

APLICACIÓN DE CADENAS DE MARKOV HOMOGÉNEAS EN EL MODELADO DEL DETERIORO DE CARRETERAS

Introducción

Una cadena de Markov se define como una secuencia de variables aleatorias que representan los estados de un determinado sistema durante una serie de intervalos de tiempo, de modo tal que el estado del sistema en el intervalo actual depende únicamente de su estado en el intervalo inmediato anterior y no de los estados previos.

En ingeniería de carreteras, las cadenas de Markov se han aplicado principalmente en el desarrollo de modelos probabilísticos para estimar el deterioro de pavimentos y de otros activos viales. Estas aplicaciones han sido recurrentes en los Estados Unidos de América y en otros países desarrollados, sin embargo, en México no parece haber experiencia alguna al respecto. Lo anterior resulta en cierto modo paradójico ya que, por una parte, nuestro país adolece la falta de modelos de deterioro adaptados a las condiciones de nuestras carreteras y, por otra, la aplicación de las cadenas de Markov es relativamente sencilla, si bien es cierto que su uso generalizado requiere de un volumen importante de información histórica que, en muchos casos, no se encuentra disponible.

El artículo presenta, en primer lugar, una clasificación general de los modelos para la estimación del deterioro de carreteras. Enseguida, se describen las cadenas de Markov, incluyendo su definición, propiedades y algunas consideraciones para su aplicación en el modelado del deterioro. Más adelante,

se desarrolla un ejemplo de aplicación de las cadenas de Markov homogéneas en la predicción de la evolución del IRI, empleando datos de un tramo de la red de autopistas del Fondo Nacional de Infraestructura. El ejercicio del que este ejemplo forma parte tuvo un doble propósito: por un lado, ilustrar la aplicación de las cadenas de Markov y, por otro, valorar de manera inicial la pertinencia del método en nuestro país. Al final del artículo se presentan algunas conclusiones derivadas de los resultados obtenidos.

TipoTipos de modelos de deterioro

Los modelos de deterioro pueden clasificarse, de manera muy general en las siguientes dos categorías (Robinson, y otros, 1998):

CONTENIDO

APLICACIÓN DE CADENAS DE MARKOV HOMOGÉNEAS EN EL MODELADO DEL DETERIORO DE CARRETERAS	1
PRIORIZACIÓN DE LA REAPERTURA DE TRAMOS CARRETEROS	9
CONCIERTIZACIÓN A TRAVÉS DE CAMPAÑAS DE SEGURIDAD VIAL PARA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES VIALES	14
GLOSARIO	20
PROYECTOS EN MARCHA	21
PUBLICACIÓN	25
EVENTOS ACADÉMICOS	25

a) Modelos deterministas. Estiman la condición mediante un valor preciso, calculado con funciones matemáticas que relacionan de una u otra forma un indicador de deterioro con un conjunto de variables explicativas. Forman parte de esta clase los modelos puramente mecanicistas, los de regresión y los empírico-mecanicistas.

b) Modelos probabilísticos. El estado futuro de la carretera se estima como una función de probabilidad del rango de posibles estados que podrían presentarse.

Se pueden utilizar dos tipos de funciones de probabilidad:

i) *Función continua.* Expresa la probabilidad de que un índice de estado sea mayor que un valor dado en relación con la edad del pavimento. Este tipo de función se conoce como “curva de supervivencia”.

ii) *Función discreta.* Conocida también como “función markoviana”, debido a que se basa en el concepto de “cadenas de Markov”, esta función divide el espacio de todas las condiciones posibles en una serie de “estados de condición”.

Definición y propiedades de las cadenas de Markov

El modelo de cadenas de Markov se refiere a un proceso estocástico con las siguientes propiedades:

- a) Es discreto en el tiempo.
- b) Se define en un espacio finito de estados posibles.
- c) El cambio entre estados está determinado por un conjunto de probabilidades p_{ij} .
- d) La probabilidad de que el proceso pase del estado i al estado j (p_{ij}) depende únicamente del estado actual y no de los estados anteriores. A esta característica se le conoce como propiedad

de Markov y puede enunciarse como sigue (Lam, 2008):

$$p_{ij}(a_{t+1}) | a_1, a_2, \dots, a_t = p_{ij}(a_{t+1}) | a_t \quad (1)$$

Para utilizar las cadenas de Markov en el modelado del deterioro del pavimento normalmente se parte de los siguientes supuestos:

- Los estados del proceso corresponden a los distintos niveles de deterioro del pavimento, definidos en términos de indicadores de daño como regularidad, deterioros superficiales o índices compuestos como el Índice de Nivel de Servicio Actual (PSI por *Present Serviceability Index*).
- El nivel de deterioro se expresa a través de estados o bandas de condición definidos en términos de algún indicador de interés, por ejemplo, $1.5 \leq IRI < 3.5$ para el Índice de Regularidad Internacional (IRI).
- Los estados del proceso ocurren en ciclos de servicio con una duración fija, normalmente de un año.
- Se asume que el deterioro de pavimentos cumple con la propiedad de Markov, es decir, que el estado futuro depende únicamente del estado actual.

Existen dos entidades básicas vinculadas al uso de cadenas de Markov. La primera es el vector de estado, que expresa la condición de un tramo o red como una colección de las fracciones que se encuentran en cada una de las bandas definidas. Este vector tiene la forma:

$$a_t(a_{t,1}, a_{t,2}, \dots, a_{t,n}) \quad (2)$$

En la expresión anterior, $a_{t,i}$ representa la fracción del tramo o red que se encuentra en el estado i durante el ciclo de servicio t . Para el vector de estado, se debe verificar que:

$$a_{t,i} \geq 0 \quad \forall i$$

$$\sum_i a_{ti} = 1$$

La otra entidad es la matriz de probabilidades de transición (MPT), la cual agrupa todas las probabilidades de que el estado de la carretera pase del estado i al estado j entre dos ciclos de servicio consecutivos. La MPT está dada por:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & \dots & p_{1n} \\ p_{21} & p_{22} & \dots & p_{2n} \\ \vdots & \square & \square & \vdots \\ p_{n1} & p_{n2} & \dots & p_{nn} \end{bmatrix}$$

donde p_{ij} es la probabilidad de que el estado del pavimento cambie del estado i al estado j entre los ciclos de servicio t y $t+1$.

De forma análoga al caso del vector de estado, se debe verificar que:

$$p_{i,j} \geq 0 \quad \forall i, j$$

$$\sum_i p_{i,j} = 1 \quad \forall j$$

Un activo carretero no puede mejorar su condición a menos que se ejecuten en él acciones de conservación. Por lo tanto, las cadenas de Markov utilizadas para modelar el deterioro de carreteras deben cumplir también con la siguiente condición:

$$p_{ij} = 0 \quad \forall i > j$$

Adicionalmente, es usual suponer que el activo no puede deteriorarse en más de un estado durante un ciclo de servicio. Con las consideraciones anteriores, la MPT queda:

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_{22} & p_{23} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \square & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

Para el uso de cadenas de Markov en la predicción del deterioro de carreteras, se parte de un vector de estado inicial a_0 , que contiene las porciones del tramo o red de interés que se encuentran, al inicio del periodo de análisis, en cada uno de los estados de condición establecidos:

$$a_0 = [a_{0,1}, a_{0,2}, \dots, a_{0,n}]$$

El vector de estado que corresponde al primer año del periodo de análisis, a_1 , se calcula entonces como:

$$a_1 = [a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,n}] = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & p_{22} & p_{23} & \dots & 0 \\ 0 & 0 & p_{33} & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \square & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 \end{bmatrix} a_0$$

o, en notación matricial:

$$a_1 = a_0 P$$

Si la MPT se mantiene constante en el segundo año del periodo de análisis y en los ciclos de servicio subsecuentes:

$$a_2 = a_1 P = a_0 P^2$$

$$a_t = a_{t-1} P = a_0 P^t \quad (4)$$

donde t se refiere a cualquier ciclo de servicio.

Cuando las matrices de probabilidades de transición no cambian en el tiempo, a las cadenas de Markov resultantes se le conoce como *cadenas homogéneas* y, en caso contrario como *cadenas no homogéneas*.

Para el cálculo de los elementos p_{ij} de la MPT normalmente se utilizan dos métodos (Ortiz-García, y otros, 2006). El primero de ellos consiste en obtenerlos como:

$$P_{ij} = \frac{N_{ij}}{N_i} \quad (5)$$

donde N_{ij} es el número de tramos que pasaron del estado i al estado j en un ciclo de servicio y N_i el total de tramos que se encontraban en el estado i al inicio del ciclo. De lo anterior se desprende que bastan datos de dos años para calcular las probabilidades de transición. La carencia de información histórica confiable da paso al segundo método, el cual consiste en estimar las p_{ij} con base en la opinión de un panel de expertos.

Ejemplo de aplicación

En esta sección se presenta un ejemplo del uso de cadenas de Markov homogéneas para predecir la evolución del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en un tramo de la red de autopistas del Fondo Nacional de Infraestructura. Se trata de un tramo de pavimento asfáltico de 30 km de longitud, con un aforo de 4,164 veh/día en el año 2009 y

un porcentaje de vehículos pesados de 43.6 %. El clima en la zona es de tipo tropical – subhúmedo.

