

Influencia de los moderadores de tráfico sobre el tiempo de respuesta de los vehículos de bomberos

■ Cada vez son más los elementos de moderación del tráfico implantados en las vías urbanas y travesías españolas. El objetivo de esta investigación es la evaluación de los efectos de los moderadores del tráfico, fundamentalmente badenes, en los tiempos de respuesta de bomberos, en función del tipo de servicio (emergencia, no emergencia), vehículo (todoterreno, camiones) y geometría del moderador (pendiente de entrada). Se ha realizado un diseño experimental con dispositivos rastreadores GPS instalados en cinco vehículos de emergencia del Consorcio Provincial para el Servicio de Prevención y Extinción de Incendios de Elche durante tres meses para obtener sus recorridos y velocidades desarrolladas. Se ha obtenido que la velocidad media de paso sobre los moderadores depende del tipo de servicio y de vehículo, fundamentalmente: en caso de emergencia, la velocidad de paso puede aumentar entre 7 y 10 km/h, mientras que un camión circula unos 8 km/h más lento que el vehículo ligero (todoterreno). Además, el paso por un moderador de tráfico aislado en una vía puede producir una demora unitaria media de 3,5 segundos en vehículos ligeros y de 8,2 segundos en vehículos pesados. Es más, los vehículos se pueden desviar más de 4 km para evitar los moderadores, pese a aumentar el tiempo de respuesta. Finalmente, se ha deducido una fórmula para obtener el tiempo de respuesta considerando el número de moderadores y poder así establecer rutas alternativas más cómodas, evitando o reduciendo el número de moderadores, cuyo tiempo de respuesta es igual o inferior a pesar de incrementar la distancia de servicio.

ANA TSUI MORENO - PERSONAL INVESTIGADOR, GRUPO DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA DE CARRETERAS (GIIC). UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 ALFREDO GARCÍA - CATEDRÁTICO, GIIC, UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
 MARIO ROMERO - PHD, PURDUE UNIVERSITY, INDIANA, USA
 JOSÉ PEREA - INGENIERO DE CAMINOS, CANALES Y PUERTOS

■ Introducción

El tiempo de respuesta es el indicador de eficiencia más empleado por los servicios de emergencia, aunque la definición funcional de esta medida varía significativamente. A nivel internacional, el tiempo de respuesta se define como el tiempo entre que se recibe una llamada y la aparición del primer vehículo de emergencia en la escena (1). En consecuencia, se computa tanto el tiempo de primera gestión de la emergencia como el tiempo de recorrido hasta la escena. Desde el punto de vista operacional, la decisión de la ruta a realizar desde el parque de bomberos hasta la escena es crítica para obtener el mínimo tiempo de respuesta. En este sentido, es necesario estimar el tiempo de recorrido de cada ruta de forma precisa.

Dada una longitud de servicio, se podría asumir una velocidad media de recorrido en la ciudad y así obtener el tiempo de recorrido hasta el inci-

dente. No obstante, el tiempo de respuesta puede verse influenciado por la presencia de medidas de moderación del tráfico. Estas están encaminadas a reducir la intensidad y velocidad de los vehículos que circulan por una zona, pretendiendo lograr una utilización peatonal confortable y segura del espacio público (2, 3). Entre los moderadores más empleados se encuentran los pasos peatonales elevados, los lomos transversales y los resaltes prefabricados, comúnmente denominados badenes. Estos elementos suponen una variación en la rasante de la vía y logran disuadir el exceso de velocidad por la incomodidad vertical que generan al sobrepasarlos. Al reducir la velocidad se suele conseguir una disminución de la frecuencia de los accidentes y, en todo caso, las consecuencias de los mismos (4); siempre y cuando los moderadores estén adecuadamente implementados. Estos moderadores ocupan toda la sección de la calle, por lo que los vehículos de emergencia también se ven afectados. Por ello, en el Reino Unido se recomienda el planeamiento conjunto de la moderación del tráfico con los servicios de emergencia (5, 6).



