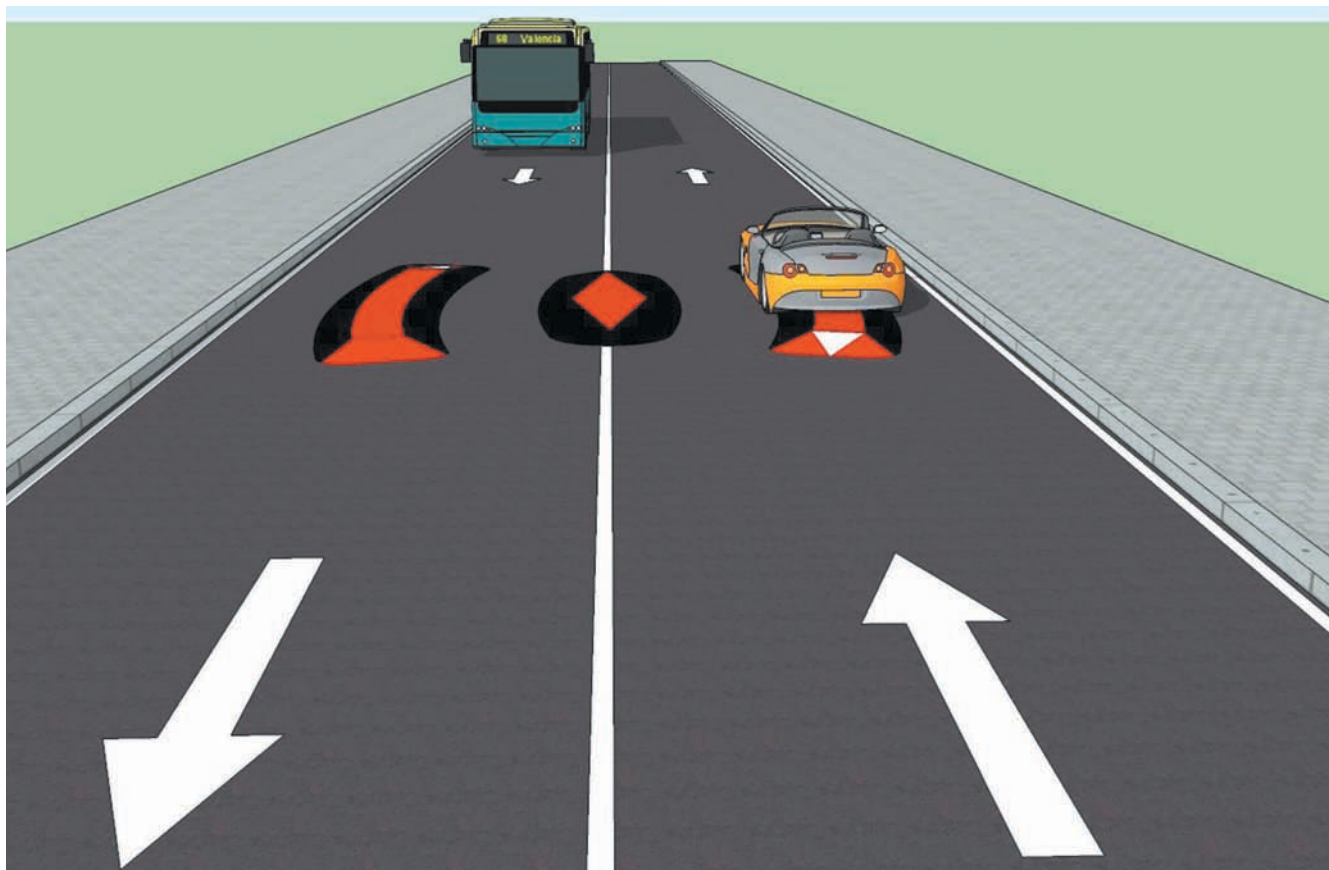


Speed Kidney, un Nuevo Dispositivo Moderador de Velocidad: Descripción y Desarrollo Geométrico



Alfredo García García, Catedrático, y
Mario Alfonso Romero Rojas, Doctorando.
Departamento de Transportes, Universidad
Politécnica de Valencia.