El análisis se efectuó con datos de IRI registrados a cada 20 m en los años 2008 y 2009. Como primer paso, los datos anteriores se promediaron para segmentos de 100 m, a fin de facilitar su procesamiento y reducir la dispersión debida a fenómenos o errores muy localizados. En la figura 1 se muestran los larguillos del IRI de 2008 y 2009 que corresponden a los promedios obtenidos para cada segmento de 100 m. La misma figura presenta el larguillo de las diferencias entre ambas series, es decir, la magnitud del incremento del IRI ocurrido entre estos dos años.

Como puede apreciarse en la Figura, una parte importante de las diferencias resultaron

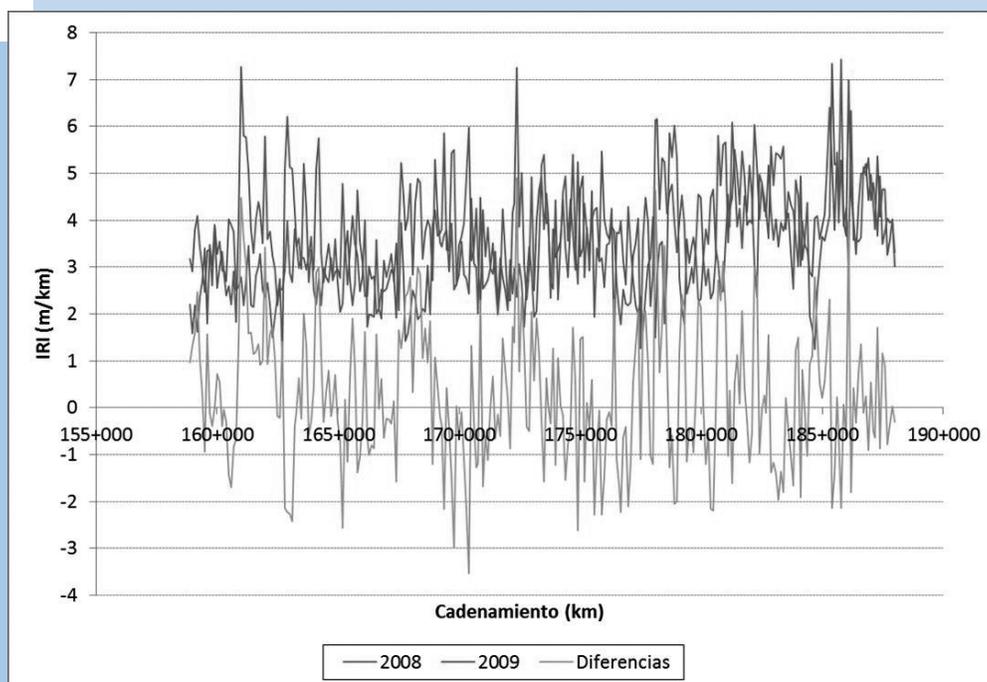


Figura 1
Larguillos del IRI

negativas, lo cual, si los datos se encontraran libres de error, sería indicativo de la ejecución

de trabajos de conservación en el tramo. Sin embargo, el larguillo de las diferencias, como el de las series originales, muestra una dispersión significativa y, en particular, una alternancia entre valores positivos y negativos.

Tabla 1
Parámetros de estadística descriptiva del IRI

	2008	2009
N	292	292
Mínimo	1.10	1.27
Máximo	7.43	7.27
Media	3.43	3.68
Desviación estándar	1.12	1.06
Q1	2.67	2.88
Mediana	3.33	3.59
Q3	4.07	4.30
RI	1.40	1.42
Q1-1.5RI	0.56	0.75
Q3+1.5RI	6.17	6.44

Con el propósito de comparar el comportamiento global de las series de datos de los dos años, se obtuvieron sus parámetros de estadística descriptiva, los cuales se muestran en la tabla 1. De acuerdo con esta tabla, el valor medio del IRI pasó de 3.43 a 3.68 m/km entre 2008 y 2009, es decir, el tramo sufrió, de manera global, un ligero deterioro entre estos años. Por otro lado, la desviación estándar se mantuvo prácticamente sin variación, lo cual constituye una evidencia de que no se realizaron acciones de conservación, ya que, de haber sido el caso, la desviación estándar habría tenido una disminución perceptible.

Las afirmaciones precedentes pueden verificarse en el diagrama de caja de la figura 2. En este diagrama, se aprecia que,

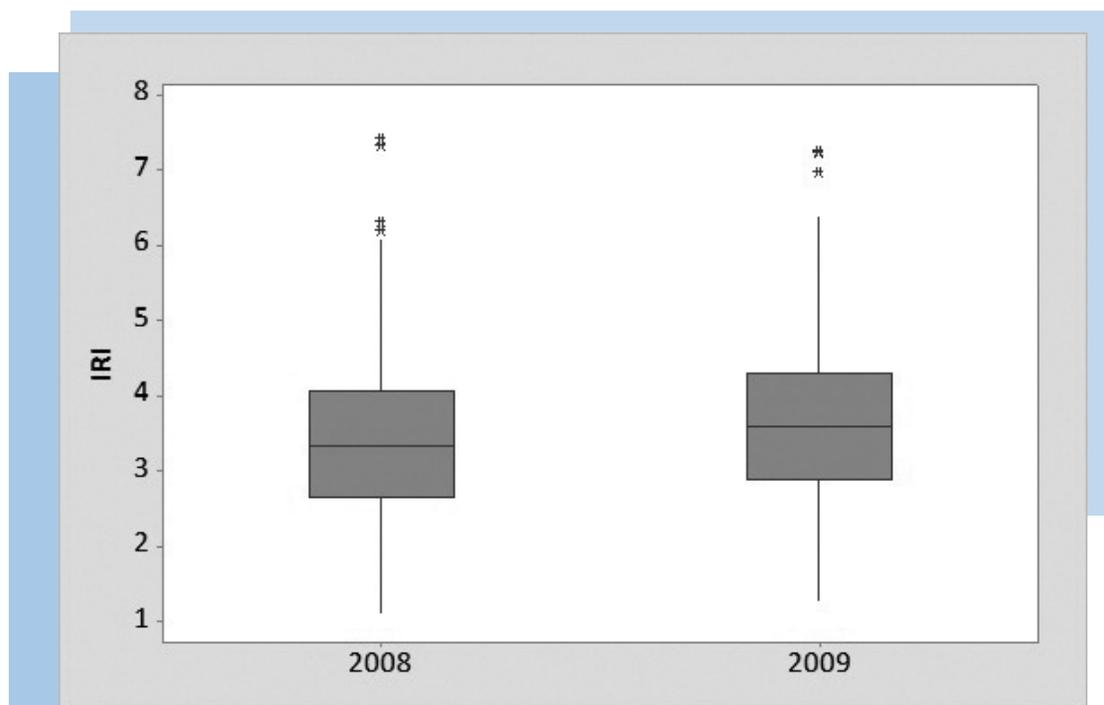


Figura 2
Diagramas de caja del los datos IRI

de manera global, los datos tuvieron un desplazamiento hacia valores mayores del IRI y que, no obstante la anterior, la dispersión no tuvo una variación importante.

Así, puede concluirse que el pavimento del tramo sufrió un deterioro marginal entre 2008 y 2009, y que las diferencias negativas entre las series se deben a errores de medición y no a intervenciones en el tramo.

A fin de contar con información útil para la generación de la MPT, los datos de la figura 1 se sometieron a un proceso simple de filtrado en el que la diferencia entre las dos series se limitó al rango [0, 1]. El estado del pavimento se clasificó utilizando bandas de 1 m/km, de modo que el filtro establecido, además de eliminar las diferencias negativas, aseguró que ningún segmento se deteriorara en más

Tabla 2
Bandas de condición

Estado	Banda (m/km)	Marca de clase (m/km)
1	0.5 – 1.5	1.0
2	1.5 – 2.5	2.0
3	2.5 – 3.5	3.0
4	3.5 – 4.5	4.0
5	4.5 – 5.5	5.0

$$a_0 = (0.02, 0.29, 0.43, 0.23, 0.04)$$

de un estado durante los ciclos anuales. Empleando el intervalo de clasificación de 1 m/km y en concordancia con los valores contenidos en las series, se definieron un total de seis bandas, la primera de 0.5 a 1.5 m/km y la última de 4.5 a 5.5 m/km, como se indica en la tabla 2.

Clasificando los datos de acuerdo con las bandas definidas, se obtuvo el siguiente

vector de estado inicial:

Asimismo, usando la ecuación (5), se calcularon las probabilidades de transición y se armó la MPT que se presenta en la Tabla 3. Se observa que, como resultado del filtro y del intervalo de clasificación utilizados, en todos los casos los segmentos sólo pueden permanecer en el mismo estado o pasar al

Tabla 3
Matriz de probabilidades de transición

	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	$\sum p_i$
1.0	0.17	0.83	0.00	0.00	0.00	1
2.0	0.00	0.39	0.61	0.00	0.00	1
3.0	0.00	0.00	0.67	0.33	0.00	1
4.0	0.00	0.00	0.00	0.75	0.25	1
5.0	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1

siguiente.

