

# Evaluación del efecto de los moderadores de tráfico sobre las ambulancias

ALFREDO GARCÍA<sup>1</sup>, ANA TSUI MORENO<sup>1</sup>, MARIO ROMERO<sup>2</sup>, JOSÉ PEREA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC), Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España. <sup>2</sup>Purdue University, Indiana, EE.UU. <sup>3</sup>Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos, Valencia, España.

## CORRESPONDENCIA:

Alfredo García  
Universitat Politècnica  
de València  
Camino de Vera, s/n  
46071 Valencia, España  
email: agarciag@tra.upv.es

## FECHA DE RECEPCIÓN:

9-3-2012

## FECHA DE ACEPTACIÓN:

16-9-2012

## CONFLICTO DE INTERESES:

Los autores declaran no tener conflictos de interés en relación al presente artículo.

## AGRADECIMIENTOS:

Subvención de la Conselleria de Educación de la Generalitat Valenciana (ACOMP09/2009/079) y colaboración del Servicio de Emergencias Sanitarias de Alicante, de la Consellería de Sanidad de la Generalitat Valenciana y del Ayuntamiento de Elche.

**Objetivo:** Evaluar los efectos de los moderadores del tráfico, fundamentalmente bade- nes, en los tiempos del transporte sanitario, en función del tipo de servicio (emergencia o no emergencia, con y sin paciente), condiciones de tráfico (flujo libre o condiona- do) y geometría del moderador (pendiente de entrada).

**Método:** Seguimiento de los servicios de dos ambulancias con rastreadores GPS duran- te 2 semanas para obtener los recorridos y velocidades desarrolladas. Con el fin de de- terminar la influencia de los moderadores de tráfico en las ambulancias, se calculó la velocidad de paso, y la demora de tiempo unitaria y total.

**Resultados:** Las ambulancias se desviaron más de 1 km para evitar los moderadores si trasladaban pacientes, la que origina una demora de hasta 40 segundos. La velocidad media de paso sobre los moderadores varía en función del tipo de flujo ( $p = 0,045$ ) y del servicio ( $p = 0,001$ ). Por otro lado, cada moderador aislado supone una demora unitaria entre 1,4 y 4,3 segundos, en función del tipo de servicio y el flujo.

**Conclusiones:** El tiempo de respuesta se vio influido por la presencia de moderadores. Se determinó una fórmula matemática para obtener el tiempo de respuesta y tomar en consideración el número de moderadores y poder así seleccionar la ruta más apropia- da. [Emergencias 2013;25:285-288]

**Palabras clave:** Tiempo de respuesta. Demoras de tráfico. Moderación del tráfico. Lo- mo transversal. Paso de peatones elevado.

## Introducción

En la actualidad, la mayoría de municipios tienen implementadas medidas de moderación del tráfico, como pasos peatonales elevados o lomos transversales, encaminadas a reducir la intensidad y velocidad de los vehículos que circulan por una zona, que pretenden lograr una utilización peatonal confortable y segura del espacio público<sup>1</sup>. No obstante, estos mo- deradores ocupan toda la sección de la calle, por lo que las ambulancias también se ven afectadas. Por ello, en el Reino Unido se recomienda el planeamien- to conjunto de la moderación del tráfico con los ser- vicios de emergencias<sup>2,3</sup>, ya que éstos pueden provo- car demoras unitarias entre 2,3 y 9,6 segundos<sup>4</sup>. Este tiempo puede ser vital en pacientes con parada car-

diaca, donde cada minuto de demora reduce la tasa de supervivencia un 10%<sup>5</sup>. Por otro lado, en función del tipo de paciente trasladado, los servicios de emergencias pueden desviar la ruta al cumplir el tiempo de respuesta en más de 10 minutos para evitar los moderadores del tráfico<sup>6</sup>. A pesar de ello, se registran generalmente incidencias muy bajas de complicaciones y mortalidad durante el traslado<sup>7</sup>, aunque aún no se ha considerado el efecto de los moderadores. El objetivo de la presente investiga- ción es la evaluación cuantitativa de los efectos de los moderadores del tráfico sobre las ambulancias, tanto en la velocidad de paso como en los tiempos de demora, mediante rastreadores pasivos de GPS colocados en las ambulancias del Servicio de Emer- gencias Sanitarias (SES) de Alicante en Elche.