VEHÍCULOS DE EMERGENCIA MONITORIZADOS: (A) CAMIÓN NODRIZA, (B) CAMIÓN DE PRIMERA SALIDA, (C) CAMIÓN AUTOESCALA, (D) CAMIÓN DE SALVAMENTO, (E) TODOTERRENO

Tabla 1. Características de los vehículos de emergencia

Vehículos	Marca	Modelo	Longitud total (m)	Vía libre (m)	Peso (kg)	Potencia (CV)
Todoterreno	MERCEDES	1225F	7,3	1,670	6.880	240
Camión nodriza	MERCEDES	1528F	8,6	1,670	8.670	275
Camión de primera salida	IVECO	DLK 23-12 CS	9,7	1,685	13.345	270
Camión autoescala	IVECO	AD260S40Y	9,0	1,735	12.000	395
Camión de salvamento	NISSAN	TERRANO	5,0	1,220	1.880	123

Para evaluar la influencia de los moderadores en el tiempo de respuesta de emergencias otros autores han realizado pruebas experimentales en circuito cerrado (7). Las pruebas consistían en evaluar la velocidad a la que los camiones de bomberos podían pasar los moderadores del tráfico en una calle cerrada al tráfico durante la prueba, dada una velocidad objetivo deseada. Se estudiaron diferentes camiones y geometrías de lomos transversales. La demora, calculada como la diferencia en tiempo entre circular con una velocidad constante e igual a la velocidad deseada y circular con los moderadores, variaba entre 1 y 9,4 segundos en función del vehículo, el moderador y la velocidad deseada. En otro estudio, la demora producida por lomos transversales en los camiones de bomberos variaba entre 10 y 15 segundos y la velocidad de paso de los camiones sobre los moderadores se situaba entre 15 y 20 km/h (8). No obstante, los valores anteriores no derivan de condiciones de operación reales.

Además, el paso de los camiones de bomberos por los moderadores del tráfico puede provocar aceleraciones verticales tales que desequilibren los equipos que transportan. En consecuencia, puede ser necesario un tiempo adicional en la localización de la emergencia para organizar nuevamente los equipos. En ocasiones, incluso puede provocar roturas de material. Es por ello que los servicios de emergencia pueden preferir rutas de mayor longitud sin moderadores del tráfico, con mayor tiempo de respuesta, pero de mayor comodidad y funcionalidad.

El objetivo de la presente investigación es la evaluación cuantitativa de los efectos de los moderadores del tráfico sobre los servicios de bomberos, tanto en la velocidad de paso como en la demora, mediante rastreadores pasivos de GPS colocados en los vehículos de emergencia del Parque Comarcal de Elche del Consorcio Provincial para el Servicio de Prevención y Extinción de Incendios y Salvamento de Alicante.

■ Metodología

Con el fin de satisfacer los objetivos de la investigación, se ha realizado un diseño experimental consistente en tres fases: toma de datos, reducción de datos y análisis de los resultados. A continuación se explica brevemente cada una de las fases.

Toma de datos

Para caracterizar el efecto de los moderadores del tráfico sobre los vehículos de emergencia de los bomberos se recogió la velocidad de paso, la geometría de los moderadores y el tipo de servicio. Además, se obtuvieron las velocidades medias de recorrido en servicios a lo largo de rutas sin moderadores.

La toma de datos de velocidad se realizó por medio de localizadores pasivos de GPS instalados en cinco vehículos: un camión nodriza (foto A); un camión de primera salida (foto B); un camión autoescala (foto C); un camión de salvamento (foto D); y un todoterreno (foto E). Las características de los vehículos se resumen en la Tabla 1. La toma de datos fue lo suficientemente extensa para poder contar con una muestra significativa, de al menos 120 pasos por un moderador del tráfico en diferentes servicios en rutas con moderadores y de unos 400 recorridos en rutas sin moderadores, y se realizó durante tres meses. Los GPS instalados facilitan información cada segundo acerca de la latitud, longitud y altitud, entre otros; y están alimentados mediante dos pilas AAA. Los GPS son de tamaño reducido y se colocaron en la parte frontal del vehículo o en el capó mediante un imán. Por otro lado, la caracterización geométrica del perfil de los moderadores se llevó a cabo con un perfilómetro digital (9). Los moderadores caracterizados fueron 10, todos ellos pasos de peatones elevados, y están localizados en el municipio de Elche. Adicionalmente, el Servicio de Bomberos proporcionó los partes de salida de los vehículos. Con los partes, se determinó el tipo de servicio (emergencia, no emergencia).