Con la multiplicación reiterada de a_0 por la MPT, se modeló la evolución de los vectores de estado del tramo para un periodo de análisis de 20 años. Esta evolución se representa mediante la gráfica de barras de la figura 3.

Asimismo, se obtuvo la curva que representa el deterioro del tramo en el mismo periodo, la cual aparece en la misma figura. Los puntos de esta curva corresponden a los valores esperados del IRI en cada año, que se obtienen como el producto interior del vector de estado y el vector de marcas de clase, es

$$IRI_t = a_t \cdot c$$

decir:

IRI_t : Valor esperado del IRI para el ciclo de servicio t .

a_t : Vector de estado para el ciclo de servicio t .

c : Vector de marcas de clase.

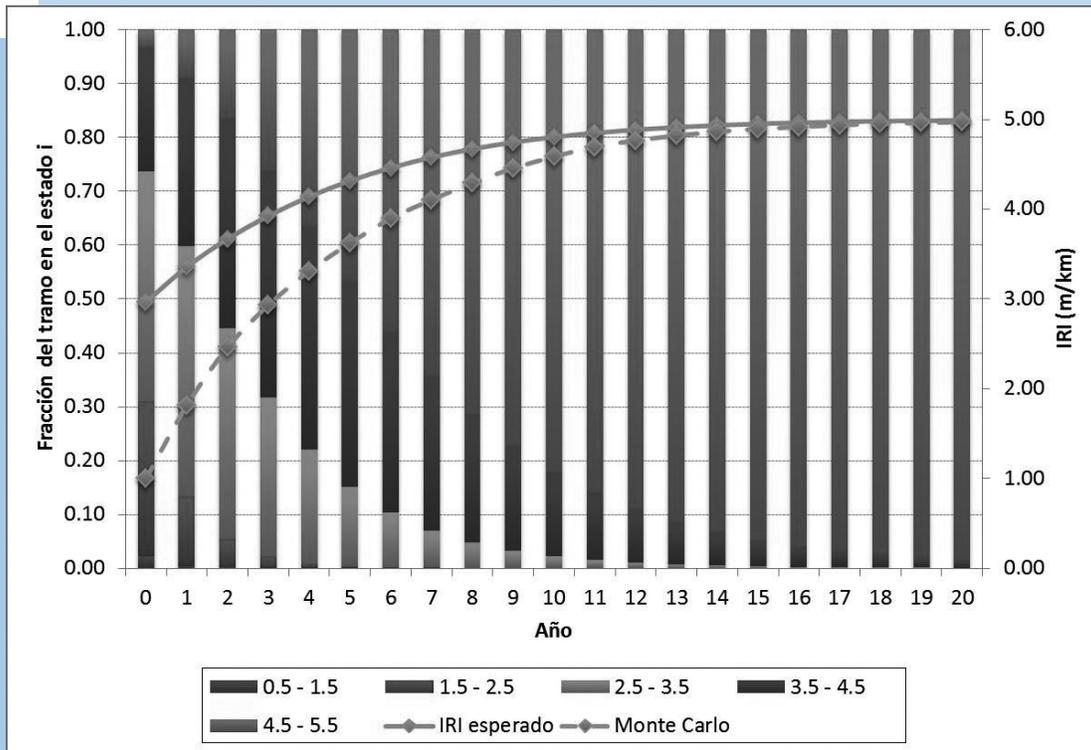


Figura 3
Representación gráfica de la evolución de los vectores de estado y curva de deterioro

donde:

La figura 3 contiene una curva de deterioro adicional que se obtuvo empleando una versión modificada de un algoritmo de simulación Monte Carlo (Pierce, 2003). Este algoritmo genera números aleatorios que utiliza para recorrer una MPT con probabilidades acumuladas y determinar la curva de deterioro. El algoritmo produce un total de 1500 curvas, cuyos datos promedia para aproximar la solución. Como se observa en la Figura, la simulación Monte Carlo permite obtener puntos que no aparecen en la curva de valores esperados por corresponder a estados de condición previos al estado actual. De esta manera, la curva obtenida por simulación Monte Carlo podría utilizarse para predecir el deterioro de segmentos nuevos con

características similares al tramo del ejemplo. De los resultados del ejemplo puede concluirse lo siguiente:

- El método de cadenas de Markov homogéneas es relativamente sencillo, sin embargo, requiere que los datos sean objeto de un tratamiento de reducción del error que puede llegar a ser muy complejo. En el ejemplo se utilizó un filtro simple, sin embargo, es recomendable explorar técnicas avanzadas de eliminación de datos atípicos y procesamiento de series temporales.
- De acuerdo con la figura 3, el deterioro ocurre de forma relativamente acelerada en los primeros años y después se vuelve asintótico con respecto al valor $c_5=5$ de la última marca

de clase. Es decir, el valor máximo de la curva de deterioro está condicionado por los máximos de las series originales, de modo que las cadenas de Markov homogéneas pierden su capacidad predictiva conforme se alcanza el valor máximo.

- La curva de deterioro tiene una concavidad opuesta a la reportada en la literatura para la regularidad de los pavimentos. Este hecho deberá investigarse en mayor profundidad en trabajos posteriores.

- Las cadenas de Markov pueden utilizarse para modelar el deterioro de otros activos carreteros además de los pavimentos (puentes, señalamiento, etc.). Lo anterior, que representa una gran ventaja, es posible porque el método se basa en un enfoque probabilístico que no toma en cuenta las relaciones intrínsecas entre el proceso de deterioro y los factores que lo producen.

- Las cadenas de Markov homogéneas no toman en cuenta la evolución en el tiempo de variables explicativas muy importantes como el tránsito o la competencia estructural de los activos, lo cual puede provocar que la precisión del método baje considerablemente después de los primeros años del periodo de análisis. Sin embargo, esta desventaja puede superarse usando varias cadenas, definidas en plazos cortos de unos cinco años (Butt, y

línea] // Patrick Lam Home. 2008. 1 de August de 2013. https://dl.dropboxusercontent.com/u/2993202/teaching/methods/mcmc/mcmc_print.pdf.

Ortiz-García José J., Costello Seósamh B. y Snaith Martin S. *Derivation of Transition Probability Matrices for Pavement Deterioration Modeling* [Publicación periódica]. ASCE Journal of Transportation Engineering, febrero, 2006.

Pierce Lane D. *A Probabilistic Approach to Creating Pavement Deterioration Models* [Informe] / Department of Civil and Environmental Engineering, College of Engineering and Technology ; Brigham Young University. Provo, UT, EUA : Brigham Young University, 2003.

Robinson Richard, Danielson Uno y Snaith Martin. *Road Maintenance Management: Concepts and Systems* [Libro]. - Chippenham, Wiltshire, UK : Palgrave, 1998.

SOLORIO Ricardo
rsolorio@imt.mx
MÁRQUEZ Daniel
zaydith@hotmail.com
MONTROYA Monserrat
mmontoyao@imt.mx

Bibliografía

otros, 1994).

Butt Abbas A. [y otros] *Application of Markov Process to Pavement Management Systems at Network Level* [Conferencia]. San Antonio, Texas, EUA : Transportation Research Board, 1994.

Lam Patrick. *MCMC Methods: Gibbs Sampling and the Metropolis-Hastings Algorithm* [En

PRIORIZACIÓN DE LA REAPERTURA DE TRAMOS CARRETEROS

Introducción

La obstrucción de tramos carreteros causada por condiciones climáticas y accidentes vehiculares -entre otros- puede provocar consecuencias negativas para las actividades económicas y sociales del país. En México, el sistema carretero es uno de los sectores que requiere los mayores costos de reconstrucción y que representa anualmente perjuicios considerables a los estados. Dentro de los recursos que aporta el FONDEN (Fondo de Desastres Naturales), el sector carretero es al que se le ha proporcionado el más alto monto de recursos; pues ha llegado a representar el 57% del total otorgado entre los años 2000 y 2011 (FONDEN, 2012).

A nivel mundial se pronostica que aumentará la frecuencia y severidad de los desastres naturales debido a los efectos del cambio climático. Por ejemplo, en regiones costeras, el aumento del nivel del mar puede inundar autopistas y causar la erosión de las bases de carreteras y puentes. Las fuertes precipitaciones y sus efectos en forma de inundaciones y desprendimientos de tierra pueden causar un daño duradero en la infraestructura de transporte. Además, las elevadas temperaturas, especialmente en largos periodos de sequía y de altas temperaturas diarias, conlleva a la necesidad de llevar a cabo reparaciones frecuentes de las carreteras pavimentadas (ONU-HABITAT, 2011).

