

CRITERIOS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES FIJAS AUTOMATIZADAS PARA EL CONTROL DE PESO, DIMENSIONES Y VELOCIDADES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LAS CARRETERAS FEDERALES

Introducción

En 2010 se proclamó al periodo 2011-2020 como “Decenio de Acción para la Seguridad Vial” con el objeto de estabilizar y reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo [ONU, 2010].

En México, se tiene la percepción de que la accidentalidad en las vialidades se debe a la laxitud con que se aplican las regulaciones para el control de la velocidad, conducción bajo efectos de alcohol o drogas, así como el uso del cinturón de seguridad. Uno de los factores de riesgo que influyen en una colisión es la velocidad excesiva o inadecuada, por lo tanto el área de oportunidad para el cumplimiento de la normativa en nuestras carreteras es muy grande, de ahí la importancia de generar mecanismos de vigilancia y control del tránsito más eficaces desde el punto de vista de la prevención de colisiones.

La instalación de estaciones fijas automatizadas para el control de velocidad, peso y dimensiones en las Carreteras Federales será un paso más en la reducción de accidentes y su severidad, ya que la detección e identificación, así como la generación y envío a domicilio de la sanción correspondiente a la violación de la normativa instará a los conductores a respetar los límites de velocidad y en el caso de los vehículos pesados de carga y pasaje los límites de peso y dimensiones. En términos generales las

estaciones para el control de velocidad, peso y dimensiones están integradas por sensores de detección, un sistema de reconocimiento de placas, un sistema de telecomunicaciones para el envío de datos (celular y/o satelital) y un centro de monitoreo y control. Es importante mencionar que instalar los sensores sin infraccionar al conductor limita el éxito de la medida.

En este artículo se presentan los resultados de un estudio dirigido a proponer los primeros sitios para instalar estaciones fijas

CONTENIDO

CRITERIOS DE UBICACIÓN DE ESTACIONES FIJAS AUTOMATIZADAS PARA EL CONTROL DE PESO, DIMENSIONES Y VELOCIDADES DE LOS VEHÍCULOS QUE CIRCULAN POR LAS CARRETERAS FEDERALES	1
APLICACIÓN PARA REGISTRO Y USO EN CAMPO DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL DEL TRANSPORTE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES	8
REGULACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA	14
GLOSARIO	24
PROYECTOS EN MARCHA	25
PUBLICACIÓN	26
EVENTOS ACADÉMICOS	26

automatizadas para el control del peso, dimensiones y velocidad de los vehículos que circulan en la Red Carretera Federal (RCF).

Estaciones automatizadas de control de velocidad

Uno de los impactos positivos de la velocidad es, indudablemente, que permite reducir los tiempos de viaje, y con ello mejora, la movilidad, contribuyendo al desarrollo de la economía, facilitando el acceso al empleo, bienes y servicios. Sin embargo, la velocidad también tiene consecuencias negativas, principalmente en la frecuencia y severidad de las colisiones y contingencias ambientales. La velocidad elegida depende de la interacción entre el procesamiento de información del conductor y la toma de decisiones, así como de las características físicas y operativas de la carretera y su entorno. La ciencia moderna muestra que la elección de velocidad, así como la elección de ubicación en la carretera es en su mayoría un proceso subconsciente [Sibylle B. et al, 2012].

La velocidad excesiva o inadecuada es el principal problema de seguridad vial en muchos países como México, en donde tan sólo en 2010 ocasionó el 64% del total de accidentes en las Carreteras Federales y el 75% del total de muertos, además de ser un factor agravante de muchos de los accidentes [Cuevas et al, 2013].

Las medidas en materia de modernización de la infraestructura o de ingeniería vial pueden contribuir de forma muy eficaz a la gestión de la velocidad en la red carretera. Es importante que estas medidas apuesten a una infraestructura más consistente, homogénea y segura, que satisfaga las necesidades de todos los usuarios; por ejemplo, los conductores que después de un periodo de tiempo de circular a altas velocidades y que ingresan a una zona en la que debieran reducir su

marcha, experimentan un fenómeno en el que subestiman su velocidad y no la reducen lo suficiente. Para estos casos, existen medidas de advertencia anticipadas, como la mostrada en la figura 1, en la que mediante una isleta y señalamiento horizontal y vertical, se refuerza el cambio del entorno para que se reduzca la velocidad.

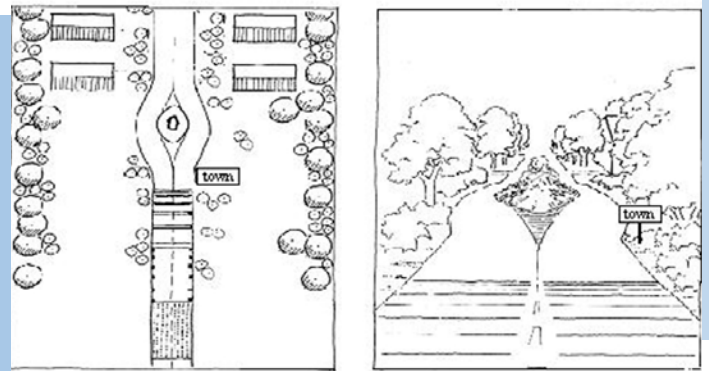


Figura 1
Croquis de modificación en la infraestructura y señalamiento que informa del ingreso a una zona urbana

Los requisitos previos para el éxito de cualquier medida relativa a la gestión de la velocidad, cumplimiento de las normas, señales de tránsito e ingeniería de vehículos, son: la educación a los niños, la formación a los conductores y la información a los usuarios de las vialidades. Si se logra que los ciudadanos se familiaricen con la normativa y las medidas orientadas a la seguridad, éstas serán más eficaces y tendrán mayor aceptación, ya que sabrán cómo aplicarlas y comprenderán las razones para adoptarlas.

En México hay algunos ejemplos de acciones en favor de la educación vial a los niños (véase figura 2).

La efectividad del control y la vigilancia viene determinada por la presencia de dispositivos automatizados y de oficiales de policía que producen una percepción de miedo a ser



Figura 2
Algunos ejemplos de educación vial a niños

sancionado y/o detenido, evitando por lo tanto que el conductor incumpla algunas normas o disposiciones de tránsito. Las experiencias policíacas afirman que: (I) la sanción más eficaz es la que se aplica y se comunica de manera inmediata al infractor; (II) el efecto de la sanción económica debe ser proporcional al nivel de ingresos económicos del mismo; (III) la sanción económica inhibe, pero en la mayoría de los casos no modifica el comportamiento del conductor; (IV) la sanción no modificará la conducta si el conductor no conoce bien todos los peligros reales de su infracción; y (V) el infractor no debe percibir la sanción como una vía de recaudación económica.

miden la velocidad media entre dos puntos y con zonas de detección de vehículos por parte de la policía en áreas visibles; (II) postes de observación y zonas habilitadas para la detección de vehículos por la policía, las cuales cuentan con visibilidad suficiente; y (III) el estilo americano, en donde los agentes de policía registran la velocidad desde el interior de su vehículo utilizando un radar montado en la ventanilla de la patrulla y una vez detectado el exceso, el agente policíaco procede a la detención del vehículo mediante una señal o persecución y posteriormente al levantamiento de la infracción correspondiente (véase figura 3).

Existen tres tipos de técnicas para el control de velocidad: (I) radares o pistolas láser que

En una primera fase del estudio se propusieron una serie de sitios piloto para instalar un

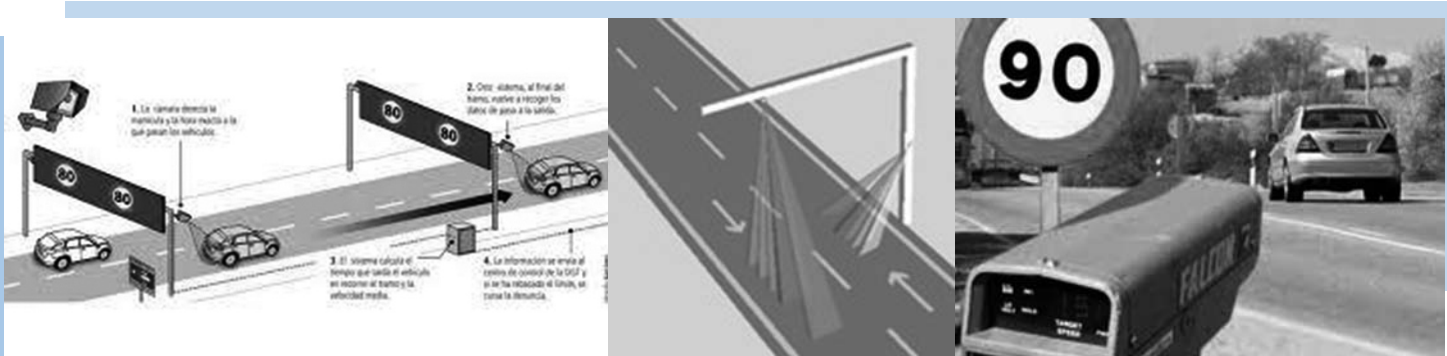


Figura 3
Diferentes técnicas para el control de la velocidad

sistema de toma de velocidades automatizada de los vehículos que circulan en las principales carreteras que ingresan a la Ciudad de México, en función de la siniestralidad causada por la velocidad excesiva. Posteriormente, se realizó una propuesta para la totalidad de tramos de la RCF con un listado por segmentos carreteros de 1 km que concentraron, en ambos sentidos, 20 o más accidentes cuya causa principal fue la velocidad excesiva.

Para determinar la accidentalidad en las autopistas que ingresan a la Ciudad de México se utilizaron las bases de datos de accidentes ocurridos de 2008 a 2010 en las Carreteras Federales [SAADA, 2010, SAADA, 2011 y SAADA, 2012], ya que a la fecha los datos del 2011 y 2012 no han sido todavía procesados. La información se dividió por tramos carreteros, de acuerdo con la clasificación que utiliza la Dirección General de Servicios Técnicos de la SCT para la Red Carretera Federal y se separó por sentidos de circulación, utilizando los kilometrajes de inicio y terminación, así como el Tránsito Diario Promedio Anual para 2010.