Reducción de datos

A partir de los datos proporcionados por los dispositivos GPS, se ha restituido la trayectoria de cada vehículo con un software (9), obteniendo las trayectorias representadas en Google Earth. El software, además de la posición en cada instante, proporciona la velocidad a la que circula el vehículo por cada punto. Mediante una inspección visual de la zona, y con los datos obtenidos de los GPS, se han localizado e identificado los moderadores por los que ha pasado cada vehículo. De esta manera, ha sido posible conocer la velocidad de los vehículos a su paso por cada moderador de tráfico.

Además, se ha calculado la velocidad media de recorrido en los servicios en los que no se producían pasos por moderadores del tráfico. Para ello, se ha detectado en Google Earth la distancia recorrida y la hora de inicio y final del servicio.

Por otro lado, una vez obtenidos los datos brutos del perfil longitudinal de los moderadores del tráfico existentes, se ha realizado el filtrado y rotación de los mismos, determinando posteriormente la longitud, pendiente de la rampa de entrada y altura de los moderadores.

Análisis de los resultados

En el análisis de los resultados se ha estudiado: la geometría de los moderadores, la velocidad media de paso sobre los moderadores en función de las características geométricas, la demora unitaria provocada por un moderador y la selección de rutas.

Resultados

Características de los moderadores

Existe una gran dispersión en las características de los pasos de peatones elevados, y la gran mayoría no cumple con las especificaciones de la normativa (10). La altura de los pasos varía entre 2 y 14 cm, con media y desviación típica iguales a 9,2 y 3,1 cm, respectivamente. La longitud de la meseta central tiene valores extremos de 2,14 y 8,80 m, con un valor medio de 5,35 m y una desviación de 1,75 m. Por su parte, las pendientes de la rampa de entrada se encuentran entre 2 y 12%, con una media de 6,55% y una desviación típica de 1,97%. Se han distinguido dos grupos de pasos en función de la pendiente de la rampa de entrada con una muestra proporcionada: menor al 7% y superior al 7%. Además, a los primeros pasos les correspondería una velocidad de diseño superior a 40 km/h mientras que los segundos tendrían una velocidad de diseño inferior a 40 km/h, aplicando la normativa española (10).

Velocidad media de paso sobre un moderador

Cada paso por un moderador se ha identificado gracias a las coordenadas GPS. Posteriormente, se ha obtenido la velocidad individual de paso. En la Tabla 2 se muestra la velocidad media y su desviación típica, en función de: tipo de vehículo, tipo de servicio y grupo de la pendiente de la rampa de entrada del moderador.

Como se puede observar en la tabla, la velocidad media de paso es inferior en camiones que en vehículos ligeros, lo cual es acorde con investigaciones anteriores (7, 8). Además, también la velocidad media varía según el tipo de servicio, puesto que en condiciones de emergencia la velocidad de paso es 9 km/h superior a los servicios sin emergencia. Por último, se observa una ligera dependencia de la pendiente de la rampa de entrada, con una disminución de velocidad al aumentar la pendiente de la rampa de entrada. Este hallazgo es consistente con otras investigaciones en vehículos ligeros, donde la velocidad disminuye al aumentar la pendiente de la rampa de entrada (4, 9). En comparación con otros estudios sobre vehículos de emergencia,

la velocidad de paso en el presente estudio es superior, principalmente debido a que los vehículos se encontraban en situaciones de operación reales (7, 8).