Resumen

La moderación del tráfico vehicular tiene como objetivos la reducción en el número y gravedad de los accidentes de tráfico y la mejora de la calidad ambiental local de una vía o zona. Esto implica, en ciertos casos, la disminución del flujo de tráfico y, desde luego, la reducción de la velocidad de los vehículos que circulan por la zona.

Los métodos físicos de moderación del tráfico, que obligan al vehículo a modificar su trayectoria y velocidad,

son los más empleados en la actualidad. Por lo que en las zonas urbanas la moderación del tráfico está asociada a cambios del trazado, tanto en planta como en alzado, y a cambios en la sección transversal o en la superficie.

Aunque los beneficios de la moderación del tráfico son comúnmente conocidos y aceptados, en ocasiones se ven ensombrecidos por sus efectos desfavorables. Por ello, el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha diseñado (y solicitado la correspondiente patente de invención) un nuevo dispositivo moderador que consigue, además de moderar la velocidad del tráfico, minimizar las molestias ocasionadas a los ocupantes de

los vehículos, el ruido en el entorno, las averías mecánicas sufridas por los vehículos y las demoras a vehículos de transporte público o de emergencias.

En este artículo se describe el nuevo sistema de moderación, denominado *speed kidney* o riñones moderadores de velocidad por la forma que presentan, así como su desarrollo geométrico.

Palabras clave: Moderación de tráfico, seguridad vial, velocidad.

Introducción

A causa del crecimiento del parque automovilístico, surgió la idea de tratar de solucionar la congestión vehicular por medio de medidas diferentes a la expansión de la red vial. Las

soluciones, basadas en el proceso de expansión de la infraestructura vial eran cada vez más costosas para las ciudades. Las Administraciones se dieron cuenta de que este tipo de soluciones resultaban insuficientes, y, en muchos casos, inadecuadas y contraproducentes. Por este motivo, muchas Administraciones locales orientaron su gestión del tráfico hacia las restricciones a la circulación motorizada en determinadas áreas o en ciertas vías.

La práctica de moderar el tráfico se ha venido implementando principalmente en los países desarrollados. Se entiende por moderar el tráfico: el conjunto de medidas encaminadas a reducir la intensidad y velocidad de los vehículos hasta hacerlos compatibles con el resto de actividades que se desarrollan en la red viaria sobre la que se aplica. En algunas naciones se ha incorporado esta técnica a través del diseño del espacio público y, por lo general, los programas de moderación del tráfico forman parte del plan general de transporte y medio ambiente.

La moderación del tráfico vehicular tiene dos objetivos principales: la reducción en la frecuencia y gravedad de los accidentes de tráfico, y la mejora de la calidad ambiental local de la zona donde se aplica. Esto implica, en ciertos casos, la disminución del flujo de tráfico y, desde luego, la reducción de la velocidad de los vehículos que circulan por la zona.

Según Sanz (2008), existen dos maneras diferentes de moderar el tráfico. La primera hace referencia a una restricción parcial, la cual limita las velocidades excesivas en áreas urbanas, y no comprende ni hace referencia alguna al modelo de tráfico que origina el problema de circulación.

La otra interpretación tiene que ver con una restricción global o total, donde se habla no sólo de restringir la velocidad sino también el número de vehículos circulantes, incentivando de esta forma el transporte público o los modos alternativos, como el peatonal y la bicicleta.

Hoy en día, se utilizan una serie de medidas y técnicas para moderar el

tráfico, cuyo objeto es cambiar la percepción por parte del conductor del área o la vía por la que circula y, además, forzarlo a conducir de acuerdo con las circunstancias que se le imponen.

Los métodos físicos de moderación del tráfico, en especial los que obligan al vehículo a modificar su trayectoria y velocidad, son los más empleados en la moderación del tráfico. Por eso, sobre todo en las zonas urbanas, la moderación del tráfico está comúnmente asociada a cambios horizontales y verticales del trazado, así como en la sección transversal o en el pavimento.

Hasta la fecha, en España, el mayor hincapié se ha realizado en la implantación de resaltes, tanto prefabricados como ejecutados *in situ*, para reducir la velocidad, así como de pasos de peatones sobreelevados y de glorietas.