Posteriormente, se realizó una visita técnica de campo, conjuntamente con personal de varios organismos involucrados, con el propósito de definir el sitio exacto de la ubicación de los dispositivos automatizados para el control de la velocidad. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Sitio 1. Ubicación en el km 105 de la autopista México-Querétaro, sentido 2

Sitio 2. Ubicación en el km 116 de la autopista México-Querétaro, sentido 1

Sitio 3. Ubicación en el km 54+500 de la autopista México-Puebla, sentido 2

Sitio 4. Ubicación en el km 66+000 de la autopista México-Puebla, sentido 1

Sitio 5. Ubicación en el km 50+800 de la autopista México-Cuernavaca, sentido 1

Sitio 6. Ubicación en el km 37+200 de la carretera México-Toluca libre, sentido 1

Sitio 7. Ubicación en el km 30+750 de la autopista México-Tizayuca, sentido 2

Estaciones automatizadas de control de peso y dimensiones

Desde hace más de 50 años existe la necesidad de evaluar el peso de los vehículos de carga por razones de diseño, mantenimiento y conservación de puentes y pavimentos de carreteras. Actualmente, el objetivo principal de instalar un sistema de pesaje es incrementar la seguridad vial en las carreteras y disminuir la magnitud del daño provocado a los pavimentos y puentes, derivados de los excesos en el peso y dimensiones de los vehículos pesados. Las dos formas básicas para determinar el peso son las pesadoras estáticas y pesadoras dinámicas.

Las pesadoras estáticas son las más utilizadas para determinar el peso de los vehículos, los cuales deben permanecer inmóviles durante el pesaje. Se pesa el vehículo completo en una sola maniobra o por grupos de ejes, que requieren de maniobras adicionales. Esto lo hace un método poco eficaz para aplicarse a grandes volúmenes de vehículos, así como predecible en cuanto a la ubicación de la pesadora aunque no en cuanto al momento en que ésta se encuentra funcionando.

El pesaje dinámico tiene las ventajas de que puede pesar a todos los vehículos que circulan por una carretera, su precisión es suficiente para aplicaciones estadísticas y para la preselección de vehículos supuestamente sobrecargados, además de que puede operar de manera continua, es decir las 24 horas de los 365 días del año. Su principal desventaja

es que no tiene la suficiente precisión para sancionar a los vehículos que circulan con sobrepeso. Los usos principales del pesaje en movimiento son el diseño, rehabilitación y mantenimiento de los pavimentos en carreteras; y en el caso de los puentes, al desarrollo de nuevos modelos de cargas vehiculares, conocimiento de los efectos dinámicos de las cargas sobre las estructuras, evaluación de los puentes y control activo de las cargas que circulan por los puentes.

Cuando se trata del cumplimiento de la normativa referente al Peso Bruto Vehicular (PBV), el pesaje dinámico es una herramienta útil para hacer una primera preselección de vehículos con sobrepeso y para un control efectivo de cargas de vehículos; en cuanto a la gestión del tránsito, permite realizar una clasificación vehicular (en torno a 15 tipos de vehículos desde el automóvil hasta el doble articulado) y proporciona información sobre el

estado de la carga de los vehículos (por eje, por llanta y total) y también es un apoyo para la realización de estudios económicos y de autotransporte. En la figura 4 se muestra un esquema típico de un pesaje dinámico en una carretera de dos carriles.

Las normas que se utilizan internacionalmente como referencia para el pesaje dinámico son la norma estadounidense ASTM E 1318 [ASTM, 2009] y la norma europea COST 323 [COST 323, 1999]. La primera es una norma que auxilia al operador y al proveedor en la adquisición, instalación, calibración, pruebas, operación y mantenimiento de un sistema de pesaje en movimiento de manera satisfactoria en un sitio seleccionado; en ella se describe un método de prueba para evaluar el comportamiento de un sistema de pesaje de vehículos en movimiento de acuerdo a la clasificación por Tipos (I, II, III y IV). El método menciona el procedimiento para ejecutar una

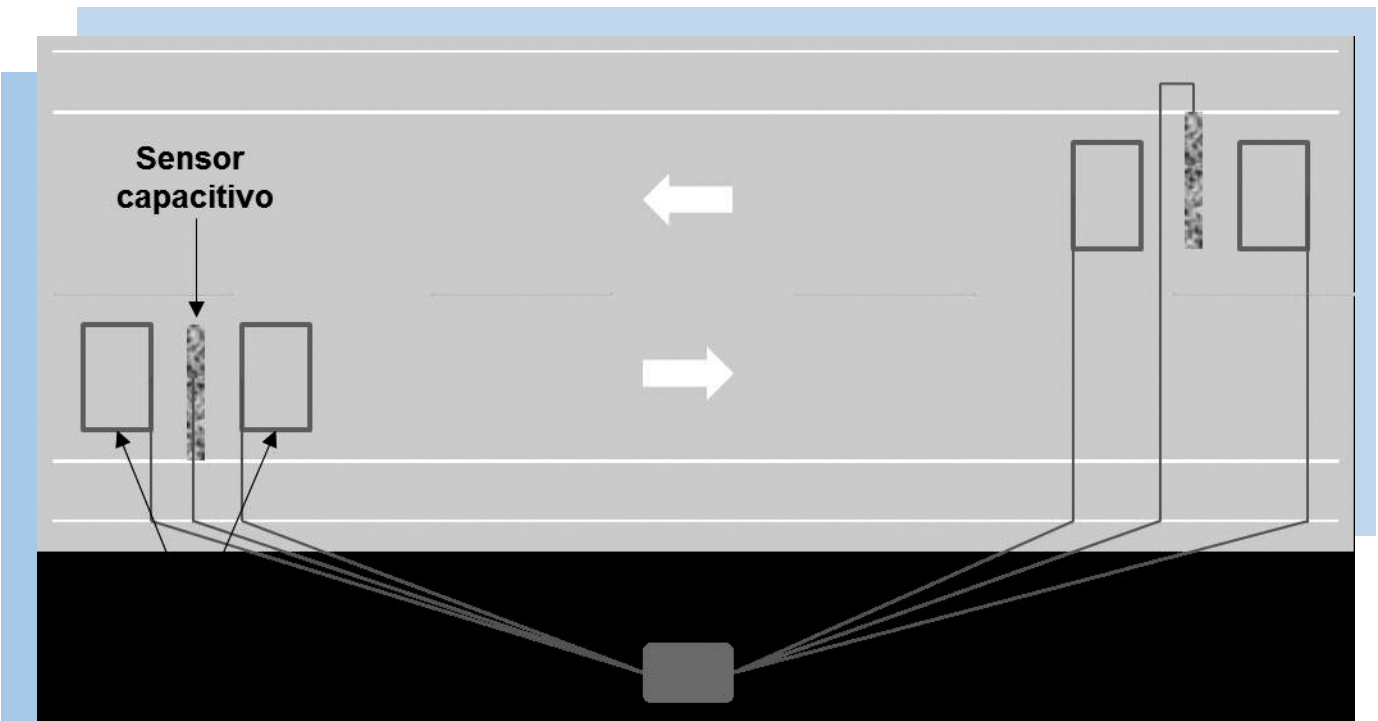


Figura 4
Esquema típico de los equipos para realizar un pesaje dinámico

prueba de aceptación, independientemente del tipo de sistema de pesaje; y describe el proceso de calibración inicial en el sitio para asegurar el buen desempeño y el uso adecuado.

La norma europea incluye temas como la definición de las clases de sistemas de pesaje dinámico, los requisitos mínimos de precisión para cada clase, las condiciones del sitio para la instalación del sistema, el establecimiento de procedimientos de calibración y la definición de los métodos de ensayo para el control del sistema.

Hoy en el mercado, los sensores de peso y dimensiones deben detectar y registrar información de los vehículos que circulan por una carretera. Los datos son: hora y día, carril de circulación, clasificación del vehículo, número de ejes, peso por rueda, peso por eje, peso por grupo de ejes, peso bruto vehicular, dimensiones, distancia entre ejes, velocidad, así como inconsistencias (p. ej. eje levantado). Para cada dato, se alimenta al sistema con ciertos rangos especificados en la normatividad.

En síntesis, el sistema funciona de la siguiente manera: el lazo inductivo detecta la presencia del vehículo y mide su longitud, el sensor mide el peso y la velocidad del vehículo por eje y el espaciamiento entre ellos, de acuerdo a los niveles de precisión solicitados. Además, el sistema debe clasificar a los vehículos y contar con salidas para adicionarle el equipo que obtiene la evidencia multimedia, por ejemplo: el sistema para el Reconocimiento Automático de Placas Vehiculares ANPR (siglas en inglés de "Automatic Number Plate Recognition"). Éste funciona mediante la captura de una imagen del vehículo con una cámara de video, la cual se procesa mediante software y algoritmos de reconocimiento óptico de caracteres, obteniendo una serie alfanumérica correspondiente a la placa frontal

del vehículo. Algunos sistemas también toman la placa trasera para confirmar el registro. La cámara de video debe ser de alto desempeño para uso rudo en exteriores, con parámetros necesarios de resolución, calidad, alcance, un mínimo mantenimiento y funcionamiento durante día y noche.

Los criterios que rigen la selección de los sitios son tres: la geometría de la carretera, las características del pavimento y los requerimientos particulares para el caso de puentes.

El diseño geométrico es un factor importante debido a la influencia longitudinal y transversal que las desviaciones tienen sobre el desempeño del vehículo. Los criterios básicos al respecto son: (I) la curvatura horizontal del carril de la carretera debe tener un radio mayor a 1,000 m, medidos a lo largo de la línea central del carril; (II) la pendiente longitudinal de la superficie de la carretera en el sitio no debe exceder del 1% para Clase I y 2% para las otras Clases; (III) la sobreelevación de la superficie de la carretera en el sitio, no debe exceder del 3% y; (IV) la anchura del carril pavimentado de la carretera debe estar comprendido entre 3 y 4.5 m.

Las condiciones del pavimento tienen una influencia directa en la reducción del 'rebote' de los vehículos, ya que incrementan las variaciones en la carga por eje. El criterio utilizado establece que en una distancia de 60 metros antes y 30 m después del sistema de medida, la superficie "deberá mantener una condición tal que un disco de 150 mm de diámetro y de 3 mm de espesor no pueda pasar por debajo de una regla de 3 m apoyada en la superficie de la calzada, perpendicular y paralelamente a la dirección del tránsito en el carril". Las hendiduras o surcos deben ser menores de 3 mm a todo lo ancho del carril, con relación a una regla de 3 m apoyada en

la calzada [ASTM, 2009 y COST 323, 1999]. Por otra parte, es requisito indispensable que el marco normativo indique que estos dispositivos son válidos para determinar el PBV y en caso de presentar un exceso en el peso o dimensiones los propietarios de las unidades sean sancionados.