Con el fin de evaluar si las diferencias observadas en la velocidad de paso son significativas a nivel estadístico, se ha analizado mediante ANOVA F-test la diferencia en la velocidad de paso en función de la pendiente de entrada, el tipo de servicio y el tipo de vehículo. Para emplear dicha prueba, se debe comprobar si la velocidad de paso se distribuye según una distribución normal. Los valores del sesgo estandarizado y coeficiente de Kurtosis no se encuentran dentro del rango esperado para datos provenientes de una distribución normal, por lo que se ha realizado una transformación de la variable en su logaritmo neperiano. La variable transformada sí que se distribuye normalmente, luego es de aplicación la prueba ANOVA.

Para el análisis estadístico se ha considerado un nivel de confianza del 95%. Por ello, se considera que la diferencia es estadísticamente significativa si $p < 0,05$. La significancia estadística de cada variable se resume en la Tabla 2. Las diferencias de velocidad transformada según el tipo de vehículo son significativas ($p < 0,05$), al igual que según el tipo de servicio ($p < 0,05$), si bien no son estadísticamente significativas en función de la pendiente ($p > 0,05$). Además, se ha obtenido que las diferencias en velocidad transformada entre los distintos camiones de bomberos no son estadísticamente significativas, por lo que se pueden agrupar los resultados en dos tipos de vehículo: todoterreno (vehículo ligero) y camiones (vehículos pesados). Por otro lado, se han analizado las correlaciones existentes entre las variables con ANOVA F-test con nivel de interacción 3 y no se ha encontrado ninguna interacción significativa entre las variables con un nivel de confianza del 95% ($p > 0,05$).

Como existen diferencias significativas en la velocidad transformada según el tipo de vehículo y el tipo de servicio, se ha ajustado un modelo de regresión lineal múltiple para describir la relación entre el logaritmo de la velocidad y las dos variables independientes. La Ecuación 1 muestra el modelo ajustado con un coeficiente de correlación del 42%.

$$\ln(V_p) = 2,845 + 0,407 \cdot \ln(V) + 0,347 \cdot \ln(E) \quad (1)$$

Donde: V_p es la velocidad media de paso sobre un moderador (km/h); V es el tipo de vehículo (0 = camión, 1 = todoterreno); y E es el tipo de servicio (0 = sin emergencia, 1 = emergencia).

Tabla 2. Velocidades de paso sobre un moderador

Variable	Valor	Velocidad de paso sobre un moderador (km/h)		Significancia estadística
		Media	Desviación	
Tipo de vehículo	Todoterreno	32,8	12,6	P = 0,0000
	Camión nodriza	23,8	5,4	
	Camión de primera salida	22,8	6,2	
	Camión autoescala	23,8	10,9	
	Camión de salvamento	29,0	0,2	
Tipo de servicio	Emergencia	29,3	10,8	P = 0,0000
	No emergencia	20,7	5,3	
Tipo de pendiente	Grupo 1 ($p < 7\%$)	25,9	9,5	P = 0,6709
	Grupo 2 ($p > 7\%$)	24,2	9,5	
Interacción	Tipo de vehículo – tipo de servicio			P = 0,0748
	Tipo de vehículo – pendiente de entrada			P = 0,8096
	Tipo de servicio – pendiente de entrada			P = 0,1887
	Tipo de vehículo – tipo de servicio – pendiente de entrada			P = 0,7773

Demora unitaria media

Para evaluar la demora producida por los moderadores se ha estudiado el perfil de velocidad a lo largo de cada recorrido, es decir, la velocidad a la que circula cada vehículo en cada momento. Cuando un vehículo se aproxima a un moderador, su velocidad disminuye hasta que sobrepasa el dispositivo y posteriormente vuelve a aumentar hasta alcanzar la velocidad deseada. La distancia en la que se produce esta deceleración y aceleración se denomina zona de influencia, y se encuentra alrededor de los 150-300 metros. La incidencia de un moderador en el tiempo de respuesta es la variación en tiempo de una situación con el moderador respecto a circular en la zona de influencia sin moderador con una velocidad constante e igual a la velocidad deseada. Así, la demora unitaria se calcula como la diferencia de tiempo en circular con una velocidad constante en la zona de influencia y el tiempo en recorrer la zona de influencia con un moderador. Para ello, se considera que el vehículo decelera uniformemente desde la velocidad deseada hasta la velocidad de paso y posteriormente acelera uniformemente hasta alcanzar la velocidad deseada nuevamente.