## Método

Se realizó un diseño en tres fases que consistió en la toma de los datos, la reducción de los mismos y el análisis de los resultados.

La toma de datos de velocidad se realizó por medio de localizadores pasivos de GPS instalados en dos ambulancias de soporte vital básico de Elche durante 2 semanas en 2009. Dicho periodo fue suficiente para poder contar con una muestra significativa, de al menos 60 recorridos de diferentes servicios en rutas con moderadores y de unos 600 recorridos sin moderadores.

Con los datos de los GPS y un software desarrollado<sup>8</sup>, se restituyó la trayectoria de cada vehículo y su velocidad, para poder conocer la velocidad de las ambulancias en cada moderador de tráfico. Al no disponer de datos del tráfico en cada momento, se asumió que en horario nocturno (22:00 a 7:00) la circulación fue en flujo libre, mientras que en horario diurno (7:00 a 22:00) la circulación fue en flujo condicionado. Adicionalmente, el tipo de servicio se obtuvo de los partes de salida proporcionados por el SES, al distinguir si circulaba en servicio de emergencia o no, y si trasladaba un paciente.

Por otro lado, la caracterización geométrica del perfil de 10 pasos peatonales elevados se llevó a cabo con un perfilómetro digital<sup>8</sup>. Una vez obtenidos los datos brutos del perfil longitudinal de los pasos peatonales elevados, se realizó el filtrado y rotación de los mismos<sup>8</sup>, y se determinó la longitud, pendiente de la rampa de entrada y altura de los moderadores. Se distinguieron tres grupos de pasos en función de la pendiente de la rampa de entrada<sup>9</sup>: grupo 1, menor al 5,35%; grupo 2, entre 5,35 y 8,35%; y grupo 3, superior al 8,35%.

Se determinó la influencia en las ambulancias de los moderadores de tráfico en cuanto a su velocidad de paso y la demora unitaria y total. Adicionalmente, se evaluó el impacto de los moderadores en las rutas de emergencias y se analizó la selección de rutas en función del tipo de servicio.

Con el fin de calcular la velocidad media de paso sobre los moderadores, se identificó cada paso por un moderador gracias a las coordenadas GPS, y posteriormente se cuantificó la misma. Posteriormente se analizó la diferencia en la velocidad de paso en función del tipo de flujo de tráfico (condicionado o libre), del tipo de servicio (emergencia sin paciente, emergencia con paciente o sin emergencia) y de la pendiente de la rampa de entrada del moderador (grupo 1, 2 o 3).

Para detectar la influencia de los moderadores, se estudió el perfil de velocidad a lo largo de cada

recorrido, es decir, la velocidad a la que circula cada la ambulancia en cada momento. Cuando una ambulancia se aproxima a un moderador, su velocidad disminuye hasta que lo sobrepasa y posteriormente vuelve a aumentar hasta la velocidad deseada. Se denomina zona de influencia a la distancia en la que se produce la deceleración y la aceleración, y se extiende alrededor de 100-120 metros. La incidencia de un moderador en el tiempo de respuesta es la diferencia de tiempo con el moderador respecto al asociado a circular en la zona de influencia sin un moderador, con una velocidad que sería constante e igual a la velocidad deseada. Así, la demora unitaria se calcula como la diferencia de tiempo en circular con una velocidad constante y el tiempo real en recorrer la zona de influencia con el moderador.

En cuanto al tratamiento estadístico, las variables cuantitativas se presentaron con su media y desviación estándar. Se utilizó el test de ANOVA para el análisis de las variables cuantitativas. Se consideró que las diferencias eran significativas con un nivel de confianza del 95% si el valor de *p* era inferior a 0,05.

## Resultados

Se demostró de forma estadísticamente significativa que la velocidad media de paso dependía del tipo de flujo (*p* = 0,045), y de servicio (*p* = 0,001) y no del grado de la pendiente (*p* = 0,799). Además, se analizó la correlación existente entre las variables, y se encontraron interacción significativa entre el tipo de flujo y el tipo de servicio (*p* = 0,027) (Tabla 1).