Los elementos moderadores del tráfico producen un impacto, no sólo sobre la velocidad de los vehículos y la seguridad vial, sino también sobre la dinámica de los vehículos y el confort asociado de sus ocupantes y la explotación del tráfico, tanto en general, como para los vehículos pesados y los de transporte público en particular.

Se destaca que, según Ewing y Hodder (1996), la reducción de velocidad es función de la distancia entre los dispositivos moderadores del tráfico; la organización *Traffic Calming* resume su impacto con arreglo al tipo de moderador estudiado. Según ellos, los resaltes producen una mayor reducción de la velocidad si se comparan con los demás tipos de moderadores del tráfico.

Sin embargo, según Barbosa y otros (2000), quienes realizaron un estudio en el que se analizó por primera vez el perfil de velocidad en tramos con medidas de moderación del tráfico, que incluían almohadas, almohadas con isleta, zigzags ("*chicanes*"), resaltes trapezoidales (pasos de peatones sobreelevados) y lomos transversales, el mayor impacto lo producen los resaltes trapezoidales seguidos de los lomos, posterior-

mente los zigzags, y, finalmente, las almohadas.

Asimismo, se ha observado que la reducción de velocidad disminuye el riesgo de accidentes, ya que, a mayor velocidad, los sucesos que ocurren cerca de los lados del vehículo, como pueden ser peatones que desean cruzar la calle o niños jugando en las aceras, pasan más inadvertidos. Por otro lado, si la velocidad es más alta aumenta la gravedad de los accidentes. Según Sanz (2008), la seguridad depende en un alto grado de la velocidad del vehículo: una velocidad de 50 km/h incrementa el riesgo de muerte casi ocho veces en comparación con la de 30 km/h y 2,6 veces en comparación con la de 40 km/h.

Los moderadores del tráfico tienen efectos sobre su explotación, tanto por la disminución en la capacidad de las vías en las que se implementan como en la elección de los itinerarios por parte de los conductores que intentan evitar zonas con moderadores del tráfico, si esto les implica un incremento en el tiempo de viaje. El efecto de disminución de capacidad se traduce en un desvío de la demanda vehicular, ya que los conductores intentan eludir las zonas tratadas con medidas de moderación de tráfico.

Teniendo en cuenta la preocupación sobre los efectos adversos que producen los dispositivos moderadores del tráfico sobre los vehículos de transporte público, el equipo de Bus Priority (2005), de la ciudad de Londres, ha desarrollado unas recomendaciones técnicas sobre dispositivos moderadores del tráfico en las que se califica la explotación del autobús y la aceptación de las medidas. En ellas se menciona que los cambios de superficie, los cambios de color, los semáforos de control de velocidad y los sistemas automáticos de medición de velocidad se consideran apropiados. Los elementos que modifican el trazado en planta los consideran generalmente apropiados si se tiene en cuenta las características de los vehículos; y en cuanto a las actuaciones sobre el al-

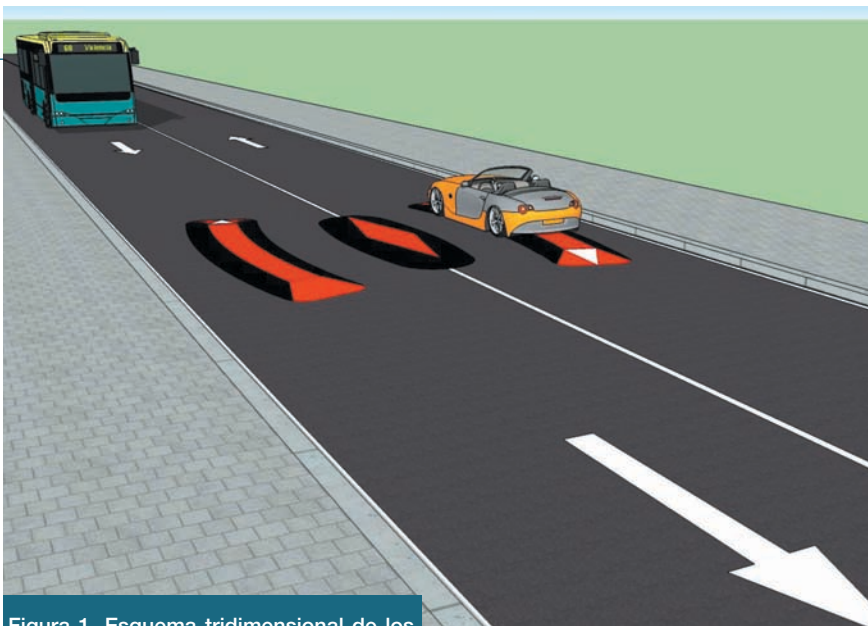


Figura 1. Esquema tridimensional de los Speed Kidneys.

zados, las almohadas y los resaltes trapezoidales son apropiados, pero de ninguna manera los demás tipos de resalte.