Los resultados de demora unitaria media, distinguiendo entre el tipo de servicio y tipo de vehículo, se muestran en la Tabla 3. Se ha considerado la velocidad de paso aplicando la Ecuación 1. Por otro lado, el análisis de los perfiles individuales de velocidad ha permitido obtener la velocidad deseada en cada tipo de servicio y vehículo, al igual que las tasas de deceleración y aceleración media desarrolladas por estos vehículos en condiciones reales de circulación.

La velocidad deseada depende del tipo de vía, puesto que las vías urbanas deben canalizar tráficos diferentes, mantener los usos colindantes accesibles y albergar funciones de espacio público urbano. Estas funciones de las vías urbanas son contrarias unas a otras. En consecuencia, la red viaria urbana se jerarquiza básicamente en tres tipos de vía para atender a las necesidades de todos los usuarios: vías arteriales; vías colectoras y vías locales. A partir de los datos de los GPS, se ha obtenido la velocidad deseada

en las vías principales (arteriales y colectoras) y en las vías locales.

En las vías principales, la demora unitaria media para vehículos ligeros (todoterreno) se sitúa alrededor de 3,5 segundos, mientras que para los camiones está en torno a 8,2 segundos. Se puede observar que la demora unitaria media es similar en condiciones de emergencia y no emergencia para un mismo tipo de vehículo, debido a que la velocidad deseada en ambas situaciones no es la misma. En las vías locales, la demora unitaria media es inferior ya que la velocidad deseada en dichas vías es menor. En el caso de vehículos ligeros, se encuentra entre 1,1 y 1,6 segundos y para los camiones es de 2,6 segundos. Al igual que en las vías principales, la demora unitaria media es similar en los dos tipos de servicio (emergencia y no emergencia).

Las demoras unitarias medias en vías principales son ligeramente inferiores a las indicadas en otros estudios, principalmente porque la velocidad de paso sobre los moderadores es superior a la de los otros estudios y la velocidad deseada se obtiene de condiciones de circulación y servicio reales (7, 8). En el caso de vías locales, las diferencias con otros estudios son aún mayores.

Selección de rutas

Se ha detectado que los vehículos de emergencia pueden aumentar la distancia de recorrido más de 4 km, respecto al camino seguido en situaciones de no emergencia, especialmente para evitar la batería de moderadores en la carretera de Guardamar CV-853.

Por ello, se propone una ecuación para obtener el tiempo de respuesta en función del número de pasos elevados en una ruta, considerando la demora unitaria, la velocidad media de recorrido sin moderadores y la longitud de servicio. Su aplicación sirve para seleccionar las rutas alternativas reduciendo la demora y/o incomodidad ocasionada.

El tiempo de respuesta en una ruta con moderadores se puede calcular según la Ecuación 2.

$$T = 3,6 \cdot n + D_m \cdot n \cdot V_m \quad (2)$$

Donde: T es el tiempo de respuesta (s); Ls es la longitud de servicio (m); Vm es la velocidad media de recorrido sin moderadores (km/h); Dm es la demora unitaria media (s) y n es el número de moderadores. La velocidad media de recorrido sin moderadores se calcula como el cociente entre la distancia de servicio y el tiempo de respuesta. Así, se incluyen las condiciones propias del tráfico urbano en el municipio. Cada servicio de bomberos debería ajustar esta velocidad media a las condiciones de tráfico de su municipio según su propia experiencia. Si no es posible, se puede adoptar una velocidad media de recorrido sin moderadores como las mostradas en la Tabla 4. En la Tabla 4 se muestran valores para aplicar la Ecuación 2. Se distingue en función del tipo de vía ya que la velocidad media de recorrido difiere. Para la obtención del tiempo de respuesta, se determinará la longitud de servicio en vías principales y en vías locales, y se aplicará la Ecuación 2 a cada uno de los tipos de vía.