En el estudio piloto, la metodología seguida para ubicar los sitios más recomendables para la instalación de las estaciones fijas automatizadas para el control de peso y dimensiones de vehículos fue el análisis estadístico del peso y dimensiones de las unidades circulantes por las principales carreteras de acceso a la Ciudad de México (autopistas México-Querétaro, México-Puebla, México-Cuernavaca, México-Toluca y México-Tizayuca y el tramo libre de la carretera México-Toluca). Adicionalmente, se consideraron las recomendaciones internacionales sobre las condiciones óptimas de un sitio para instalar una estación fija de control de peso y dimensiones para vehículos en movimiento. Posteriormente, a partir de esa experiencia, se realizó una primera propuesta de la ubicación de las estaciones automatizadas para el control de peso y dimensiones de los vehículos de carga que circulan por la RCF.

Dentro del análisis, se identificaron los sitios en donde se pudiera captar el mayor número de vehículos con sobrepeso procurando que estas unidades no pudiesen evadir la estación de control para cada una de las carreteras seleccionadas que ingresan a la Ciudad de México, así como evitar que se instalen cerca de la zona metropolitana. A continuación se presentan los cuatro sitios seleccionados:

1. Autopista México-Querétaro, km 90+050, ambos sentidos
2. Autopista México-Puebla, km 36+000, ambos sentidos

3. Carretera México-Toluca libre, km 35+900, ambos sentidos

4. Carretera México-Pachuca libre, km 63+000, ambos sentidos

El principal beneficio será una aplicación efectiva de las normas existentes de tránsito y operación del transporte, específicamente de velocidad de los vehículos y peso y dimensiones de los vehículos pesados circulando por Carreteras Federales. Con la instalación de estos sistemas, se obtendrá una reducción del número y severidad de los accidentes ocasionados por el exceso de velocidad, así como por el exceso de peso y dimensiones de los vehículos pesados.

Referencias

ASTM. Standard Specification for Highway Weight-in-Motion (WIM) Systems with User Requirements and Test Methods, Washington, D.C., EE.UU. 2009

COST 323. Weight-in-Motion (WIM) of Road Vehicles, Reporte Final, Apéndice, Comunidad Europea, Version 3.0. 1999

Cuevas C. et al. Anuario Estadístico de Accidentes en Carreteras Federales, 2010, Documento técnico 51, IMT, Querétaro, México. 2013

ONU. Decade of Action for Road Safety 2011-2020, Declaratoria de la Asamblea de la Organización de las Naciones Unidas, Washington DC, EE.UU. 2010

SAADA. Bases de datos de accidentes 2008 generadas en el sistema SAADA, IMT, Querétaro, México. 2010

SAADA. Bases de datos accidentes 2009 generadas en el sistema SAADA, IMT, Querétaro, México. 2011

SAADA. Bases de datos de accidentes 2010 generadas en el sistema SAADA, IMT, Querétaro, México. 2012

Sibylle B. et al. La velocidad en la operación segura de una carretera, Núm. 17, Revista Vías Terrestres, AMIVTAC, Ciudad de México, México. 2012

MAYORAL Emilio
emilio@imt.mx
CUEVAS Cecilia
ccuevas@imt.mx
MENDOZA Alberto
mendoza@imt.mx

APLICACIÓN PARA REGISTRO Y USO EN CAMPO DE INFORMACIÓN GEOESPACIAL DEL TRANSPORTE PARA DISPOSITIVOS MÓVILES

Introducción

Al interior de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se han realizado varios intentos por incorporar tecnología de Sistemas de Información Geográfica (SIG). En este sentido, la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial (USIG) adscrita a la Coordinación de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), ha realizado en el transcurso de los últimos 20 años una labor trascendental y relevante. En la USIG se han generado diversas iniciativas que promueven la investigación, desarrollo y aplicación de geotecnologías al sector transporte. Una de las más representativas tiene que ver con la conformación del Sistema de Información Geoestadística para el Transporte (SIGET) mediante el cual se logró la generación de aplicaciones que han beneficiado a la SCT en temas relacionados con la planeación, gestión y operación del transporte. El SIGET fue integrado y estructurado a partir de la información por modo de transporte, la cual fue geográficamente referenciada mediante tecnología de Sistemas de Posicionamiento Global, GPS por sus siglas en inglés (*Global Positioning System*).

En años recientes las tendencias de los SIG se han orientado hacia la explotación de los

servicios Web, lo cual ha facilitado las tareas que tienen que ver con el uso de cartografía digital así como otras actividades como son la visualización de datos geoespaciales, consulta e incluso geoprocesamiento en línea. Ante esto, se concibió una segunda versión del SIGET (SIGET 2.0) que tiene como finalidad crear la plataforma tecnológica óptima para la integración, publicación y difusión a través de un SIG en Web la información geoestadística del transporte en México.

Para la SCT resulta de gran importancia contar con información precisa y actualizada sobre la localización y condiciones de la infraestructura. Tal como lo señala Backhoff (2002: 1), “en la actualidad, los procesos de planeación, organización, gestión, evaluación y operación en el Sector Transporte exigen sistemas eficientes de manejo y análisis de información, en términos de velocidad de procesamiento, capacidad de almacenamiento, versatilidad y confiabilidad. Para aspirar a cumplir lo anterior, resulta indispensable, como elemento de partida, disponer de mecanismos que garanticen la generación y el acopio del insumo esencial para que el sistema funcione, esto es, los datos”.

De acuerdo a lo anterior, y siguiendo las tendencias tecnológicas actuales, la implementación de tecnología móvil podría

representar una oportunidad para el mejor aprovechamiento de los SIG al interior de las áreas operativas de la SCT que permitiría una mejor gestión tanto de datos, como de recursos financieros.

Los productos generados en el IMT han representado un gran avance en cuanto a implementación de tecnologías geoespaciales en la SCT, pero aún no se logra su total incorporación a las tareas y procesos que se realizan principalmente en los centros SCT. De ahí la importancia de seguir generando herramientas que acerquen más este tipo de tecnología y hagan los datos más accesibles y faciliten su gestión. El implementar la tecnología móvil en el aprovechamiento de los SIG principalmente al interior de las áreas operativas SCT permitiría una mejor gestión tanto de datos, como de recursos financieros. De acuerdo a lo que señala Pérez (2009), actualmente es viable la implementación de dicha tecnología para realizar tareas que hasta hace unos años sólo era posible llevar a cabo con una computadora de escritorio gracias a los avances que se han logrado en esta materia. El mismo autor hace mención

de los cambios que han sufrido tanto las aplicaciones como los teléfonos celulares clasificados ahora como dispositivos móviles, que en un principio tenían como función principal la realización de llamadas y envío de mensajes de texto cortos y actualmente el rango de uso se ha extendido a varios campos como el audiovisual y la navegación por internet debido a los avances tecnológicos en cuanto a hardware.

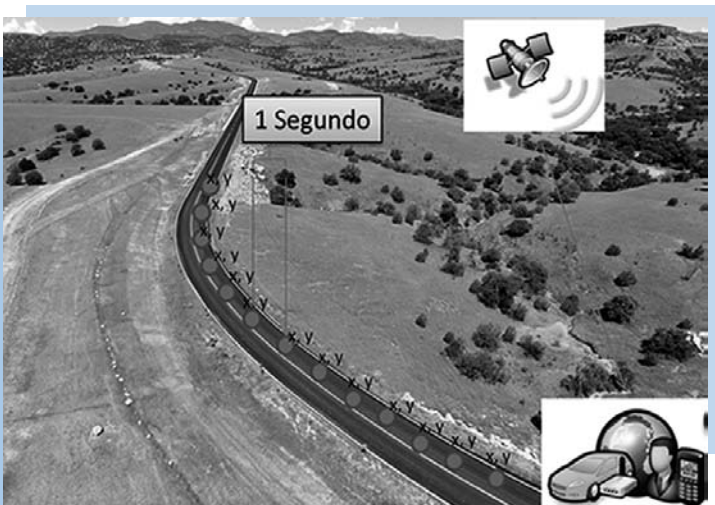
Teniendo en cuenta que las tendencias en cuanto al desarrollo de aplicaciones de tipo geográfico se orientan principalmente a servicios ofrecidos a través de la Web y que su consumo mediante dispositivos móviles va en aumento, en la USIG se planteó el desarrollo de una aplicación para dispositivos móviles que cuente con las funciones para capturar, procesar y transferir información geográfica del sector transporte.

Se eligió la plataforma Android para llevar a cabo el desarrollo de la aplicación, por ser un sistema operativo totalmente de código abierto y que en los últimos años se ha colocado como uno de los principales sistemas instalados en los teléfonos móviles que se distribuyen en todo el mundo. Tan sólo en Latinoamérica, para finales del año 2013, cerca del 70% del mercado total de dispositivos móviles funciona con Android como sistema operativo [1,3].

Funcionalidad de la aplicación

En su fase de desarrollo actual, la aplicación permitirá al personal en campo georreferenciar carreteras y otros puntos de infraestructura de transporte y enviar estos datos a una base de datos alojada en un servidor vía internet. Una vez en el servidor, los datos podrán visualizarse por el personal en oficina a través de un software SIG de escritorio.

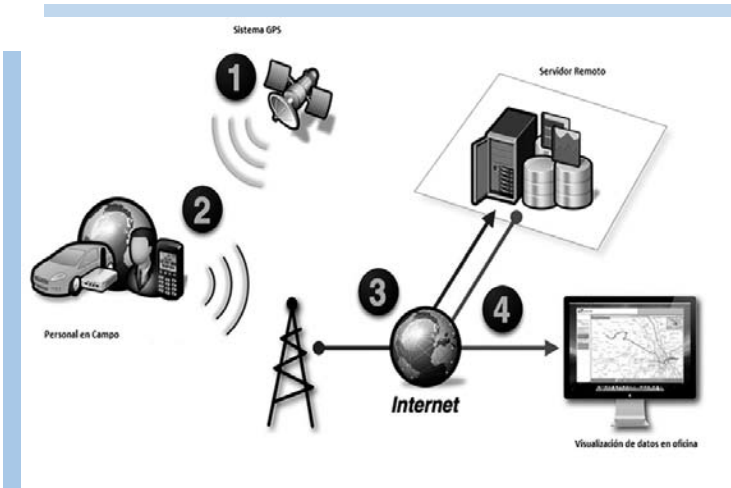
Para georreferenciar una carretera, la aplicación realiza la captura de la posición



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1

Esquema de la forma en la que se realiza la georreferenciación de un tramo de carretera mediante la aplicación desarrollada



Fuente: Elaboración propia con imágenes tomadas de internet

Figura 2
Elementos necesarios para garantizar la funcionalidad de la aplicación

“x” y “y” dada por el GPS del dispositivo móvil cada segundo mientras se realiza el recorrido de ésta. Al finalizar el recorrido, se obtiene un conjunto de registros de posición que una vez procesados en el SIG se convertirán en una línea.