Según Litman (1999) existe otra serie de impactos no cuantitativos de los moderadores del tráfico, entre los que se destacan como favorables: el incremento en la seguridad vial, el confort y la movilidad, el fomento de otras actividades y la mejora de la salud pública; y entre los desfavorables se encuentran los incrementos de costes, el aumento de reclamaciones por daños en los vehículos, el incremento de los tiempos de viaje y problemas para los vehículos de servicios y de emergencia.

Es necesario destacar las quejas de los usuarios por el abuso en la utilización indiscriminada de resaltes, puesto que afectan indistintamente a todos los vehículos, incluso a los que transitan a una velocidad adecuada.

Descripción del nuevo dispositivo moderador

Existen en el mercado elementos adaptativos que modifican su altura en función de la velocidad de aproximación de los vehículos pero, en general, son muy costosos y requieren mucho mayor mantenimiento, pues se componen de sensores que miden la velocidad y de actuadores mecánicos que modifican su altura.

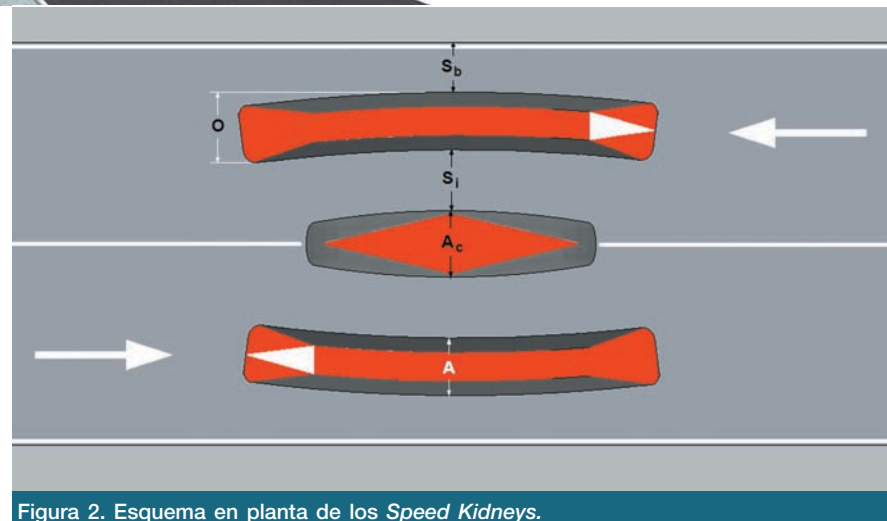


Figura 2. Esquema en planta de los Speed Kidneys.

Los evidentes beneficios de la moderación del tráfico se ven, en ocasiones, ensombrecidos por sus efectos desfavorables. En consecuencia, se hacía necesario el diseño de un dispositivo que consiguiera moderar la velocidad del tráfico, y que, a su vez, minimizara las molestias ocasionadas a los ocupantes de los vehículos, el ruido en el entorno, las averías mecánicas de los vehículos, las demoras de los vehículos de transporte público o de emergencia y sus necesidades de mantenimiento.

Teniendo en cuenta esta necesidad, el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha diseñado (y solicitado la correspondiente patente de invención) un nuevo dispositivo moderador del tráfico que permite:

- Moderar la velocidad de los ve-

hículos de más de dos ruedas y, en especial, de los vehículos ligeros.

- Minimizar las molestias para los ocupantes de cualquier tipo de vehículo al circular a una velocidad y con una trayectoria adecuada.

- Reducir las averías y daños en los vehículos al no tener que abordar resaltes en altura.