La incertidumbre para estimar cuándo sucederán los eventos climáticos extremos y en dónde, justifican que una de las políticas internacionales que acompaña a la mitigación

del cambio climático sea la adaptación a éste, de tal forma que se logre mejorar la respuesta y la recuperación ante la ocurrencia de dichos fenómenos. En el sector transporte ello consistiría, entre otros, en disminuir las repercusiones inmediatas de las interrupciones de corta o larga duración en el servicio de los sistemas de transporte. Además de que a mediano plazo, sería conveniente reducir la probabilidad de daños humanos, sociales y económicos por encadenamientos de peligros o eventos perturbadores (Aguerreberre, 1983).

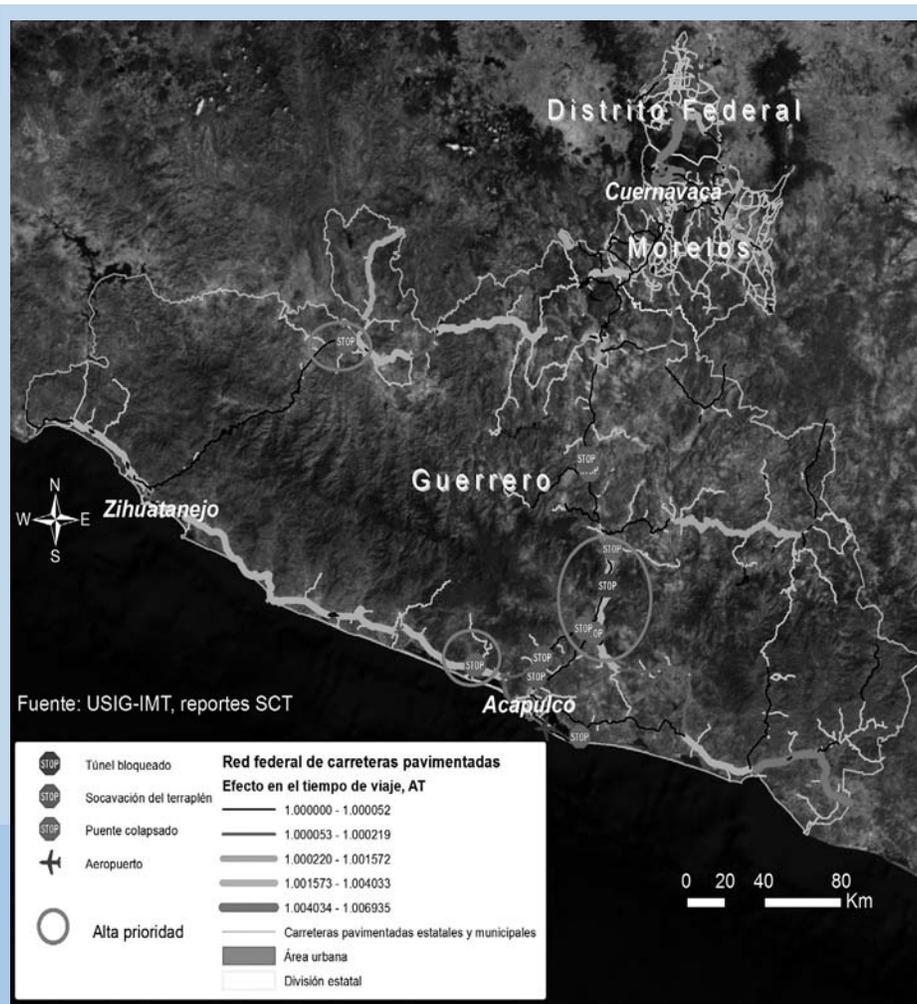
Para medir la adaptación de los países al cambio climático, se han sugerido conceptos que miden la resiliencia de diversos sectores (como el sector transporte y el sector energético); es decir, la capacidad que tienen dichos sectores de sobreponerse a los desastres naturales. La resiliencia puede ser entendida como “la habilidad de manejar el estrés de una manera adaptativa” tanto en instituciones como en regímenes o sistemas complejos. La resiliencia es una cuestión de grado y no una cuestión de completa inmunidad contra los eventos perturbadores. Por lo tanto, las sociedades y los ecosistemas pueden ser más o menos resilientes, pero los sistemas altamente robustos eventualmente sucumbirán si los eventos que perturban al sistema se vuelven más poderosos o si se mezclan con un tipo de eventos perturbadores hacia los cuales el sistema no está adaptado (Janssen y Anderies, 2007). A su vez, el concepto de la resiliencia de un sistema puede dividirse en dos: resiliencia dura, orientada a las características físicas del sistema, y resiliencia blanda, orientada al nivel de organización que se tiene en el sistema para dar una respuesta ante cualquier evento perturbador, como es el caso del clima adverso.

La resiliencia dura de los sistemas carreteros

La resiliencia dura de un sistema de carreteras se podría medir a través de: la robustez, que tiene que ver con la fortaleza de la infraestructura para mantener su nivel de servicio a pesar de los embates del medio ambiente y la redundancia, en donde los

recursos, las instalaciones o las conexiones redundantes pueden tomar provisionalmente el lugar de los que han sido afectados, de tal forma que el sistema continúe prestando el servicio (Ponomarov y Holcomb 2009).

Para ejemplificar los conceptos de la robustez y de la redundancia, en la Figura 1 se muestra parte de lo acontecido del 15 al 20



Fuente: Elaboración propia con información de la Unidad de Sistemas de Información Geoespacial-Instituto Mexicano del Transporte (USIG-IMT) así como de los reportes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT)

Figura 1
Daños de la tormenta tropical “Manuel” que provocaron la interrupción total de tramos, del 15 al 20 de septiembre 2013, en el estado de Guerrero

de septiembre del 2013, debido a la tormenta tropical "Manuel". Como resultado de este evento perturbador de la normalidad del sistema ocurrió la interrupción total de las dos rutas carreteras (libre y de cuota) que unen Acapulco y la Zona Metropolitana de la Ciudad de México. En el ejemplo, se puede apreciar que algunos túneles, puentes y terraplenes no fueron lo suficientemente robustos para soportar los embates de la tormenta, además de que la redundancia de la ruta terrestre, existente en este caso, sirvió de poco debido a que las dos rutas prácticamente paralelas y relativamente cercanas, estuvieron sujetas a la misma perturbación, en intensidad, extensión y magnitud. Por lo que, para restablecer temporalmente el flujo necesario de personas y bienes se utilizó el enlace aéreo.

Priorización de la reapertura de tramos carreteros

En el Instituto Mexicano del Transporte se aplicó una metodología (Gradilla, 2011) que permite jerarquizar los tramos carreteros de acuerdo con el nivel en que cada uno de ellos afectaría al funcionamiento de la red carretera, cuando por algún motivo el tramo quedara obstruido por completo. Por lo que, la metodología permite identificar los tramos críticos para el óptimo funcionamiento de la red de carreteras, que en algunos casos podrían dejar incomunicada parte de la red vial.

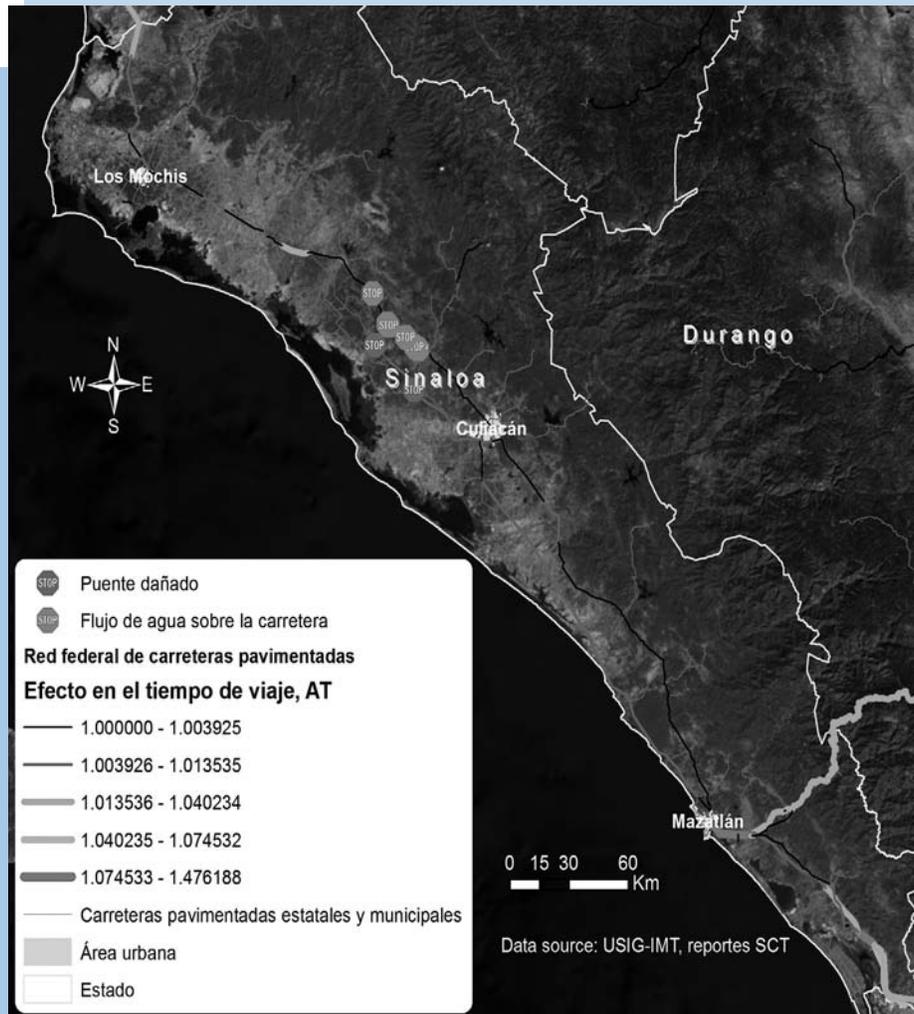
Al respecto, en la figura 1 se muestra la jerarquía -por colores- de los diferentes tramos carreteros, lo que representa el efecto en el tiempo de viaje (AT) que producirían al verse obstruidos; es decir, a mayor valor del índice AT para un tramo, mayor será el retraso que provocará su inhabilitación a los usuarios de la red de carreteras. Así, resulta conveniente que aquellos tramos con el mayor valor del índice