- La aplicación permite el almacenamiento de los datos capturados en una base de datos local en el dispositivo de manera que se asegure el registro de datos aun cuando no se cuente con red de datos disponible para realizar la transmisión de información al servidor remoto.
- Mediante una opción programada en la aplicación, el usuario podrá transmitir los datos capturados al servidor remoto al finalizar el registro de información siempre y cuando se encuentre en un área con cobertura de servicio de datos de su operador telefónico o existencia de red WI-FI.

Descripción de los datos a capturar mediante la aplicación

Datos que será posible capturar mediante la aplicación:

Carretera:

Vía de transporte terrestre pavimentada, diseñada para tránsito de vehículos automotores.

Atributos

- Nombre: Se refiere al nombre que le asigna la autoridad responsable.
- Administración: Responsabilidad del mantenimiento
 - {Federal, Estatal, Municipal}
- No. de carriles: Número total de carriles
 - Valor >=1
- Pavimento: Material de la superficie de rodamiento
 - {Asfalto, Concreto hidráulico}

Puente:

Estructura que permite la comunicación vial sobre un obstáculo natural o artificial

Atributos

- Nombre Puente: Nombre con el que se conoce el objeto espacial
- Tamaño: Longitud del puente.
 - Chico (6-30 metros)
 - Mediano (30-100 metros)
 - Grande (más de 100 metros)
- Estructura: Tipo de material con el que se encuentra construida la estructura.
 - Metal
 - Concreto

Banco de material

Yacimiento donde es posible explotar diversos materiales empleados principalmente en

actividades de construcción o mantenimiento de la infraestructura de transporte.

Atributos

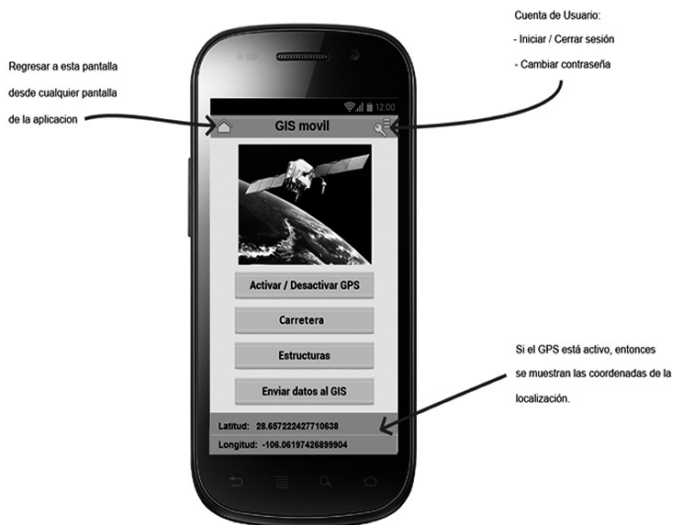
•Tipo:

- {Arena, grava, piedra, tepetate}

Se contempla además, incluir la captura de registros operativos tales como el registro de incidencias (accidentes, condiciones de tráfico, así como otros eventos de excepción sobre la carretera) y reportes de frente de obra.

Diseño inicial de pantallas

Antes de iniciar las tareas de diseño y programación de la aplicación en el software Eclipse, se realizó un diseño previo de la interfaz de usuario. En las imágenes siguientes se puede observar el diseño inicial de forma gráfica que se consiguió para cada una de las secciones principales consideradas en el desarrollo de la aplicación.



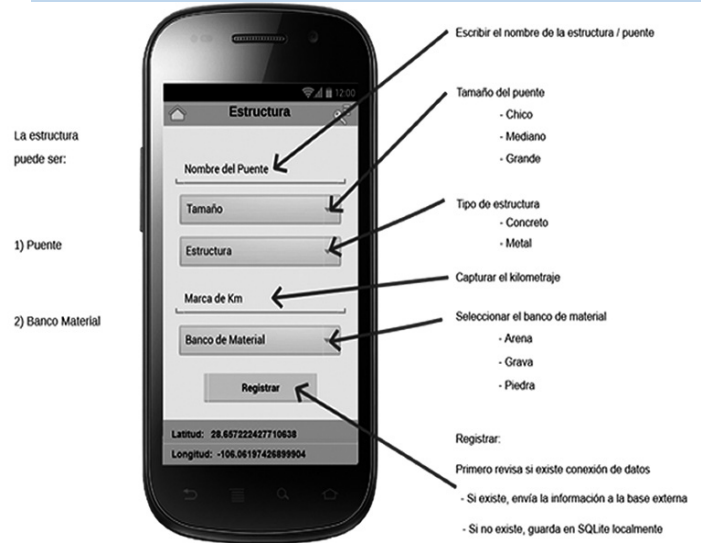
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3 Interfaz principal de la aplicación



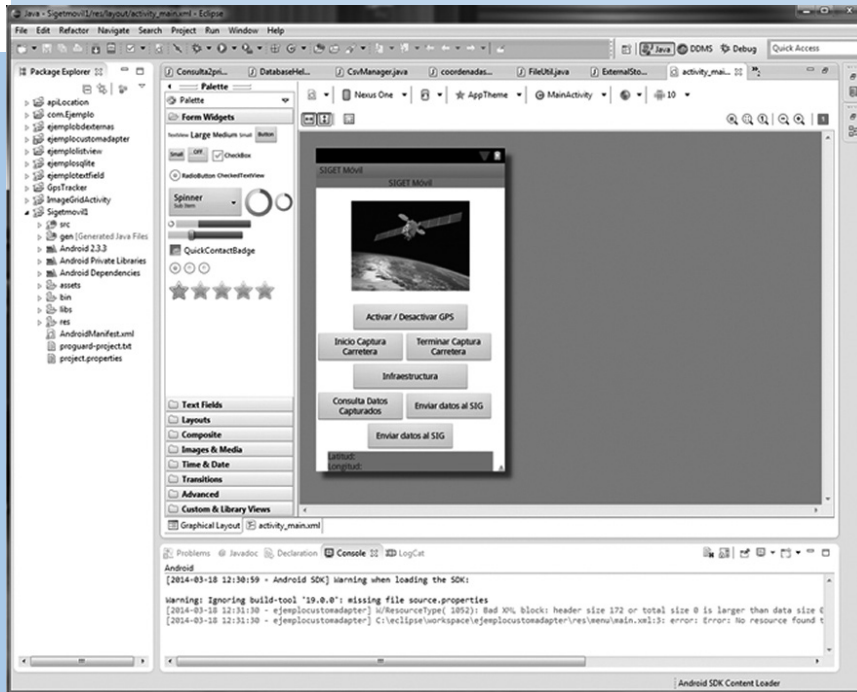
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Pantalla con formulario de captura para las carreteras



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Pantalla con formulario de captura para estructuras de tipo Puente, Marca de KM y Banco de material



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6
Imagen que muestra la fase de diseño en el software Eclipse

Detalles sobre el diseño y programación

Mediante el software Eclipse se llevó a cabo la creación de manera gráfica de la interfaz de usuario de la aplicación. La funcionalidad se programó mediante botones para hacer la tarea de captura sencilla e intuitiva. En la programación de la aplicación se crearon clases para que en ellas fuera incluido el código que permite ejecutar la funcionalidad establecida para cada botón.

Descripción de la funcionalidad de los botones

La aplicación ha sido desarrollada para que pueda instalarse en cualquier celular con sistema operativo Android en su versión 2.2.3 y posteriores. En esta primera versión desarrollada cuenta con los siguientes elementos de tipo botón mediante los cuales se llevan a cabo las principales funciones de la aplicación.

Botón Activar/Desactivar GPS

Al hacer clic en este botón se habilita el GPS del teléfono o dispositivo móvil en caso de no estar activado. Una vez que se obtiene la posición en los campos indicados se muestran los valores de las coordenadas X y Y o lo que es lo mismo, longitud y latitud.

Botón Terminar Captura Carretera

Cuando se hace clic en este botón se inicia un proceso de registro de las coordenadas X y Y que se adquieren del GPS. Para lo anterior, primeramente se confirma que el GPS esté habilitado. El registro de coordenadas se realiza cada segundo de tiempo, y dichos valores se almacenan en una tabla de la base de datos SQLite creada para la aplicación. Cabe mencionar que la captura continúa en segundo plano, aun cuando a la par se realice el registro de un punto de infraestructura.

Botón Terminar Captura Carretera

Mediante este botón se detiene el procedimiento de captura de puntos que conformarán la línea de la carretera. Después de que se detiene el registro, se habilita un formulario de captura en el que se introducen los datos correspondientes a la carretera registrada.

Botón Infraestructura

Al hacer clic en este botón se ingresa a un formulario en el que se elige el elemento a registrar. Para esta versión de la aplicación cuenta con tres opciones, siendo estos puentes, marca de kilómetro y banco de material.

Botón Consulta Datos Capturados

Mediante esta opción se ingresa a una sección de la aplicación en la que es posible visualizar los elementos que han sido capturados.

Botón Exporta CSV

Previo a enviar los datos capturados al servidor remoto se realiza la exportación de los registros de la base de datos local a un archivo en formato de valores separados por comas, CSV (por sus siglas en inglés comma-separated values) que facilita el envío y recepción de los datos en el servidor.

Botón Enviar Datos al SIG

En este botón se programó la instrucción de envío de los datos registrados al servidor remoto, donde se reciben en formato de CSV y se realiza un proceso para almacenarlos en una base de datos del servidor, desde la cual quedan accesibles para ser desplegados en un SIG de escritorio.

Conclusiones

Un teléfono celular equipado con GPS puede ser utilizado para llevar a cabo la

captura visualización y transferencia de datos georreferenciados para ser integrados a un SIG prácticamente en tiempo real cuando se cuenta con red de datos celular o WI-FI.

Utilizando una aplicación instalada en el teléfono celular, el personal en campo tendrá la posibilidad de llevar a cabo la georreferenciación de tramos carreteros y otros puntos de infraestructura de transporte y enviar estos datos a una base de datos instalada en un servidor vía Web, mismos que podrán ser visualizados por el personal de oficina a través de un navegador Web o software SIG de escritorio, con la posibilidad de generar reportes y mapas de avance.

El realizar el proceso de captura de datos y georreferenciación de infraestructura mediante el procedimiento descrito facilita la actualización de la información prácticamente de forma automática, ya que para integrar nuevos datos al SIG, no será necesario que el personal de campo se traslade a la oficina, sino que desde el lugar donde se lleve a cabo el registro, si se tiene cobertura de datos celular, los datos podrán ser enviados e integrados directamente a la base de datos. Esto permitirá tener la información a tiempo y ser empleada en procesos tan importantes como lo es la toma de decisiones.