Tabla 3. Demoras unitarias medias

Tipo de vía	Tipo de servicio	Tipo de vehículo	Velocidad de paso sobre moderador (km/h)	Velocidad deseada en la vía (km/h)	Tasa de deceleración media (m/s ²)	Tasa de aceleración media (m/s ²)	Demora unitaria media (s)
Principal	Emergencia	Todoterreno	36,5	65	-1,07	0,81	3,7
		Camión	24,3	55	-0,83	0,45	8,1
	No emergencia	Todoterreno	25,8	50	-1,07	0,81	3,5
		Camión	17,2	45	-0,83	0,45	8,2
Local	Emergencia	Todoterreno	36,5	50	-1,07	0,81	1,1
		Camión	24,3	45	-0,83	0,45	2,5
	No emergencia	Todoterreno	25,8	35	-1,07	0,81	1,6
		Camión	17,2	30	-0,83	0,45	2,6

Tabla 4. Valores para el cálculo del tiempo de respuesta

Tipo de vía	Tipo de servicio	Tipo de vehículo	Velocidad media de recorrido sin moderador (km/h)	Demora unitaria media (s)
Principal	Emergencia	Todoterreno	60,5 ± 8,9	3,7
		Camión	52,2 ± 10,3	8,1
	No emergencia	Todoterreno	48,3 ± 7,7	3,5
		Camión	43,1 ± 11,6	8,2
Local	Emergencia	Todoterreno	33,8 ± 13,8	1,1
		Camión	32,8 ± 13,1	2,5
	No emergencia	Todoterreno	28,0 ± 7,7	1,6
		Camión	25,6 ± 9,0	2,6

Con el empleo de la Ecuación 2 se obtiene el tiempo de respuesta asociado a cada ruta. Posteriormente, se podría seleccionar la ruta con menor tiempo de respuesta o al menos cuantificar la diferencia en el tiempo de respuesta si se toma una ruta con menor densidad de moderadores, y por tanto más cómoda, pero de mayor longitud. Por ejemplo, en el caso de un servicio de emergencia con un camión de bomberos mayoritariamente en vías principales, el tiempo de respuesta obtenido en una ruta de 3.000 m con 10 moderadores es de 503 segundos. Por su parte, una ruta alternativa de 3.600 m sin moderadores en vías principales produce un tiempo de respuesta de 506 segundos. Por tanto, en caso de existir rutas alternativas sin moderadores con un desvío inferior a 600 m, el tiempo de respuesta sería menor y la comodidad mayor. No obstante, desvíos superiores a 600 m sin moderadores en el mismo tipo de vía producirían más demora pero mayor comodidad.

■ Conclusiones

En este estudio se ha analizado cuantitativamente la influencia de los elementos de moderación del tráfico en los vehículos de emergencia de bomberos, incluyendo la geometría del moderador (pendiente de entrada), el tipo de servicio (emergencia, no emergencia) y el tipo de vehículo (todoterreno, camión). Además, se han proporcionado criterios técnicos para la selección de rutas de emergencia alternativas. Para ello, se han empleado rastreadores pasivos GPS instalados en un todoterreno y cuatro camiones de bomberos que dan servicio al municipio de Elche (Alicante) durante tres meses.

Se ha observado que la velocidad de paso disminuye al aumentar la pendiente de entrada, y se sitúa alrededor de 25 km/h. El hecho es consistente con otras investigaciones en turismos, aunque las diferencias en velocidad en función de la pendiente de entrada no son estadísticamente significativas en el presente estudio. Las variables más influyentes en la velocidad de paso son el tipo de vehículo y el tipo de servicio. Si el vehículo circula en condiciones de emergencia, la velocidad de paso sobre un moderador aumenta entre 7 y 10 km/h, mientras que si se trata de un camión de bomberos, la velocidad disminuye 9 km/h en comparación con el todoterreno.