AT tuvieran alta prioridad para su reapertura parcial y su rehabilitación total. Resulta también conveniente estudiar la aplicación de esta metodología, para identificar los tramos carreteros que requerirían tramos o rutas redundantes (alternativas); de tal forma que se aumentara estratégicamente la resiliencia dura del sistema carretero en México. Junto con un análisis costo-beneficio que permitiera valorar la conveniencia de emprender el proyecto definitivo de rutas redundantes, habría que valorar la posibilidad de incrementar la robustez.

En forma similar, en la figura 2 se muestra la ubicación de las afectaciones en el estado de Sinaloa, una vez que la tormenta tropical "Manuel" se convirtió en huracán; lo que provocó la obstrucción total, durante una noche, de las dos rutas carreteras que van de Culiacán a Los Mochis (libre y de cuota). La única ruta alterna, la carretera que va de Mazatlán a Hermosillo pasando por los estados de Durango y Chihuahua no podría considerarse una redundancia óptima; debido a que dicha ruta hubiese requerido un tiempo de recorrido mayor que el tiempo que estuvieron cerrados los tramos en Sinaloa. Aunque en estricto sentido la redundancia significa que exista más de un medio para alcanzar una función, en este caso, para llegar por carretera desde un origen a un destino determinado.

Otros factores que se deben tomar en cuenta para aumentar la resiliencia dura de un sistema carretero son los siguientes (Gradilla, 2013):

- La simplificación de los diseños de infraestructura, de tal forma que cualquier mantenimiento o reconstrucción sea más fácil, además de que se adicionen mejoras a la infraestructura una vez que se reconstruya.



Fuente: Elaboración propia con información de la USIG-IMT y de los reportes de la SCT

Figura 2
Daños del huracán “Manuel” que provocaron la interrupción total de tramos, en la noche del 19 de septiembre

- El desarrollo de una red de transporte multimodal, de tal forma que en ocasiones los enlaces redundantes sean de otros modos de transporte.
- La minimización de la interdependencia de algunos componentes críticos del sistema carretero, de tal forma que se disminuya la propagación de los efectos de la obstrucción de un tramo estratégico en el funcionamiento del sistema carretero en una región.

- La identificación de vulnerabilidades para hacer modificaciones a la infraestructura, por ejemplo, cambiar los materiales superficiales de la carretera e incrementar la capacidad de las alcantarillas, y a los procedimientos de mantenimiento, como revisar las alcantarillas en áreas vulnerables cuando se prevean lluvias intensas, así como incrementar la supervisión de los terraplenes.

Conclusiones

Se considera que la identificación de los tramos críticos del sistema carretero mediante la metodología cuya aplicación se ilustra en este artículo, puede ayudar a la toma de decisiones en relación con la mitigación y la adaptación ante el cambio climático, ya que ofrece criterios útiles para priorizar aquellos tramos que sería estratégico rehabilitar en primer lugar después de un desastre natural, en la etapa de recuperación; que sería estratégico robustecer en una fase de prevención, por ejemplo, al ser considerados como prioridad en los programas de mantenimiento; o bien, para los que sería conveniente construir tramos redundantes con menor vulnerabilidad, para reducir la probabilidad de daños humanos, sociales y económicos por encadenamientos de peligros o eventos perturbadores, de una mayor extensión geográfica y magnitud de afectación.

Referencias

Aguerreberre Salido, R. (1983). Planeación de la seguridad sísmica en los asentamientos humanos: el caso de la Ciudad de México. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ingeniería, UNAM.

FONDEN (2012). El Fondo de Desastres Naturales de México – una reseña. Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento / Banco Mundial. Washington, D.C.

Gradilla Hernández, L. A. (2011). Planeación de infraestructura del transporte: Identificación de tramos críticos para el funcionamiento de redes carreteras. Publicación técnica No. 354, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, México.

Gradilla Hernández, L. A. (2013). Transporte federal de personas en México: transición hacia la sustentabilidad y la resiliencia. Publicación técnica No. 401, Instituto Mexicano del Transporte, Sanfandila, México.

Janssen, M. y Anderies, M. (2007). Robustness trade-offs in social-ecological systems. *International Journal of the Commons* 1 (1), pp. 43-55.

ONU-HABITAT (2011). Las ciudades y el cambio climático, orientaciones para políticas. Informe mundial sobre asentamientos humanos. Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos. Washington, EE.UU.

Ponomarov, S. y Holcomb, M. (2009). Understanding the concept of supply chain resilience. *International Journal of Logistics Management*, 20(1), pp. 124–143.

GRADILLA Luz
luz.gradilla@imt.mx
AGUERREBERE Roberto
roberto.aguerreberere@imt.mx

CONCIENTIZACIÓN A TRAVÉS DE CAMPAÑAS DE SEGURIDAD VIAL PARA PREVENCIÓN DE ACCIDENTES VIALES¹

Introducción

En México la causa principal de mortalidad de niños y jóvenes entre 5 y 29 años de edad son los accidentes de tránsito. En 2009 el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) notificó que las muertes por accidentes de tránsito de vehículos de motor se ubican en el cuarto lugar de causas generales de mortalidad en México.

En el 2009, se notificó que en la Red Carretera Federal (RCF) de aproximadamente 53 mil kilómetros, ocurrieron 30,739 accidentes con un saldo de 32,769 lesionados; 5,379 muertos; y daños materiales estimados en 141,977 millones de dólares. (Cuevas et al, 2008).

La estadística nacional reporta que el 70% de las causas de accidentes son atribuibles al conductor y dentro de las causas asociadas a éste el exceso de velocidad es la falta más representativa (51%) para cualquier tipo de accidente.

Según la Organización Mundial de la Salud, la seguridad vial está considerada como un asunto de salud pública debido a su importancia. Por ello, dicha organización ha insistido en que los países cuenten con una metodología adecuada para la prevención de accidentes viales.

Diversas organizaciones públicas y privadas participan en la planeación estratégica e

instrumentación de acciones para mejorar la seguridad vial en el país, pero no se ha llevado a cabo de manera exitosa una acción que es clave para contrarrestar dicha problemática: *la concientización del usuario de las vías.*

La concientización a través de los Medios Masivos de Comunicación

Parafraseando al teórico brasileño Paulo Freire (1921-1997), la concientización se refiere al proceso mediante el cual los seres humanos alcanzan una conciencia creciente tanto de la realidad socio cultural como de su capacidad para transformarla.

La conciencia social, es el conocimiento que tiene un ser humano sobre el estado de los otros integrantes de su sociedad y de cómo el entorno favorece o perjudica el desarrollo de ellos. Esta conciencia social, genera en el individuo la necesidad de actuar en beneficio de su comunidad. Para ello es necesario buscar el mejor medio de hacer hincapié en la importancia de cambiar ciertas estructuras de comportamiento y pensamiento que afectan a uno o varios grupos sociales; y con ello persuadir a la población de modificar y adoptar una postura positiva ante una problemática específica.

Los Medios Masivos de Comunicación (MMC), son una herramienta persuasiva que logra mantener al público en continua

¹Basado en el artículo: Gutiérrez Soria, Alejandra. "Concientización mediante campañas para la prevención de accidentes. Número 19. Año 3. Revista Vías Terrestres. AMIVTAC.

comunicación respecto a diferentes sucesos nacionales e internacionales. Se clasifican en medios impresos (libros, revistas, periódicos, volantes, trípticos, postres, etc.) y medios electrónicos (cine, radio, televisión e Internet). No se puede decir con exactitud cuales de estos son más ó menos efectivos, ya que depende del tipo de mensaje que se va a transmitir, la audiencia a la cual se dirigirá, el impacto que se desee y el presupuesto que se invierta en una campaña para definir cuál medio es el más adecuado para el propósito que se tenga.

Una campaña es el conjunto de mensajes y elementos realizados a través de los MMC. Estas pueden aumentar el nivel de información sobre un tópico específico, incrementar en el público el nivel de preocupación sobre un problema o un comportamiento, ayudar a formar y reforzar valores, y crear en la audiencia la necesidad de actuar ante una problemática así como sensibilizarlos sobre la solución de la misma.