La implementación de tecnología móvil en las actividades que tienen que ver con captura de datos en campo y registros de avance de obra, ofrece la posibilidad de una mejor gestión de los datos al disminuir los tiempos de integración de la información asociada a ellas. Representa también ahorro y una mejor administración de los recursos financieros.

Referencias

Backhoff, M., Vázquez, J. El sistema de información geoestadística para el transporte. Publicación técnica No. 207, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, Qro. 2002

Backhoff, M. Transporte y espacio geográfico, una aproximación geoinformática. (1ra, Ed.). UNAM, México. 2005

Pérez, I. Estudio de la plataforma de software Android para el desarrollo de una aplicación social. Universidad Politécnica de Cataluña, España. 2009

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT). Agenda Digital.mx. Diagnóstico de la situación en México, 18-23. Consultado el 12 de marzo de 2013 en <http://agendadigital.mx/descargas/AgendaDigitalmx.pdf>. 2012

[1] Trends in platform adoption. Consultado el 26 de agosto de 2013 en <http://www.pewinternet.org/2013/06/05/smartphone-ownership-2013/>

[2] Infographic: 2013 Mobile Growth Statistics. Consultado el 26 de agosto de 2013 en <http://www.digitalbuzzblog.com/infographic-2013-mobile-growth-statistics/>

[3] Smartphone Market Share by Country - Q3 2013: Android Dominates Outside US, Windows Phone Grows in Europe. Consultado el 10 de diciembre de 2013 en <http://www.tech-thoughts.net/2013/11/smartphone-market-share-by-country-q3-2013.html#U3u5uyhLrYg>

MORALES Elsa
emorales@imt.mx
BACKHOFF Miguel
backhoff@imt.mx

REGULACIÓN DE EMISIONES CONTAMINANTES DE LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Introducción

Los problemas que ha generado la contaminación ambiental en la actualidad, han obligado a la sociedad a tomar acciones orientadas a la mitigación o atenuación de lo que les da origen. El transporte no está exento de estas acciones, siendo las emisiones un tema particularmente tratado por ser el producto de la combustión producida en los motores al generar la energía para producir el movimiento de los vehículos. Estos motores de combustión interna, que la mayoría emplea como combustible gasolina o diesel, emiten al ambiente diversos gases que alteran la composición natural y contribuyen, además, a reacciones químicas o físicas que deterioran la calidad del aire en el ambiente.

Como parte de los esfuerzos por disminuir los efectos negativos de las emisiones

de los motores y las emisiones mismas, internacionalmente se han promulgado distintas estrategias que repercuten en las tecnologías aplicables para la conversión más eficiente de la energía. Un tema importante se avoca a la regulación de las emisiones, surgiendo desde la década de los 60's los primeros intentos por promover acciones surgidas de la preocupación por preservar un medio ambiente sano. Con una mayor conciencia, han surgido dos tendencias normativas remarcables a nivel mundial, cuyos aspectos importantes aquí se describen.

Motores de combustión interna y sus emisiones

Desde su invención, los motores de combustión interna (MCI) se han convertido en la principal fuente de energía mecánica, produciendo a nivel mundial más de un 80% mediante este medio, [1, 2]. Con estos motores



Figura 1
Aplicaciones para motores de combustión interna

se acciona una gran diversidad de maquinaria y vehículos, como se ejemplifica en la figura 1.

Atendiendo a su encendido, los motores de combustión interna se dividen en encendido por chispa, que funcionan principalmente con gasolina, gas natural y LP, y encendido por compresión, que emplean como combustible el diesel o el biodiesel. Como principio de funcionamiento, transforman la energía química contenida en el combustible (mayormente fósiles) a energía mecánica. Sin embargo, de la necesaria combustión se generan productos nocivos para la salud, como son los gases que contaminan y alteran el medio ambiente (Figura 2).

Los productos derivados de la combustión agrupan al dióxido y monóxido de carbono (CO_2 y CO respectivamente), dióxido de azufre (SO_2), óxidos de nitrógeno (NO_x) y diverso material particulado. En la Unión Europea, aunque los medios de locomoción son responsables únicamente de un 5 % de las emisiones de SO_2 , producen 25 % CO_2 , 87 % de CO y 66 % de NO_x , [3].

Formación de contaminantes

La combustión es una reacción química de oxidación, en la que un elemento combustible (en este caso, hidrocarburos que forman la gasolina o diesel), se combina con un comburente, habitualmente oxígeno. Esta combinación da lugar a una serie de productos de reacción y una gran cantidad de calor.

Los hidrocarburos se componen únicamente por carbono e hidrógeno, por lo que su combustión total con oxígeno resulta únicamente en CO_2 y agua. Sin embargo, debido a que el aire atmosférico, además del 21% de oxígeno, contiene un 78% de nitrógeno y un 1% de otros gases, inevitablemente se forman otros productos, como es el caso de los NO_x . Además, parte de los hidrocarburos no se queman durante la combustión y se emiten a la atmósfera en forma de CO , de hidrocarburos no quemados y de partículas.

En el caso de los motores encendidos por chispa, los contaminantes vertidos a la atmósfera son, por orden de importancia,



Figura 2
Emisión de contaminantes de vehículo automotor

CO₂, CO, hidrocarburos no quemados y NOx. Del mismo modo, en los motores de encendido por compresión, el CO₂ es el principal contaminante; le siguen los NOx, que ocupan una situación similar a la de la materia particulada, [4].

Riesgos para la salud

Según cálculos de la Organización Mundial de la Salud, alrededor de 1,3 millones de personas mueren cada año de forma prematura como consecuencia de la contaminación atmosférica urbana. En España, la Sociedad Española de Neumología y Cirugía Torácica estima el número de víctimas en 16 000, casi 11 veces más que las 1480 muertes registradas en el 2011 por accidentes de tránsito, [4].

Una alta presencia de CO₂ en el aire contribuye a empeorar su calidad y la afectación a las condiciones climáticas repercute directamente sobre la salud humana. Lo mismo ocurre con los hidrocarburos no quemados. El metano, por ejemplo, tiene un potencial de calentamiento global de 23, lo que significa que en un periodo de 100 años un kilogramo de metano tiene la capacidad de calentar la Tierra 23 veces más que un kilogramo de CO₂. Afortunadamente sus cifras de emisión son mucho más contenidas y no todos los no quemados tienen el mismo potencial de calentamiento global que el metano. No obstante, el CO₂ y los hidrocarburos no quemados son responsables directos del calentamiento global y, por lo tanto, de todas las patologías y catástrofes asociadas a éste, [4].

El NOx es el término genérico para referirse a todos los óxidos de nitrógeno. El NO₂ y el NO₃ son gases altamente reactivos, capaces de reaccionar con diversas sustancias orgánicas volátiles que se encuentran en la atmósfera, sólo bajo la presencia de la luz solar y el calor. Su reacción da como resultado el denominado

ozono troposférico (O₃). Aunque el ozono no es un contaminante por sí mismo, pues forma parte de la composición natural de la atmósfera y es el responsable principal de contener a los rayos UV que provienen del sol, su presencia a baja altura sí resulta perjudicial para el ser humano. En esa condición causa irritaciones en el aparato respiratorio, el agravamiento de alergias respiratorias y diversas enfermedades crónicas. Adicionalmente, los óxidos de nitrógeno contribuyen activamente a la acidificación del agua en el proceso conocido como lluvia ácida, cuya capacidad para reaccionar con compuestos de la atmósfera deriva en la generación de numerosos agentes mutagénicos y cancerígenos que se encuentran presentes en el aire que se respira cada día, [4].

La combustión incompleta de hidrocarburos produce también el CO, que es capaz de pasar a la sangre a través de las vías respiratorias, donde se combina con la hemoglobina. Una consecuencia directa es la disminución de las funciones del organismo humano por la imposibilidad de la carboxihemoglobina, el resultante de ésta combinación, para transportar el oxígeno a través del cuerpo. Las partículas, por su parte, son capaces de introducirse en el sistema respiratorio, donde las más finas (menores de 2,5 µm) pueden abrirse paso hasta las zonas más profundas. Son causantes directas de un gran número de muertes prematuras, así como disfunciones en el sistema respiratorio. Se relacionan directamente con el asma y en niños pueden contribuir a un mal desarrollo de la capacidad pulmonar. Además de sus efectos directos, pueden servir como medio de transporte para otras sustancias nocivas, [4].

Control de emisiones

Con el incremento de la población y de los vehículos de transporte han surgido también problemas de deterioro de la calidad del aire, cuyos efectos son más evidentes en las regiones

densamente pobladas, figura 3. Preocupados por este fenómeno, algunos gobiernos han tomado acciones para contrarrestar estos efectos. Dentro de las acciones consideradas se encuentra el establecimiento de estándares máximos permisibles de emisiones, programas de verificación vehicular y empleo de combustibles menos contaminantes.



Figura 3
Contaminación ambiental en ciudad densamente poblada

Agudizado por el paso del tiempo, estas medidas van siendo cada vez más restrictivas. Consecuentemente, los fabricantes de motores y vehículos han tenido que desarrollar tecnologías que permitan cumplir con los límites de emisiones establecidos. Dentro de estas tecnologías se encuentran el uso de convertidores catalíticos, inyección electrónica de combustible, manejo selectivo de gases y filtros de partículas, entre otros.

A nivel mundial existen dos grupos de estándares vanguardistas de control de emisiones contaminantes y de calidad de combustibles. Estos estándares son desarrollados por la Unión Europea y por los Estados Unidos, conocidos comúnmente como normas Euro y EPA, respectivamente. Estos estándares son la referencia de muchos otros países para establecer sus propias normativas.

Normativa de Estados Unidos

El primero en establecer medidas para mitigar la contaminación generada por los MCI fue Estados Unidos. En 1963 promulgó el Acta del Aire Limpio (Clean Air Act, CAA), que ordenó adoptar estándares de control de la calidad del aire a nivel mundial. Como consecuencia de esta ley, la Agencia de Protección Ambiental (EPA), desarrolló y estableció normas para proteger la salud de la población expuesta a los contaminantes presentes en el aire atmosférico, [5]. Posteriormente, la Clean Air Act Amendment (CAAA) enmendó la CAA en 1970, estableciendo la meta de reducción del 90% de emisiones en automóviles de gasolina nuevos a partir de 1975. Con este objetivo se incorporaron sistemas de control de evaporaciones en el tanque de combustible y el dispositivo de recirculación de gases de escape (Exhaust Gas Recirculation, EGR) para reducir las emisiones de NOx. En 1974 se adoptó el criterio Promedio Empresarial de Ahorro de Combustible (Corporate Average Fuel Economy, CAFE) y en 1975 se incorporó la primera generación de convertidores catalíticos (Two Way Catalytic Converter, TWC) para reducir las emisiones de hidrocarburos no quemados (HC) y de monóxido de carbono (CO), lo que requirió emplear gasolina sin plomo. Una nueva enmienda se aplicó en 1990 a la CAAA, estableciendo un límite máximo de contenido de azufre del diesel para autobuses escolares y camiones de carga y pasajeros en modelos de 1985 y posteriores, [5].

