantes en el mantenimiento de la infraestructura vial, como son: la pérdida de la capacidad de servicio de los pavimentos, los efectos económicos de diferir el mantenimiento, los costos de operación derivados del estado de los pavimentos, y la acción de los vehículos pesados. Esos factores inciden de forma determinante en el ámbito de los pavimentos urbanos y requieren de consideraciones particulares a ser tomadas en cuenta por las áreas técnicas de las administraciones locales responsables.

La revisión de los aspectos normativos que vinculan la operación del vehículo con la infraestructura vial en la Zona Metropolitana de Querétaro evidencia

inconsistencias en los niveles federal, estatal y municipal. En razón de ello, se concluye que una adecuada visión de los aspectos normativos puede servir para orientar un uso más racional de las infraestructuras y servir como elemento preventivo en el tema del daño a pavimentos. Se proponen nuevos criterios para la clasificación vehicular y vial en el ámbito municipal que toman en cuenta esta interacción.

En cuanto a las prácticas observadas en la Zona Metropolitana de Querétaro, se encontró una falta de colaboración entre las áreas técnicas de los municipios involucrados, junto con factores organizacionales e institucionales que revelan prácticas poco sistemáticas de mantenimiento vial. La falta de información disponible o no proporcionada no permitió hacer un análisis numérico del inventario del estado de las vialidades, la revisión de los programas de mantenimiento, presupuesto ni de las justificaciones técnicas de las obras.

Bajo lo anteriormente expuesto, en el corto plazo se considera difícil la implementación de un Sistema de Administración de Pavimentos común para los municipios de la zona metropolitana. Si bien en la actualidad son accesibles los elementos tecnológicos para crear y explotar tal sistema, el desafío consiste en salvar las siguientes condiciones institucionales: a) que exista interés por parte de las administraciones municipales en integrar ese sistema e intercambiar información, b) dar continuidad presupuestal a la asignación de recursos para el adecuado mantenimiento de acuerdo a los períodos que determine el sistema, y c) contar con áreas técnicas para dedicar los recursos humanos necesarios a las tareas de planeación, generación y actualización de bases de datos.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo fue financiado por el CONACYT, según convenio de investigación QRO-2003-C01-10276, y ampliado en su segunda etapa bajo el convenio QRO-2005-C01-15607.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Betanzo, E. (2007). Propuesta de un modelo de desarrollo del transporte de carga en Querétaro, Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Querétaro, Proyecto CONACYT QRO-2005-C01-15607, México, 170 pag.
- Betanzo, E. (2006). Planeación Integral del Transporte en la Zona Metropolitana de Querétaro: Caracterización del Transporte de Carga, Universidad Autónoma de Querétaro, Centro Queretano de Recursos Naturales, Instituto Mexicano del Transporte, Proyecto CONACYT QRO-2003-C01-10276, México, 349 pag.
- Cal y Mayor y Asociados, S.C. (1993). Estudio Integral de Vialidad y Transporte Urbano de Querétaro, Qro. Secretaría de Desarrollo Social. Querétaro, México.

- Centro Queretano de Recursos Naturales (2001a). Planeación de los Libramientos Carreteros de la Ciudad de Querétaro. Querétaro, México.
- Centro Queretano de Recursos Naturales (2001b). Diagnostico del Sistema de Transporte Público de Pasajeros en la Zona Metropolitana de Querétaro. Querétaro, México.
- Gobierno del Estado de Querétaro (1992), Código Urbano para el Estado de Querétaro, publicada en el Periódico Oficial “La Sombra de Arteaga” el 6 de agosto, Querétaro, México.
- Instituto Mexicano del Transporte (1991). Publicación Técnica No. 27. Estudio del Sistema de Transporte de la Región de Querétaro. Querétaro, México.
- Kraemer, C., Pardillo, J.M., Rocci, S., Romana, M., Sánchez, V., del Val, M.A. (2003). Ingeniería de Carreteras, Mc Graw Hill, Madrid
- Orozco y Orozco J. M., Téllez Gutiérrez R., Solorio Murillo R., Pérez Salazar A., Sánchez Loo M., Torras Ortiz S., (2004). Sistema de Evaluación de Pavimentos, versión 2.0, Publicación Técnica No. 245, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, México.
- Rico Rodríguez A., Orozco y Orozco J. M., Téllez Gutiérrez R., Pérez García A., (1990a). Primera Fase Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos, Documento Técnico No. 3, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, México.
- Rico Rodríguez A., Téllez Gutiérrez R., Reyes Rodríguez de la Gala A., (1990b). Manual Operativo de Campo Sistema Mexicano para la Administración de los Pavimentos (SIMAP), Documento Técnico No. 4, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, México.
- Rico Rodríguez A., Orozco y Orozco J. M., Téllez Gutiérrez R., Pérez García A., (2002). Sistema de Evaluación de Pavimentos Versión 1.0, Publicación Técnica No. 208, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte, San Fandila, México.
- Romero, J.A. (2000). Consideración de la energía de deformación en el análisis del deterioro de pavimentos flexibles por efecto de los vehículos pesados. Tesis Doctoral, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- SEDESOL (1992a). Manual Técnico de Normas, Seguimiento y Control de Obras de Vialidad y Transporte Urbano; Tomo XIII, Libro 2: Conservación de Obras Viales, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas Dirección General de Ordenación del Territorio, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio, Secretaria de Desarrollo Social. México.
- SEDESOL (1992b). Manual de Administración de Pavimentos en Vialidades Urbanas, Tomo XIV, Programa de Asistencia Técnica en Transporte Urbano para las Ciudades Medias Mexicanas Dirección General de Ordenación del Territorio, Subsecretaría de Desarrollo Urbano y Ordenación del Territorio, Secretaria de Desarrollo Social. México.
- Schliesser, A. y Bull, A. (1992). Caminos: un nuevo enfoque para la gestión y conservación de redes viales, CEPAL, Santiago.
- SCT (2008)). Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-012-SCT-2-2008 sobre el peso y dimensiones máximas con los que pueden circular los vehículos de autotransporte que transitan en los caminos y puentes de jurisdicción federal. Diario Oficial de la Federación, 1 de abril de 2008.
- Solminihac, Hernán (2001). Gestión de la Infraestructura Vial, Segunda Edición, Editores Universidad Católica de Chile, Chile.
- Zavala, R., (2007). Sistema de Administración de Pavimentos urbanos y su posible aplicación. Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Querétaro, México.

Este documento se debe citar como:

Betanzo Quezada, E. y Zavala Pelayo, R. (2008). **El mantenimiento de pavimentos en vialidades urbanas: El caso de la Zona Metropolitana de Querétaro (México)**. Ingeniería, Revista Académica de la FI-UADY, 12-2, pp. 65-75, ISSN: 1665-529X