Concientización sobre seguridad vial

Del 9 al 13 de mayo de 2011, se llevó a cabo en la ciudad de México la “semana de seguridad vial”, la cual formó parte del lanzamiento del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020.

La finalidad general del Decenio es estabilizar y, posteriormente, reducir las cifras previstas de víctimas mortales en accidentes de tránsito en todo el mundo antes de 2020.

El Plan Mundial para el Decenio propone estrategias y acciones para disminuir al 50% los heridos y víctimas mortales por percances viales en diez años.

Como intervenciones eficaces del Plan Mundial del Decenio se mencionan las campañas de sensibilización de la población,



Figura 1
Logo del Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020

ya que aumentan la toma de conciencia sobre los riesgos y las sanciones asociadas al quebrantamiento de la ley.

Dentro de los “cinco pilares” de las actividades nacionales del Plan, el “pilar 4” que se refiere a “usuarios de vías de tránsito más seguros”, habla de elaborar programas integrales para mejorar el comportamiento de los usuarios de las vías de tránsito. Refiriéndose en la actividad 1 de dicho pilar a aumentar la concientización sobre los factores de riesgo de la seguridad vial y las medidas preventivas, y realizar campañas de mercadotecnia social para ayudar a influir en las actitudes y opiniones sobre la necesidad de programas de seguridad de las vías de tránsito.

De las cinco actividades internacionales, la actividad 3 trata del aumento de conciencia sobre los factores de riesgo y la necesidad de una mayor prevención de los accidentes de tránsito, mediante campañas de sensibilización de la población, tales como las

semanas mundiales sobre la seguridad vial, así como iniciativas regionales y subregionales de mercadotecnia social.

Mercadotecnia social y seguridad

Una de las alternativas para sensibilizar a la población es a través de la mercadotecnia social, la cual consiste en la venta de ideas sociales cuyo objetivo final es vender una ideología o manera determinada de pensar en un auditorio.

A través de esta herramienta de sensibilización se debe de realizar una propuesta para la modificación de la conducta, lo cual en este caso se recomienda hacer a través de campañas de cambio social para persuadir a los destinatarios de que acepten, modifiquen, o abandonen determinadas ideas, actitudes, prácticas y conductas.

Los elementos de una campaña de cambio social son:

a) Causa: Un objetivo social que los agentes de cambio consideran que ofrecerá una respuesta acertada a un problema social. En este caso la causa es la prevención y disminución de accidentes viales.

b) Agente de cambio: Un individuo u organización que intenta generar un cambio social y lo que implica una campaña de cambio social. Puede ser el Gobierno Federal o alguna Institución de ayuda humanitaria que reconozca la gravedad e impacto de la situación en nuestro país.

c) Destinatarios: Individuos, grupos o poblaciones enteras que son el objetivo de los llamados al cambio. En este caso se refiere a la población mexicana en general, ya que la problemática se da en todas las edades y estratos socioeconómicos.

d) Canales: Vías de comunicación y distribución a lo largo de las cuales se intercambian y transmiten hacia atrás y hacia delante la influencia y respuesta entre los agentes de cambio y los destinatarios.

e) Estrategia de cambio: La dirección y el programa adoptados por un agente de cambio, se refiere al tipo y tono de campaña a utilizar que se crea más conveniente por la magnitud e importancia de la temática.

Campañas de concientización para la seguridad vial

En el año 1970 se produjo un importante acontecimiento debido a que la Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), decidió formar un grupo internacional de expertos denominado S4, con motivo de los debates habidos en la “Conferencia Internacional sobre la Concepción de las Campañas de Seguridad Vial”, de donde se destaca la consideración explícita de los factores clave (entre ellos el factor humano) que debían ser tratados en las campañas, incluyendo estudios sobre las estrategias más adecuadas para su correcta evaluación (OCDE, 1994).

Para Montoro, et al. (1994), las actividades orientadas hacia la prevención del accidente desde el punto de vista del factor humano, tales como las campañas de seguridad encaminadas a informar y a producir cambios de actitudes en los conductores, han tenido siempre un fuerte peso específico.

Con el tiempo, las campañas de seguridad vial y las estrategias han venido evolucionando (según el país), teniendo como referente los anuncios comerciales, las campañas de educación para la salud, y el marketing social, basado en los principios de la psicología social

(Toledo, et al. 2007: 319). Este autor identifica cuatro diferentes tipos de campañas, mismas que se describen a continuación.

Tipos de campañas de seguridad

Existe una variedad de estrategias generales que se utilizan para plantear las campañas de seguridad vial, mismas que se agrupan en los siguientes tipos:

- a) Campañas suaves
- b) De impacto emocional
- c) Contenido educativo-formativo
- d) Líderes de opinión

Campañas Suaves

El motivo de su uso radicó básicamente en tres razones: una clara identificación y concepción de lo que debe ser una campaña de seguridad vial, el no correr riesgos con planteamientos más novedosos y el temor a una posible no aceptación social con contenidos que pudieran ser más impactantes para el receptor. En este planteamiento se han basado algunas campañas desarrolladas en muchos países hasta finales de los años ochentas, en donde empieza a producirse un cambio importante en la estrategia de comunicación de la seguridad vial. Un ejemplo de ello es la campaña televisiva de seguridad vial realizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), que tenía como lema “Con la vida no se juega”, la cual en sus cinco distintas versiones hacía referencia a las infracciones más recurrentes de los conductores (exceso de velocidad, manejar alcoholizado, etc.), teniendo como grupo destinatario al conductor particular que transita en la vía federal, y el argumento retórico de prevención se basaba en valorar la vida tanto como la familia.

Campañas con Líderes de Opinión

Estas campañas con líderes de opinión, se basan en la utilización de algún prescriptor social (persona de alta relevancia) que es el encargado de la transmisión del mensaje.

En general esta estrategia no ha dado buenos resultados (ni en México ni en otras partes del mundo) ya que su eficacia se encuentra bastante mediatizada por los hechos de percibirse “artificial” y que en ocasiones la “fuerza del personaje” suele enmascarar o dejar en un segundo plano el mensaje que se transmite (Toledo, et al. 2007:320).

Campañas de Impacto Emocional

En España se introduce esta línea de comunicación en el año 1992, mostrándose por primera vez, con imágenes impactantes, las causas y las consecuencias directas de los accidentes. Los estudios realizados sobre estas campañas mostraron que, a diferencia de las anteriores, eran recordadas por un elevadísimo porcentaje de conductores, la mayor parte de ellos creyó en que tenían una influencia positiva en la prevención de la siniestralidad; y un buen porcentaje reconocía que de alguna manera les habían influenciado en un cambio de comportamiento. Por el contrario, muy pocos conductores mencionaron elementos negativos directos.

Para Toledo, et al. (2007:320), con este tipo de campañas se consiguió un objetivo importante que en principio “presumiblemente” no estaba previsto. La ruptura con las estrategias anteriores es tan grande que los medios de comunicación le dedicaron grandes espacios a su análisis (lo que significó una interesante publicidad indirecta) y se originó un fuerte debate social sobre el problema de los accidentes de tráfico.

Campañas de Contenido Educativo-Formativo

Toledo, et al (2007:320), señalan que este tipo de campañas se basan fundamentalmente en tres elementos: a) conocimiento de las causas de los accidentes (por ejemplo: fatiga y nivel de implicación en los siniestros); b) descripción de los síntomas que existen para reconocer su existencia o peligros; y c) conductas que se han de adoptar para aminorar el problema (por ejemplo: tiempos de conducción y descansos).

En México se han realizado campañas de seguridad vial de tipo suave y de líderes de opinión, pero éstas han sido carentes de impacto como para producir cambios de conducta y abandono de vicios en el auditorio, que se vean reflejados en la disminución de accidentes viales.

Aún no se manejan campañas de impacto emocional, ni de contenido educativo-formativo en México. Estos tipos de campañas son los que han tenido un mayor impacto en la población, utilizando un MMC de gran penetración y alcance, y sobre todo enfocándolos en tres áreas generales: promover la conducción segura, reducir los muertos y los heridos, y reducir las violaciones a las leyes de tránsito.

En 2011 el film ganador del León de Oro del Festival de cine de Cannes, Francia fue un spot de seguridad vial, con el mensaje "If you drive, just drive", creado por la agencia de publicidad Ogilvy México para la Asociación Mexicana de Agencias de Seguros, producido por Central Films. Este spot logra transmitir un mensaje muy claro en corto tiempo y con pocos elementos, utilizando un tipo de campaña de impacto emocional. Desafortunadamente solo se tiene acceso mediante la página de Internet "youtube" y no se difundió al público en las televisoras del país.