De esta forma se han ido restringiendo paulatinamente los límites permisibles de emisiones. La designación de la normativa es, para el caso de vehículos de carga pesada con motores de encendido por compresión, EPA más los últimos dos dígitos del año en que entra en vigor; por ejemplo, EPA 04, EPA 98 hasta EPA10, siendo esta última la vigente a la fecha. Para el caso de vehículos ligeros, motocicletas y automóviles con motores

de encendido por chispa, la designación comienza por las letras Bin, seguidas por un número consecutivo descendente; ejemplo Bin 11, Bin 10, Bin 9, etc.

Para los motores de encendido por compresión se observa la disminución paulatina de los límites en los óxidos de nitrógeno (NOx) y el material particulado (PM), mientras que los hidrocarburos no quemados (HC) y el monóxido de carbono (CO) se mantienen sin cambios. Una tendencia similar para los NOx se aplica para los motores encendidos por chispa, conservando los límites de CO y HCHO (formaldehído atmosférico) a partir de Bin 9.

La calidad del combustible es un parámetro sumamente importante para que los motores puedan cumplir con los límites de emisiones contaminantes. Por tanto, la normativa EPA contempla este tema en sus regulaciones, restringiendo de forma paulatina principalmente el contenido de azufre, [5].

Como se observa, la regulación fue menos restrictiva para el caso del diesel no automotriz, aunque a partir del año 2010 consideran el mismo límite de 15 ppm (partes por millón). Respecto a la gasolina, el límite restrictivo se mantiene en el mismo intervalo desde el 2006.

Normativa de la Unión Europea (UE)

En la Comunidad Económica Europea, la Agencia Europea del Medio Ambiente ha seguido las tendencias de los Estados Unidos, aunque con desfase en la aplicación de normas de emisión. Con una política similar, las normas de emisión se definen en una serie de directivas de la Unión Europea con implantación progresiva, cada vez mayormente restrictivas. Las etapas son normalmente denominadas Euro 1 (1993), Euro 2 (1996), Euro 3 (2000), Euro 4 (2005),

Euro 5 (2009) y Euro 6 (2014), para vehículos ligeros, mientras que para pesados utilizan números romanos ascendentes, como Euro I, Euro II hasta Euro VI, el último vigente. Esta normatividad queda bajo el marco jurídico de una serie de directivas derivadas como modificación de la Directiva 70/220/CEE, [6].

Actualmente, las emisiones de óxidos de nitrógeno (NOx), Hidrocarburos (HC), Monóxido de carbono (CO) y partículas se regulan para la mayoría de los tipos de vehículos, excluyendo los barcos de navegación marítima y los aviones, aplicando normas diferentes para cada tipo. El cumplimiento se determina controlando el funcionamiento del motor en un ciclo de ensayos normalizado, en el que los vehículos nuevos no conformes tienen prohibida su venta en la Unión Europea, pero que no son aplicables a los vehículos que ya están en circulación. En estas normas no se obliga el uso de una tecnología en concreto para limitar las emisiones de contaminantes, aunque se consideran las técnicas disponibles a la hora de establecer las normas, [6]. De la misma manera que en las normas EPA, las normas EURO para vehículos ligeros establecen los límites de emisiones en unidades de masa sobre unidades de longitud, mientras que para vehículos de carga pesada se expresan en unidades de masa sobre unidades de potencia por unidad de tiempo. Debido a la implantación del Sistema Internacional de Unidades de Medida, los valores se expresan en g/km y g/kWh, respectivamente.

La normativa europea contempla la categoría de vehículos pesados con motores diesel que en general incluye camiones y autobuses con peso mayor a 3500 kg. En vehículos con peso menor existen 4 categorías, a decir: vehículos turismo, vehículos industriales ligeros con peso menor o igual a 1305 kg, vehículos industriales ligeros con peso de 1305 a 1760

kg y vehículos industriales ligeros con peso de 1760 a 3500 kg. En todas estas categorías se incluyen límites tanto para el uso de gasolina como diesel.

Comparativa EPA - Euro

Las normativas de control de emisiones de Estados Unidos (EPA) y las de la Comunidad Europea (Euro) presentan ciertas diferencias,

con límites más restrictivos para unos u otros contaminantes. Tal es el caso de los límites aplicados a vehículos de carga pesada que funcionan con diesel, en los que la normativa Euro es más estricta que la EPA para el caso del material particulado, mientras que esto se invierte para los óxidos de nitrógeno (NOx). En la Figura 4 se muestran las diferentes etapas de ambas normativas, en las que se pueden observar las diferencias descritas.

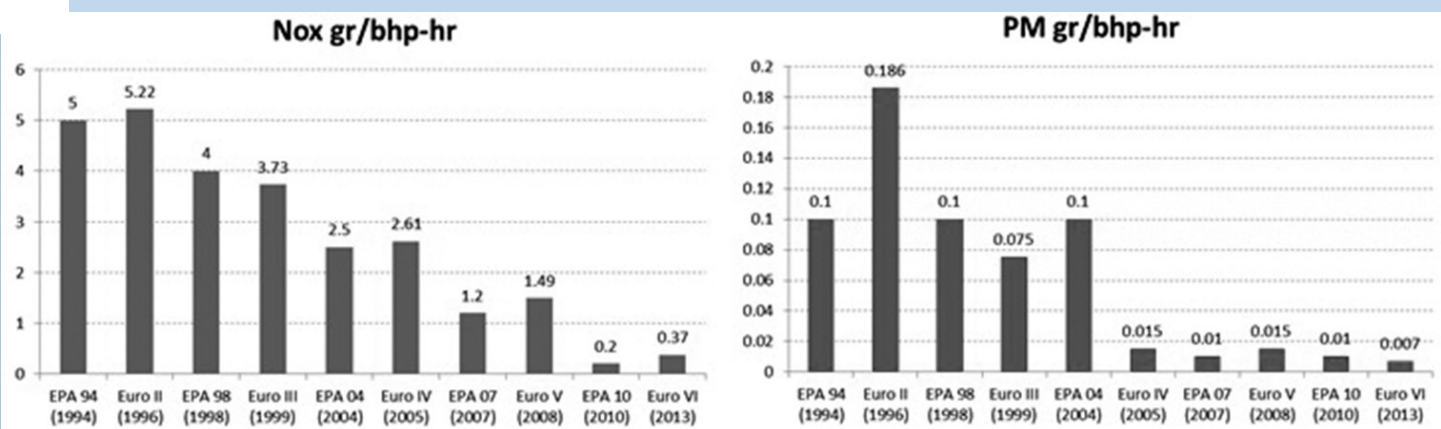


Figura 4
Comparativa entre límites máximos de emisiones de Normas EPA y Euro para vehículos de carga pesada que usan diesel

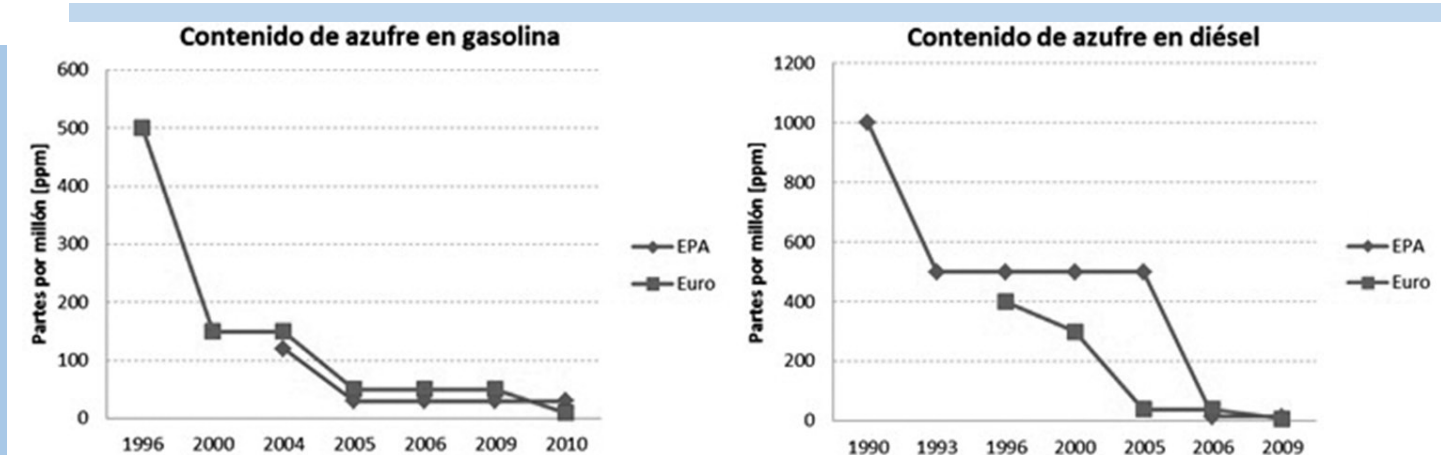


Figura 5
Comparativa entre límites máximos de contenido de azufre en la gasolina y el diesel

De igual forma existen diferencias en los niveles permisibles de contenido de azufre en los combustibles, así como en los periodos en que entran en vigor las reducciones en estos niveles. En la Figura 5 se observan estas reducciones, en las que resulta notorio que la normativa Euro contempla niveles inferiores para el caso del diesel.

No Normativa Mexicana

En el caso de México existen dos vertientes para la regulación de los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes. Por un lado está la normativa que atañe a los vehículos que ya se encuentran en circulación, mientras que por otro está la correspondiente a vehículos nuevos.

Considerando la primer vertiente, la NOM-041-SEMARNAT-2006 establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, [7]. El objetivo de esta norma es establecer los límites máximos de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, oxígeno y óxido de nitrógeno; así como el nivel mínimo y máximo de la suma de monóxido y bióxido de carbono.

Esta norma exenta a vehículos con peso bruto vehicular menor de 400 kg, motocicletas, tractores agrícolas, maquinaria dedicada a las industrias de la construcción y minera. Así mismo, establece aspectos y características aplicables a los programas de verificación vehicular.

Complementariamente, la NOM-045-SEMARNAT-2006 establece los límites máximos permisibles de coeficiente de absorción de luz y el porcentaje de opacidad, provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible, [8]. De manera similar a la anterior, su obligatoriedad excluye la maquinaria equipada con motores a diesel empleada en las actividades agrícolas, de la construcción y de la minería.