**Tabla 1.** Velocidad media de paso en función del tipo de flujo de tráfico, servicio y pendiente de entrada

Variable	Velocidad de paso sobre un moderador Media ± DE (km/h)	<i>p</i>
Tipo de flujo de tráfico		0,045
Condicionado (7:00-22:00 horas)	27,7 (15,2)	
No condicionado (22:00-7:00 horas)	35,6 (8,6)	
Tipo de servicio		0,001
Emergencia sin paciente	44,4 (8,8)	
Emergencia con paciente	25,9 (7,3)	
No emergencia	18,4 (6,1)	
Tipo de pendiente		0,799
Grupo 1 (< 5,35%)	24,7 (9,9)	
Grupo 2 (5,35-8,35%)	30,6 (14,4)	
Grupo 3 (> 8,35%)	31,7 (10,7)	
Interacción		
Tipo de flujo de tráfico-tipo de servicio		0,027
Tipo de flujo de tráfico-pendiente de entrada		0,857
Tipo de servicio-pendiente de entrada		0,777

DE: desviación estándar.

$$T = 3,6 * \frac{L_s}{V_m} + D_m * n$$

**Figura 1.** Fórmula para calcular el tiempo de respuesta en una ruta con moderadores, donde: T es el tiempo de respuesta (s),  $L_s$  es la longitud de servicio (m),  $V_m$  es la velocidad media de recorrido sin moderadores (km/h),  $D_m$  es la demora unitaria media (s) y  $n$  es el número de moderadores.

Los resultados de demora unitaria media, que distinguen entre el tipo de servicio y de flujo, se muestran en la Tabla 2. Se demostró que la demora unitaria media varía entre 1,4 a 4,3 segundos función del tipo de servicio y de flujo.

Las ambulancias se desviaron más de 1 km para evitar los moderadores si trasladan pacientes, con una demora de hasta 40 segundos. Por ello, se diseñó una fórmula para calcular el tiempo de respuesta en una ruta con moderadores, con el fin de seleccionar las rutas alternativas, y así poder reducir el tiempo de la demora y la incomodidad ocasionada (Figura 1). Dicha fórmula consideró el número de moderadores, la demora unitaria, la velocidad media de recorrido sin moderadores y la longitud de servicio.

En la Tabla 2 se proporcionan valores de demora unitaria media. Además, se ofrecen valores orientativos de velocidad media de recorrido sin moderadores en función del tipo de servicio y condiciones de flujo, obtenidos de los 600 recorridos sin moderadores observados. La velocidad media de recorrido sin moderadores se calculó como el cociente entre la distancia de servicio y el tiempo de respuesta. Así, incluyen las condiciones propias del tráfico urbano en el municipio. No obstante, cada servicio de transporte sanitario puede ajustar esta velocidad media a las condiciones de tráfico de su municipio según su propia experiencia.

**Tabla 2.** Valores de las variables para el cálculo del tiempo de respuesta

Condiciones de flujo de tráfico	Demora unitaria media (s)	Velocidad media de recorrido sin moderadores (km/h)	
		Valor recomendado	Intervalo
No condicionado (22:00-7:00 horas)			
Emergencia sin paciente	1,4	60	50-65
Emergencia con paciente	3,7	60	50-65
Condicionado (7:00-22:00 horas)			
Emergencia sin paciente	1,0	55	50-60
Emergencia con paciente	4,1	45	30-60
No emergencia	4,3	25	20-40

## Discusión

En el presente estudio la velocidad de paso se asocia al tipo de flujo y de servicio, y no con la pendiente. Estudios previos han relacionado la velocidad de paso por un moderador y su pendiente de entrada<sup>8,10,11</sup>, de tal forma que la velocidad disminuye al aumentar la pendiente de entrada. No obstante, dichos estudios se realizaron con vehículos ligeros.

En cuanto a la demora unitaria, se ha demostrado que varía en función del tipo de servicio y flujo. Éstas aumentan considerablemente en caso de circular con paciente. Un estudio previo realizado con camiones de bomberos en una calle con moderadores en situaciones controladas concluyó que la demora se situaba entre 2,3 y 9,6 segundos<sup>4</sup>. Dichos resultados son significativamente superiores a los encontrados en el presente trabajo con ambulancias porque no se encontraban en situación de emergencia. En otros estudios con ambulancias, que aunque no cuantificaron la demora producida, se indicaba que la demora aumentaba significativamente en servicios en emergencia con paciente<sup>6</sup>. Esto está en consonancia con los hallazgos de esta investigación ya que la reducción de velocidad de paso entre un servicio de emergencia sin paciente y con paciente puede ser de hasta 19 km/h. Además, en dicho estudio se concluía que los vehículos de emergencia al trasladar un paciente pueden tomar una ruta con mayor distancia de recorrido<sup>6</sup> y tiempo de demora, pero de mayor comodidad. En el presente trabajo se detectó que los vehículos de emergencia al trasladar un paciente podían aumentar más de 1 km el recorrido y los tiempos de demora hasta en 40 segundos para evitar la batería de moderadores.