Evaluación de campañas

Es importante que posterior al lanzamiento de una campaña de comunicación social, se realicen evaluaciones a corto y largo plazo para conocer el impacto que esté teniendo en el auditorio y si éste es el deseado o no. Para ello se sugiere tomar una muestra del mercado meta (auditorio deseado) y realizar un focus group (técnica de recolección de datos, que consiste en realizar una entrevista grupal en la cual todos los entrevistados que fueron seleccionados se encuentran juntos, al mismo tiempo, tratando un tópico específico y dando su opinión al respecto) para conocer la opinión del público respecto a la campaña, el grado de impacto del mensaje, si ha logrado o no sensibilizarlos. También hay que evaluar las estadísticas más recientes y ver si se ha logrado un avance y disminución de los accidentes en el segmento de la población para la cual se haya diseñado la campaña.

Con ello se podrá conocer si la campaña está teniendo éxito, qué hay que reforzar o mejorar, si el MMC que se está utilizando es el óptimo, o si en definitiva se tiene que retirar la campaña y buscar otras estrategias más efectivas.

Conclusiones

El comportamiento de los usuarios del sistema vial es primordial en la situación actual de la accidentalidad experimentada en muchos países.

Para lograr la sensibilización de los individuos, la realización de campañas sociales es una herramienta recomendable para la adquisición de conciencia.

Las propuestas de las campañas tienen que enfocarse al cambio del comportamiento de los usuarios del sistema vial, de sus actitudes

y valores. Las campañas en los MMC pueden lograr: a) incrementar el nivel de preocupación sobre un problema o un comportamiento; b) aumentar el nivel de información sobre un tópico específico; c) ayudar a formar y reforzar valores; y d) crear en la audiencia la necesidad de actuar, así como sensibilizarlos sobre la necesidad de que participen en la solución del problema.

En general, los tipos de campañas que mayor impacto han tenido en los países más exitosos han sido las de impacto emocional y las de contenido educativo-formativo. Esto se debe en buena medida a que son los tipos que más eficacia tienen en persuadir a los usuarios de que cambien su actitud y hábitos, sobre todo cuando no se siente la necesidad real de hacerlo.

El uso de campañas de seguridad vial como medida de sensibilización y cambio de comportamiento en la población debe considerarse como una inversión con un muy alto rendimiento en cuanto al mejoramiento de la seguridad vial.

Referencias

- Annan, K. (2007). Mensaje con ocasión de la Primera Semana Mundial sobre la Seguridad Vial de las Naciones Unidas.
- CD Sistema para la Adquisición y Administración de Datos de Accidentes (SAADA), Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte, Instituto Mexicano del Transporte. (2002). Sanfandila Querétaro.
- CUEVAS, C., Cecilia, Federico Rivera, Emilio Mayoral y Alberto Mendoza. (2007). Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2006. Documento Técnico No 38, México, Instituto Mexicano del Transporte.
- CUEVAS, Cecilia, Federico Rivera, Noelia Villegas, Emilio Mayoral y Alberto Mendoza. (2008). Anuario estadístico de accidentes en carreteras federales 2007. Documento Técnico No 41, México, Instituto Mexicano del Transporte.
- Dirección General de Autotransporte Federal (DGAF). (2005). Estadística Básica Del Autotransporte Federal 2005, México.
- Freire, Paulo. (1970). Pedagogía del oprimido. Montevideo: Tierra Nueva.
- GUTIÉRREZ, Alejandra, Cecilia Cuevas, Alma Zamora y Elías Jiménez, (2009). El autotransporte de carga y la seguridad vial. Boletín bimestral de divulgación externa, septiembre-octubre. Documento Técnico NOTAS 120, México, Instituto Mexicano del Transporte.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2006). Segundo Censo de Población y Vivienda 2005, México.
- Instituto Mexicano del Transporte (IMT). (2008). Manual estadístico del sector transporte 2008. México, IMT, p.94.
- KOTLER, Philip y Eduardo L. Roberto. (1993). Mercadotecnia social. Estrategias para cambiar el comportamiento público. Ed. Diana. México.
- KOTLER, Philip. (2002). Fundamento de Mercadotecnia. Editorial Prentice Hall. 2a edición, México.
- MENDOZA, E. Obstáculos al comercio en el TLCAN: el caso del transporte de carga. El transporte de carga en el TLCAN comercio exterior, Vol. 53, Núm. 12, diciembre de 2003.

MÉXICO, SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN EN SALUD, Mortalidad 2005. México, 2005. <<http://sinais.salud.gob.mx/mortalidad/>> [Consulta: 10 de Abril de 2008]

MONTORO, González Luís y Enrique Carbonell Vayá. (1994). Las nuevas campañas divulgativas de la DGT. Publicado en: Papeles del Psicólogo ISSN 0214 – 7823, Febrero, nº 58 , España.

OCDE. Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos. (2004). Targeted road safety programmes. Francia.

OMS. Organización Mundial de la Salud. Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito. (2004).

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2006). Estadísticas de salud de las Américas.

Organización Mundial de la Salud (OMS). (2004). Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito.

Plan mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial. <www.who.int/roadsafety/decade_of_action/> [Consulta: 10 de Octubre de 2011]

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), NORMA Oficial Mexicana NOM-012-SCT-2-2008, México, 2008:7-8.

Sistema Nacional de Información en Salud (SINAIS). (2005). Mortalidad 2005, México.

TOLEDO, Francisco., et al. (2007). Prevención de accidentes de tráfico en el ámbito laboral. Universidad de Valencia, España.

TREVIÑO, Rubén. (2000). Publicidad, comunicación integral en marketing. McGraw-Hill. México.

GUTIÉRREZ Alejandra
agutierrez@imt.mx

GLOSARIO

Artículo 1:

Cadena de Markov: Proceso estocástico en el que el estado actual de un sistema depende de su estado inmediato anterior y no de los estados previos.

Índice de regularidad internacional (IRI): Propiedad del perfil bidimensional de un pavimento que proporciona una escala común para la medición de la regularidad.

Matriz de probabilidades de transición (MPT): Entidad matemática que agrupa las probabilidades de que un sistema pase de

un estado a otro en dos ciclos de servicio consecutivos.

Modelo de deterioro de carreteras: Expresión o conjunto de expresiones matemáticas que permiten predecir el deterioro de un activo carretero en términos de un indicador de deterioro determinado.

Artículo 2:

Cambio climático: De acuerdo a la Convención Marco de las Naciones Unidas es un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que

altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos comparables.

Régimen: Es una serie de fenómenos complejos del mundo real, que relacionan elementos físicos tanto naturales como artificiales, así como atributos sociales, económicos, culturales y cognitivos.

Resiliencia: Es la capacidad que tiene un sistema de recuperarse a los embates del medio ambiente.

Artículo 3:

Conciencia social: Conocimiento que tiene un ser humano sobre el estado de los otros integrantes de su sociedad y de cómo el entorno favorece o perjudica el desarrollo de ellos. Su objetivo es el cambio de conducta en los individuos para que favorezca al bienestar colectivo.

Mercadotecnia Social: Promoción de ideas sociales a través de un medio de difusión y cuyo objetivo final es vender una ideología y prácticas socialmente deseables para una amplia audiencia, logrando que se incremente o preserve el bienestar de la comunidad, sin perjudicar la salud de los consumidores, ni dañar el medioambiente.

Campaña social: Esfuerzo organizado conducido por un grupo (agente de cambio) para convencer a los destinatarios a través de un medio de difusión, con la intención de que acepten, modifiquen, o abandonen determinadas ideas, actitudes, prácticas y conductas.

Medios Masivos de Comunicación (MMC): Medios impresos y electrónicos que sirven como herramienta persuasiva logrando mantener al público en continua comunicación respecto a diferentes sucesos nacionales e internacionales.

PROYECTO EN MARCHA

Estudio de maniobrabilidad para las Terminales de contenedores I y II y la Terminal de Autos en el Puerto de Lázaro Cárdenas, Michoacán

Los puertos marítimos son activos logísticos estratégicos de un país, debido a que un porcentaje importante de las mercancías que se comercializan en el mundo se mueven por vía marítima, asociado a los grandes volúmenes que se pueden transportar en las embarcaciones mercantes.

Ingenieros de la Administración Portuaria Integral de Lázaro Cárdenas, Pilotos del Puerto, Personal de la Capitanía del Puerto,

un Capitán experto e Investigadores del IMT, integraron el equipo que se conformó para trabajar en el Simulador de Maniobras de Embarcaciones en Tiempo Real del IMT.

En el citado Simulador “Full mission” se realizaron maniobras tripuladas de entrada y salida a diferentes terminales del Puerto de Lázaro Cárdenas con embarcaciones de tipo Panamax y Superpostpanamax. El objeto

de realizar estas maniobras es el de evaluar integral y detalladamente el dimensionamiento que se tiene proyectado de las áreas de navegación del puerto, utilizando el método científico y metodologías que cumplen con los criterios Internacionales.

En estas maniobras, el piloto al mando de la embarcación, desde el puente del simulador, observa las señales luminosas del balizamiento de enfilación, revisa en las pantallas la magnitud y dirección del viento y la velocidad a la que se está desplazando la embarcación; en la carta de navegación electrónica también puede observar en planta el puerto y otras embarcaciones atracadas en los muelles.