Para regular las emisiones en vehículos nuevos se cuenta con la NOM-076-SEMARNAT-2012, que establece los niveles máximos permisibles de emisiones provenientes de vehículos propulsados por motores que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y con peso bruto mayor de 3857 kg nuevos en planta. Esta norma es de observancia obligatoria para los

Tabla 1
Límites máximos permisibles de emisiones

Estándar	Límite de emisiones g/bhp-hr									
	PBV 3857-6350 kg					PBV mayor de 6350 kg				
	HC	HCNM	CO	NOx	HCev	HC	HCNM	CO	NOx	HCev
A	1.1	-	14.4	4.0	3.0	1.9	-	37.1	4.0	3.0
B	-	0.14		0.2	1.75	-	0.14	14.4	0.2	2.3
Límite de emisiones bajo el Ciclo Europeo de Transición g/kWh										
	CH ⁴		HCNM		CO		NOx			
A¹	1.10		0.55		4.00		3.50			
B¹	1.10		0.55		4.00		2.00			

Fuente: Diario Oficial, NOM-076-SEMARNAT-2012.

fabricantes, importadores y ensambladores de motores nuevos que se deseen comercializar en México [9]. En la tabla 1 se muestran los límites máximos de emisiones para los motores de encendido por chispa, considerando los métodos de prueba tanto americanos como europeos. Se incluye en la norma la especificación para Hidrocarburos no metano (HCNM).

El Estándar A se refiere a los límites máximos a partir de la entrada en vigor de la norma, utilizando el método de prueba de Ciclo Transitorio. Para cumplir con el Estándar B es necesario contar con plena disponibilidad de gasolina en todo el país con promedio de contenido de azufre de 30 a 80 ppm. Los límites de los Estándares A¹ y B¹ aplican únicamente para motores diseñados para cumplir con el Ciclo Europeo de Transición. El Estándar A¹ tendrá vigencia hasta junio de 2014 y en julio del mismo año entrará en vigor el Estándar B¹.

Complementariamente, la NOM-042-SEMARNAT-2003 establece los límites máximos permisibles de emisiones provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos, cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural

y diesel. Esta Norma aplica tanto a vehículos nuevos fabricados en México, como a los fabricados en otros países que se importen definitivamente en el territorio nacional, estableciendo, además, una clasificación de vehículos acorde al tipo de carga para la que están diseñados, y al peso bruto vehicular, [10]. Así, se tiene que existen las categorías de vehículo de pasajeros (VP), camión ligero (1, 2, 3, 4) y vehículo utilitario.

Respecto a emisiones de vehículos de carga pesada que usan diesel como combustible y que son empleados para propulsar vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3857 kilogramos, se aplica la NOM-044-SEMARNAT-2006. La norma establece los límites máximos permisibles de emisiones contaminantes de hidrocarburos (HC), hidrocarburos no metano (HCNM), monóxido de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NOx), hidrocarburos no metano más óxidos de nitrógeno (HCNM+NOx), partículas (PM) y opacidad del humo proveniente del escape, [11]. Estos valores máximos permisibles de emisiones se aprecian en la tabla 2, considerando los métodos de prueba tanto europeos como norteamericanos. Los Estándares A y A¹ tienen vigencia para vehículos fabricados desde 2006 hasta junio de 2008. Posteriormente, se aplican los

Tabla 2
Límites máximos permisibles de contenido de azufre en combustibles

Estándar	Límite de emisiones g/bhp-hr					
	CO	NOx	HC	PM	HCNM+NOx	Opacidad %
A	15.5	4.0	1.3	0.10	-	20 -15 - 50
B		-	-		2.4	
Límite de emisiones bajo el Ciclo Europeo de Transición g/kWh						
	CO	NOx	HC	PM	Opacidad	
A¹	2.1	5.0	0.66	0.1	0.8	
B¹	1.5	3.5	0.46	0.02	0.5	

Fuente: Diario Oficial, NOM-044-SEMARNAT-2006.

Estándares B y B1 para vehículos fabricados a partir de julio de 2008 hasta junio de 2014. En lo que respecta a la calidad de los combustibles, México cuenta con la NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, en donde se dan las especificaciones que deben cumplir los combustibles fósiles que se comercialicen en territorio nacional [12]. Entre otras propiedades, en esta Norma se especifica la cantidad máxima de azufre que deben contener tanto el diesel como la gasolina, como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3
Límites máximos permisibles de contenido de azufre en combustibles

Año	Límite máximo de azufre (ppm)			
	Gasolina		Diesel	
	Premium	Magna	Diesel automotriz	Diesel
2005	250/300	300/500	500	5000
2006	30/80			
2007			15 zona fronteriza	
2009		30/80	15 resto país	

Fuente: Diario Oficial, NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005

CoComentarios finales

Un tema importante para el cumplimiento con la normatividad respecto a los límites permisibles de contaminantes arrojados a la atmósfera, es la aplicación de tecnologías aplicadas a los motores para la reducción de emisiones, que está asociado con un segundo tema referente a la calidad de los combustibles utilizados. El desarrollo tecnológico ha permitido fabricar motores que, considerando una buena calidad de combustible, emitan contaminantes al ambiente en magnitudes menores a los límites indicados. En la medida en que paralelamente se extienda la disponibilidad de combustibles con características que mejoren su proceso de combustión, facilitarán que los motores

avanzados tecnológicamente tengan una mayor eficiencia, con menores emisiones que afecten negativamente la calidad del aire y, por extensión, al medio ambiente.

En ese contexto, el uso de diesel automotriz denominado de ultra bajo azufre (UBA) que contiene cuando mucho 15 ppm, favorece una menor emisión de contaminantes al utilizarse en motores de última generación. En la frontera norte hay disponibilidad de diesel de estas características y, bajo condiciones particulares, es empleado por algunos sistemas colectivos de transporte en otras regiones, como es el caso del Metrobús en la Cd. de México, D.F. Este tipo de combustibles favorecen el cumplimiento normativo de los límites indicados de emisiones contaminantes y, por tanto, una mayor disponibilidad de combustibles con estas mejoras permitiría preparar ajustes o modificaciones a la NOM-044-SEMARNAT-2006 para reducir los límites de emisiones de vehículos de carga pesada que utilizan diesel. Consecuentemente, los ajustes normativos promoverían un mayor compromiso de fabricantes y armadores de vehículos para equipar sus unidades con motores con tecnología de punta en la reducción de emisiones. Dichas tecnologías dependen del uso de combustibles con niveles muy bajos de azufre para funcionar de forma correcta y mitigar, con ello, el daño al medio ambiente generado por este tipo de transportes.

Referencias

1. Jovaj, M.S. y Maslov, G.S. Motores de automóvil. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. 1978.
2. Jovaj, M.S. y otros. Motores de automóvil. Editorial Mir. Moscú. 1982.
3. Aficionados a la Mecánica. Página web <http://www.aficionadosalamecanica.net> consultada en noviembre de 2013

4. TECMOVIA Tecnología y Coches de Nueva Generación. Página web <http://www.tecmovia.com> consultada en noviembre de 2013.

5. Environment Protection Agency (EPA). Página web <http://www.epa.gov> consultada en diciembre de 2013.

6. Wikipedia La Enciclopedia Libre. Página web <http://es.wikipedia.org> consultada en noviembre de 2013

7. Norma Oficial Mexicana NOM-041-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible, Diario Oficial, Primera Sección, pp35-42, martes 6 de marzo de 2007.

8. Norma Oficial Mexicana NOM-045-SEMARNAT-2006, Protección ambiental. Vehículos en circulación que usan diesel como combustible. Límites máximos permisibles de opacidad, procedimiento de prueba y características técnicas del equipo de medición, Diario Oficial, Primera Sección, pp25-36, jueves 13 de septiembre de 2007.

9. Norma Oficial Mexicana NOM-076-SEMARNAT-2012, que establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto mayor de 3857 kg nuevos en planta. Diario Oficial, Segunda Sección, pp 35-42, martes 27 de noviembre de 2012.

10. Norma Oficial Mexicana NOM-042-SEMARNAT-2003, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales o no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas provenientes del escape de los vehículos automotores nuevos cuyo peso bruto vehicular no exceda los 3,857 kilogramos, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel, así como de las emisiones de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible de dichos vehículos. Diario Oficial, Primera Sección, pp64-76, miércoles 7 de septiembre de 2005.

11. Norma Oficial Mexicana NOM-044-SEMARNAT-2006, que establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizaran para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3857 kilogramos, así como para unidades nuevas con peso bruto vehicular mayor a 3857 kg equipadas con este tipo de motores, Diario Oficial, Primera Sección, pp2-9, jueves 12 de octubre de 2006.

12. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005, Especificaciones de los combustibles fósiles para la protección ambiental. Diario Oficial, Primera Sección, pp64-81, lunes 30 de enero de 2006.

CENTENO Oscar
oflores@imt.mx
FABELA Manuel de Jesús
mjfabela@imt.mx
BLAKE Carlos
carblake72@gmail.com

Agradecimientos:

VÁZQUEZ David
vazqvega@imt.mx
HERNÁNDEZ J. Ricardo
jrhdez@imt.mx

*Puede consultar la versión en extenso de este artículo en la página web del IMT en la siguiente liga: <http://imt.mx/SitioIMT/Boletines/resumen-boletines.aspx?IdArticulo=396&IdBoletin=149>

GLOSARIO**Artículo 1:**

Velocidad excesiva: Es una velocidad por encima del límite de velocidad reglamentado u obligado.

Velocidad inadecuada: Es una velocidad demasiado alta para las condiciones imperantes, pero dentro del límite de velocidad.

Exceso de velocidad: Engloba velocidad excesiva e inadecuada.

Pesaje de vehículos en movimiento: Consiste en medir, sin perturbar el tránsito vehicular, las cargas dinámicas de los vehículos (total, por eje, por llanta) sobre el pavimento al circular por la carretera a su velocidad normal de recorrido.

Artículo 2:

SIG (Sistema de Información Geográfica): Conjunto de hardware, software, datos, personas y procedimientos, organizados para capturar, almacenar, actualizar, manejar, analizar y desplegar eficientemente rasgos de información referenciados geográficamente.

GPS (Global Positioning System): Sistema que permite conocer la posición de un objeto móvil gracias a la recepción de señales emitidas por una red de satélites.

CSV (Comma Separated Values): Tipo de archivo de texto utilizado para el intercambio de datos entre aplicaciones desde una base de datos u hoja de cálculo. Cada línea de un archivo de texto CSV representa un registro de la base de datos. Los campos de dicho registro se separan mediante comas.