El presente trabajo aporta una fórmula para calcular el tiempo de respuesta de una ruta dada su longitud de servicio y el número de moderadores presentes, en función de la demora unitaria y la velocidad media de recorrido sin moderadores. Con el empleo de la fórmula 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 paciente en flujo condicionado, el tiempo de respuesta obtenido en una ruta de 3 km con 10 moderadores es de 281 segundos. Por su parte, una ruta alternativa de 3,5 km sin moderadores produce un tiempo de respuesta de 280 segundos. Por tanto,

en caso de existir rutas alternativas con un desvío inferior a 500 m, el tiempo de respuesta sería menor. No obstante, desvíos superiores a 500 m producirían más demora pero una mayor comodidad.

Los resultados están limitados a servicios de emergencias 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, curvas 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 dispone por primera vez de una herramienta de decisión para establecer rutas alternativas, que evitan y reducen el número de moderadores en ellas, cuyo tiempo de respuesta sea igual o inferior a pesar de incrementar la distancia de servicio.

## Bibliografía

- 1 Sanz A. Calmar el tráfico. Pasos para una nueva cultura de la movilidad urbana. Madrid: Ministerio de Fomento; 2008.
- 2 Department for Transport. Fire and Ambulance Services traffic calming: a code of practice. Londres: Traffic Advisory Leaflet; 1994, 3/94.
- 3 Department for Transport. Emergency services traffic calming schemes: a code of practice. Londres: Traffic Advisory Leaflet; 2007, 1/07.
- 4 Reid E. Traffic Calming State of Practice. Prepared by the Institute of Transportation Engineers. Washington, D.C.: Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation; 1999.
- 5 Gifford R. Taking the hump on calming? Transport Retort. 2003;26:10-1.
- 6 Belchamber M. A study of paramedics' attitudes to the effects of speed humps on resuscitation of patients en route to hospital, including general patients care and ambulance response times. BSc dissertation. Hatfield, Hertfordshire: University of Hertfordshire; 2003.
- 7 Cardenete Reyes C, Polo Portes CE, Téllez Galán G. Escala de valoración del riesgo del transporte interhospitalario de pacientes críticos: su aplicación en el Servicio de Urgencias Médicas de Madrid (SUMA 112). Emergencias. 2011;23:35-8.
- 8 Moreno AT, García A, Romero MA. Speed table evaluation and speed modeling for low-volume crosstown roads. Transportation Research Record. 2011;23:85-93.
- 9 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: Ministerio de Fomento; 2008.
- 10 Ewing R, Browns. US Traffic Calming Manual. Chicago: Planners Press; 2010.
- 11 García A, Torres AJ, Romero MA, Moreno AT. Traffic microsimulation study to evaluate the effect of type and spacing of traffic calming devices on capacity. Procedia Social and Behavioral Sciences. 2011;6:270-81.

## Estimating the effect of traffic calming measures on ambulances

García A, Moreno AT, Romero M, Perea J

**Objective:** To estimate the effect of traffic calming measures (TCMs) on ambulance response times during different types of service (emergency and nonemergency transfers, with and without a patient), in different traffic conditions (free flow or forced flow), and over entrance ramps with different slopes.

**Methods:** Two ambulances equipped with global positioning system devices were monitored for 2 weeks to study routes and speeds. To assess the influence of TCMs, speed of the ambulances over the TCMs, seconds of delay, and total time we calculated.

**Results:** Ambulances changed routes by more than 1 km to avoid TCMs if patients were inside, leading to delays of up to 40 seconds. Average speed over TCMs differed in relation to traffic conditions ( $P=.045$ ) and type of service ( $P=.001$ ). Each TCM contributed a delay of between 1.4 and 4.3 seconds, depending on type of service and traffic conditions.

**Conclusions:** Response time was influenced by the presence of TCMs. A mathematical model that predicts response time by taking into account the number of TCMs can help ambulance services select the most appropriate route to drive. [Emergencias 2013;25:285-288]

**Keywords:** Response time. Delay during emergency transport. Traffic calming measures. Speed humps. Speed table.