El piloto da instrucciones al timonel para mantener el rumbo de la embarcación y al mismo momento el Capitán que opera los remolcadores está atento a las instrucciones del piloto a través de los sistemas de comunicación vía radio para asistir a la embarcación; los motores de la embarcación que impulsan las propelas son controlados mediante una consola equipada con telégrafo.

En la computadora donde se controla la simulación se registra información importante que se analiza para saber a detalle cómo fue la trayectoria de la embarcación en la maniobra, cómo se utilizaron los motores de la embarcación y los remolcadores, la distancia



Embarcación superpost panamax, Porta contenedor, dimensiones Eslora: 347 m, Manga: 42 m, Calado: 13.45 m; del lado estribor, se encuentran dos remolcadores



Embarcación de tipo Granelero (Bulk Carrier), dimensiones Eslora: 247 m , Manga: 42 m, Calado: 13.4 m, vista desde el puente de la embarcación, a babor se ve un remolcador acompañando para asistir



Embarcación de tipo Granelero (Bulk Carrier), vista desde el puente del Simulador, se observan las consolas que proporcionan información al Piloto

libre de la quilla del barco al fondo de los canales por los que navegó, entre otros datos. Todo esto se puede lograr con los sistemas de modelación matemática que simulan la respuesta física de la embarcación con los que trabaja el Simulador de Maniobras del IMT.

Previo a estas maniobras, investigadores del IMT, analizaron información oceanométrica obtenida de las estaciones de la RENEOM (Red Nacional de Estaciones Oceanográficas y Meteorológicas), que opera este Instituto, que monitorea los mares y puertos de México; también se prepararon los archivos electrónicos que generan una

perspectiva visual con alto grado de realismo en el Simulador de las alternativas de proyecto que tendrá el Puerto de Lázaro Cárdenas, y que dará arribo a embarcaciones de grandes dimensiones que ingresen a él de manera segura, específicamente a las Terminales de contenedores II, Terminal especializada de autos y Terminal especializada en minerales.

ESTRADA Ramón
estradar@imt.mx



Embarcación de tipo Granelero, vista desde el puente del Simulador, realizando maniobra de atraque con un escenario Nocturno

PUBLICACIÓN

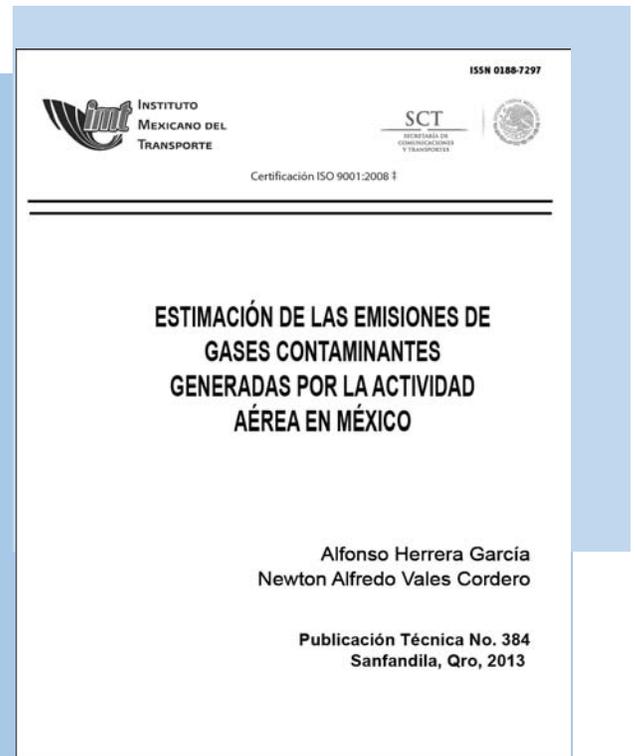
Estimación de las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México

En el trabajo de la **publicación técnica 384** se estimaron las emisiones de gases contaminantes generadas por la actividad aérea en México durante 2010. Además, se señalan algunas medidas para atenuar los impactos de éstas.

Para los cálculos se propusieron dos metodologías, en la primera se realizó una estimación con base en el consumo de combustible y en la segunda, con base en los vuelos registrados y los tipos de aeronaves utilizados.

Adicionalmente, en esta última estimación mediante un sistema de información geográfica, se determinó sobre qué superficie se produjeron las emisiones.

Los resultados, presentados mediante tablas y figuras, indican que en 2010 se generaron 8.2 Mt de CO₂, 4.4 kt de SO_x y 86.7 kt de NO_x. Además, se estimó que la mayor cantidad de emisiones se generó en los vuelos internacionales (65%).



Se puede consultar de forma gratuita en la página del Instituto:
<http://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt384.pdf>

EVENTOS ACADÉMICOS Y CONGRESOS

Evaluación económica y social de proyectos de infraestructura del transporte

La Coordinación de Infraestructura del IMT, a través del grupo de investigación en Impacto Ambiental organiza anualmente el curso

internacional de evaluación del impacto ambiental en carreteras. En el 2013, durante los días del 2 al 6 de septiembre se llevó a cabo dicho curso

en las instalaciones del IMT en Coordinación con el Comité Técnico Nacional de Impacto Ambiental en Carreteras y la Dirección General de Carreteras de la SCT, con una duración de 36 hrs.

Su objetivo fue capacitar y concientizar sobre el tema de la sustentabilidad y cómo es aplicado este concepto a la infraestructura del transporte, particularmente a las carreteras, incluyendo conceptos innovadores en la planeación de carreteras y otros relacionados con los tres pilares de la sustentabilidad, lo ambiental, lo social y lo económico, todo dentro de un contexto internacional y cómo se encaminará dicha experiencia para su aplicación en México.

El curso se diseñó para ingenieros y profesionales que participan en la planificación, construcción y supervisión de la infraestructura para el transporte carretero, específicamente en temas ambientales, como es la evaluación del impacto ambiental y sus efectos sobre el medio ambiente, provenientes de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, tanto de oficinas centrales, como de los diferentes centros SCT del país, así como a profesores o investigadores de las diferentes universidades del país.

Tuvo una asistencia de 33 participantes los cuales provinieron de la Dirección General de Conservación de Carreteras-SCT, de los Centros SCT de Guerrero, Nayarit y Quintana Roo. De la Universidad Autónoma de Chihuahua, Instituto Politécnico Nacional y de la Universidad de Sonora; de las empresas CORAS Consultores S.C., Ingeniería Terra y Servicios Sustentables S.A. de C.V., Grupo Constructor Premurhe S.A. de C.V., Tra Senda Ingeniería S.A. de C.V., LOPESA Construcciones S.A. de C.V., Buffet de Ingenieros Civiles Especializados S.A. de C.V., Ecología, Silvicultura y Manejo de Vida Silvestre S.A. de C.V., Consorcio Ambiental Padilla y Valencia S.A. de C.V., Ingenieros

Civiles Asociados S.A. de C.V. y Trendo Consultores S.C.

Alguna de la temática impartida fue:

REQUISITOS DE PROYECTO:

- Evaluación del impacto ambiental
- Análisis de ciclo de vida
- Plan de mitigación del ruido
- Plan de manejo de residuos
- Sistemas de gestión de calidad
- Diseño geométrico
- Análisis de tormentas e inundaciones
- Tecnología en pavimentos

REQUISITOS AMBIENTALES

- Conectividad ecológica
- Mitigación del impacto ambiental
- Calidad del agua y manejo de drenaje superficial
- Uso de materiales locales y reciclaje
- Equipo y técnicas de construcción eco-eficientes
- Sistemas de gestión ambiental

REQUISITOS DE OPERACIÓN

- Uso de energía no fósil para señalización
- Generación de energía no fósil en la carretera
- Sistemas inteligentes de transporte
- Plan de manejo de residuos sólidos

ASPECTOS SOCIALES

- Accesibilidad a las redes viales
- Conectividad intermodal
- Control de la publicidad
- Paisaje y recreación
- Herencia cultural
- Impactos a la salud (ruido y emisiones)

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
(442) 216 97 77 ext. 2113 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

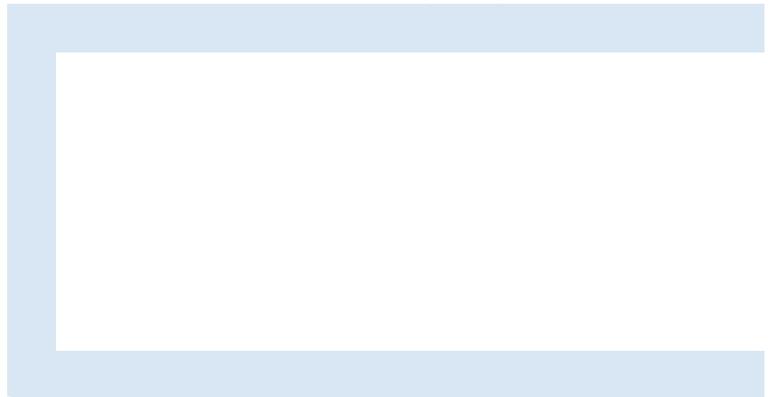
El contenido de los artículos aquí publicados es responsabilidad exclusiva de sus autores; por tanto, no refleja necesariamente el punto de vista del Instituto Mexicano del Transporte.

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