Por otro lado, la demora unitaria media que produce el paso por un moderador aislado depende principalmente del tipo de vehículo, puesto que la velocidad deseada se adapta al tipo de servicio. En vías principales, la demora unitaria media es 3,5 segundos para vehículos ligeros mientras que para vehículos pesados el valor asciende a 8,2 segundos. Los resultados son ligeramente inferiores a los de estudios anteriores principalmente porque la velocidad de paso es superior que en los otros estudios y la velocidad deseada está más adaptada a las condiciones de circulación y servicio reales. En vías locales, las demoras unitarias medias son aún más reducidas, entre 1,1 y 2,6 segundos en función del tipo de vehículo.

Además, se han detectado desvíos de hasta 4 km en situaciones de emergencia para evitar el paso por moderadores del tráfico, principalmente para conseguir una mayor comodidad en el recorrido. En consecuencia, los servicios de emergencia pueden ampliar la longitud de recorrido evitando rutas con más moderadores del tráfico. Para la adecuada toma de decisiones, se ha propuesto una formulación para estimar el tiempo de respuesta de una ruta dada su longitud de servicio y el número de moderadores presente, en función de la demora unitaria obtenida y la velocidad media de recorrido sin moderadores.

Los resultados están limitados a servicios de emergencia de municipios con población inferior a 100.000 habitantes, puesto que las condiciones de tráfico son similares a las estudiadas, y cuyas medidas de moderación sean pasos peatonales elevados y lomos transversales. Medidas de moderación diferentes, como resaltes modulares prefabricados, cojines, chicanes o cambios de pavimento, ofrecerían otras demoras unitarias y en consecuencia distintos tiempos de respuesta. No obstante, la gran mayoría de medidas implementadas en las vías españolas son pasos peatonales elevados y lomos transversales.

En conclusión, se tiene por primera vez una herramienta de decisión para establecer rutas alternativas, evitando o reduciendo el número de moderadores, cuyo tiempo de respuesta es igual o inferior a pesar de incrementar la distancia de servicio.

■ Agradecimientos

El desarrollo de este trabajo ha sido posible gracias a la subvención de la Conselleria de Educación de la Generalitat Valenciana con referencia ACOMP09/2009/079, a la colaboración al Parque Comarcal de Elche del Consorcio Provincial para el Servicio de Prevención y Extinción de Incendios y Salvamento de Alicante durante la toma de datos y a la autorización de la Jefatura y al Gabinete de Seguridad Vial de la Policía Local de Elche para la toma de datos.

■ Bibliografía

- (1) Federal Highway Administration. Incident Management Performance Measures, 2009.
- (2) Sanz, A. Calmar el tráfico. Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana. Ministerio de Fomento, 2008.
- (3) Ewing, Reid. Traffic Calming State of Practice. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, 1999.
- (4) Ewing, R., Brown. US Traffic Calming Manual, 2010.
- (5) Department for Transport. Fire and Ambulance Services traffic calming: a code of practice. Traffic Advisory Leaflet 3/94, 1994.
- (6) Department for Transport. Emergency services traffic calming schemes: a code of practice. Traffic Advisory Leaflet 1/07, 2007.
- (7) C. Atkins, M. Coleman. The influence of traffic calming on emergency response time. ITE Journal, 1997, pp. 42-46.
- (8) Gulden, J., Ewing, R. New traffic calming device of choice. ITE Journal, 2009, 79 (12), pp. 26-31.
- (9) Moreno, A.T., García, A., Romero, M.A. Speed table evaluation and speed modeling for low-volume crosstown roads. Transportation Research Record 2011; 2203; 85-93.
- (10) Ministerio de Fomento. Instrucción Técnica para la Instalación de Reductores de Velocidad y Bandas Transversales de Alerta en Carreteras de la Red de Carreteras del Estado. Madrid, 2008.