Georreferenciar / Georreferenciación: Se refiere al posicionamiento con el que se define la localización de un objeto espacial (representado mediante punto, vector, área) en un sistema de coordenadas.

Artículo 3:

MCI: Motor de combustión interna, que utiliza básicamente combustibles fósiles para producir energía mecánica a partir de una reacción química de oxidación, en la que el combustible se combina con un comburente, comúnmente el oxígeno del aire atmosférico.

Emisión contaminante: En el caso de MCI, cada uno de los productos resultantes de la combustión llevada a cabo en las cámaras de combustión del motor, que se emite a la atmósfera y que tiene un efecto nocivo a los seres vivos.

PROYECTO EN MARCHA

Evaluación del módulo de elasticidad en materiales estabilizados con cemento y un aditivo que potencializa las propiedades del cemento

La construcción de toda obra carretera requiere de una serie de materiales con diferentes características. Entre estos materiales se pueden mencionar los suelos que se colocan en las capas inferiores (subrasante, subyacente y terraplén) y los materiales granulares que se colocan en las capas más cercanas a la superficie de rodamiento (base y subbase). La fuente de abastecimiento de estos materiales son los propios materiales que se encuentran a lo largo del trazo del proyecto cuando cumplen con las especificaciones, sin embargo, en muchos casos esto no es así, por lo que los materiales son acarreados de bancos cercanos a la obra. Con respecto a esto, la protección al medio ambiente cada vez impone mayores limitaciones para la búsqueda y explotación de los bancos de materiales, lo cual ha traído como consecuencia que la utilización de aditivos para mejorar las propiedades de los materiales de construcción de carreteras sea una práctica frecuente, sin embargo, antes de que estos productos se agreguen a los materiales en campo se debe verificar cuáles son las propiedades que mejora.

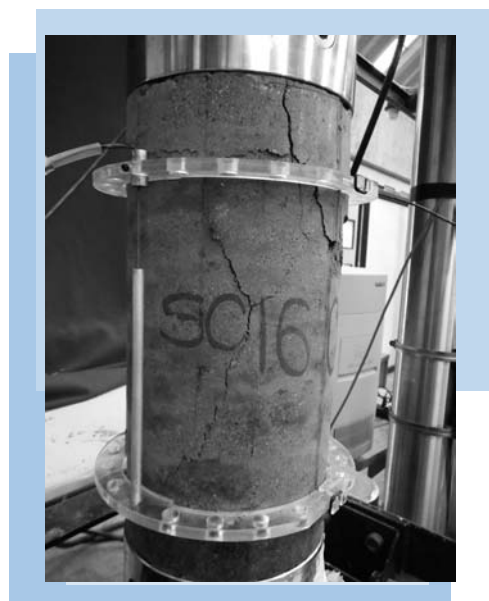
En la literatura generalmente se identifica que las propiedades utilizadas en la evaluación de aditivos son propiedades índice, la resistencia en compresión simple, la degradación ante ciclos de secado y humedecimiento, etc. Propiedades como el módulo de elasticidad son menos usuales.

En este proyecto se está llevando a cabo la determinación del módulo de elasticidad de

materiales estabilizados con cemento y un aditivo que potencializa las propiedades del cemento.

Los valores de módulo de elasticidad que se obtengan en este proyecto podrán ser utilizados posteriormente cuando se lleve a cabo el diseño de un pavimento que involucra tal tipo de materiales. Cabe señalar que para evaluar este parámetro se está utilizando un sistema similar al indicado en la norma ASTM C469 (evaluación del módulo de elasticidad y la relación de Poisson en cilindros de concreto) con la diferencia que en este caso se están utilizando sensores de alta precisión para poder determinar las deformaciones del espécimen de forma confiable (Figura 1).

PÉREZ Natalia
nperez@imt.mx



PUBLICACIÓN

Análisis de deterioro por fatiga en torones de presfuerzo utilizados en puentes

La **publicación técnica 385** es el resultado de un trabajo de vinculación con la Universidad Autónoma de Querétaro, la empresa Mexicana de Presfuerzo S. A. de C. V., el Centro de Física Aplicada y Tecnología Avanzada de la Universidad Nacional Autónoma de México y la Coordinación de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural del Instituto Mexicano del Transporte.

En este trabajo se aborda el deterioro por fatiga en torones de presfuerzo de siete

alambres sin recubrimiento, los cuales son utilizados en puentes de concreto presfuerzo y en puentes atirantados. La importancia del estudio de la fatiga en torones, es que éstos son componentes estructurales vulnerables al deterioro por estar sometidos a cargas fluctuantes debidas al tránsito de vehículos, los vientos, los sismos, etc.

Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto:

<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt385.pdf>

EVENTOS ACADÉMICOS Y CONGRESOS

Logística y Diseño de la Cadena de Suministro

La Coordinación de Integración del Transporte a través del Dr. José Elías Jiménez Sánchez y el Dr. Miguel Gastón Cedillo Campos, miembros de la iniciativa Centro Nacional para la Innovación en Transporte Intermodal y Logística (CeNIT-Logístico), diseñaron e impartieron el 18 de julio del 2014 en las instalaciones del IMT, el "Taller Vivencial de Logística y Cadena de Suministro" a estudiantes y profesores de la Universidad Aeronáutica de Querétaro (UNAQ).

El mismo tuvo por objetivo el exponer la importancia e impacto en el sector aeronáutico de las nuevas tendencias en el diseño de cadenas de suministro globales.

Los participantes recibieron información y metodologías en el estado del arte sobre el diseño de cadenas de suministro y análisis de costos operativos en cadenas de transporte.

El taller vivencial tuvo una duración de 5 horas en aula, con actividades de simulación y análisis cuantitativo, para posteriormente desarrollar una visita a las diferentes instalaciones del IMT.

Al finalizar el evento, los participantes recibieron un reconocimiento y se lanzó el inicio de la colaboración activa con la UNAQ, un importante miembro del reconocido Clúster Aeroespacial de Querétaro.

DIRECTORIO

M. en I. y M. en E. José San Martín Romero
Director General
(55) 5265 3600 ext. 4000 (442) 2 16 97 77 ext. 2033
jose.sanmartin@imt.mx

Ing. Roberto Aguerrebere Salido
Coordinador Operativo
(442) 2 16 97 77 ext. 2001
roberto.aguerrebere@imt.mx

Ing. Jorge Armendariz Jiménez
Coordinador de Administración y Finanzas
(442) 2 16 97 77 ext. 2029
jorge.armendariz@imt.mx

Ing. Alfonso Mauricio Elizondo Ramírez
Coordinador de Normativa para la Infraestructura del Transporte
(55) 52 65 36 00 ext. 4314
alfonso.elizondo@imt.mx

M. en E. Victor Manuel Islas Rivera
Coordinador de Economía de los Transportes y Desarrollo Regional
(442) 216 97 77 ext. 2018
victor.islas@imt.mx

Dr. Carlos Daniel Martner Peyrelongue
Coordinador de Integración del Transporte
(442) 216 97 77 ext. 2007 martner@imt.mx

Dr. Miguel Martínez Madrid
Coordinador de Ingeniería Vehicular e Integridad Estructural
(442) 216 97 77 ext. 3101
miguel.martinez@imt.mx

Dr. Alberto Mendoza Díaz
Coordinador de Seguridad y Operación del Transporte
(442) 216 97 77 ext. 2014
alberto.mendoza@imt.mx

M. en C. Tristán Ruíz Lang
Coordinador de Ingeniería Portuaria y Sistemas Geoespaciales
(442) 216 97 77 ext. 2005
tristan.ruiz@imt.mx

M. en C. Rodolfo Téllez Gutiérrez
Coordinador de Infraestructura
(442) 216 97 77 ext. 2016
rodolfo.tellez@imt.mx

El diseño y elaboración de la presente publicación es realizada y está a cargo de:

M. en D.G. Alejandra Gutiérrez Soria
agutierrez@imt.mx

INFORMACIÓN Y CONTACTOS

CURSOS INTERNACIONALES IMT

El Instituto Mexicano del Transporte (IMT), a través de su Unidad de Servicios Académicos, hace una cordial invitación a los profesionales interesados en participar en los cursos que ofrece dentro del programa de capacitación IMT; el cual se publica en la página web:

<http://imt.mx/Espanol/Capacitacion/>

PUBLICACIONES, BOLETINES Y NORMAS

En dicha página web pueden consultarse sus publicaciones completas, los boletines externos "NOTAS" anteriores y las nuevas normas técnicas, ingresando a los enlaces siguientes:

<http://imt.mx/Espanol/Publicaciones/>

<http://boletin.imt.mx/>

<http://normas.imt.mx/>

INFORMES:

Tels: (442) 216 96 46, 216 96 11
216 96 57 ext. 2801 y 2802

Fax: 216 96 71

Correo: publicaciones@imt.mx

Electrónico: capacitación@imt.mx

Para cualquier comentario o sugerencia con respecto, a esta publicación o ejemplares pasados, nos podrá contactar en: notas@imt.mx

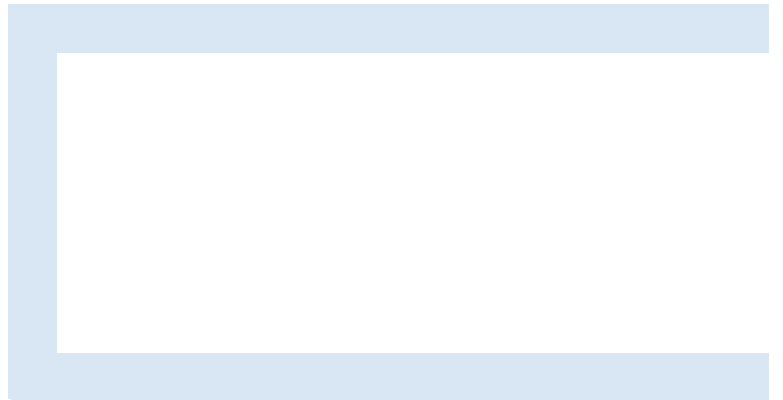
El contenido de los artículos aquí publicados es responsabilidad exclusiva de sus autores; por tanto, no refleja necesariamente el punto de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

Se autoriza la reproducción parcial o total de los artículos contenidos en este ejemplar, siempre y cuando sean citados como fuente los nombres de autor (es), título del artículo, número y fecha de este boletín.



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE
APARTADO POSTAL 1098
76000 QUERÉTARO, QRO
MÉXICO

Registro Postal
Cartas
CA22-0070
Autorizado por Sepomex



POR AVIÓN
AIR MAIL