- Minimizar los efectos adversos que tienen los moderadores del tráfico sobre los vehículos de emergencia y el transporte público, así como sobre los camiones.

- Facilitar que los vehículos de

emergencia puedan seguir desarrollando sus velocidades habituales para reducir los tiempos de respuesta urgente.

- Guiar a los vehículos a su paso por el dispositivo.

- Mejorar la seguridad vial por la moderación de la velocidad.

Cómo se puede observar en la figura 1, el dispositivo está compuesto por, al menos, un resalte por carril con forma en planta arriñonada y forma en alzado abultada, que obliga a los vehículos de determinadas dimensiones a modificar su trayectoria si no quieren sufrir efectos al pasar sobre él y, por consiguiente, a moderar su velocidad.

Como se muestra en la figura 2, la curva en planta permite evitar el paso directo de los vehículos al garantizar que la anchura de su proyección sobre el plano transversal a la vía u ocupación, O , sea superior a la an-



Figura 3. Disposiciones alternativas de los Speed Kidneys.

chura de los ejes del mayor vehículo del que se quiera controlar su velocidad. Por tanto, si un vehículo ligero pretende seguir una trayectoria recta tendrá que subir al resalte sufriendo las molestias correspondientes, hasta ahora habituales.

En cambio, los vehículos con mayor separación de las ruedas de sus ejes si lo podrán hacer, aunque siempre con precaución y, por tanto, con cierta moderación de su velocidad.

Para evitar que los vehículos intenten pasar por el medio de dos dispositivos, se instalan conjuntamente unos resaltes complementarios que por su anchura, A_C , no permitirán el paso directo sobre ellos.

Asimismo, se garantiza que un vehículo no pueda pasar por el medio de los resaltes haciendo que la anchura de estas zonas, S_b y S_r , sea inferior a la anchura de los vehículos.

La sección transversal del resalte se caracteriza por estar rebajada en los extremos del resalte y abultada hacia su interior, siendo la anchura máxima de la sección transversal, A , menor o igual que la anchura entre ruedas del mismo eje del menor vehículo del que se pretende controlar la velocidad, con el fin de que pueda pasar sin tener que subir al resalte al seguir la trayectoria curva de la directriz del resalte. Esta sección transversal tiene, además, la ventaja de que facilita al vehículo seguir la trayectoria a lo largo del resalte, ya que el efecto de la gravedad ayuda al vehículo a caer hacia la superficie de la calzada y, por lo tanto, a seguir la trayectoria marcada por el abultamiento del resalte.

El dispositivo pertenece, por tan-

to, a la categoría de actuaciones sobre el trazado en planta, así como a las actuaciones sobre el trazado en alzado, y, en menor medida, a las actuaciones sobre la sección transversal, ya que consiste en resaltes transversalmente discontinuos cuya geometría curva en planta permite el paso de determinados vehículos sin que les afecte, ya sea por su tamaño o porque adopten una trayectoria curvada acorde con la directriz del resalte. Esta trayectoria curvada es similar a la seguida en un zigzag, pero con la ventaja de que no es necesario actuar sobre el diseño de la vía. El vehículo ligero ha de acometer una ligera curva para enfilarse al nuevo resalte, al igual que una vez rebasado el mismo, por lo que la directriz curva del resalte conforma la curva central de un zigzag suave.

Los dispositivos pueden construirse "in situ" o ser prefabricados, y pueden instalarse no sólo en las calles clasificadas funcionalmente como locales, sino también en vías colectoras y travesías. A diferencia de los resaltes transversales, pueden ser instalados independientemente de la composición del tráfico debido a que no tienen impacto negativo sobre los vehículos pesados ni sobre las motocicletas o bicicletas.

Para cada caso en particular es posible adaptar las configuraciones para una mejor utilización del dispositivo. Se observa en la figura 3 la utilización en vías de un solo carril, en la que se utilizará un único elemento principal y uno o dos elementos complementarios para controlar el paso por los laterales del moderador. En el caso de utilizarlos en vías de varios

carriles con un solo sentido de circulación, su disposición será preferiblemente en paralelo, es decir, los elementos deben ser dispuestos de manera que el sentido de giro de la directriz sea el mismo para cada carril. Finalmente, en vías o carriles estrechos cabe la posibilidad de implantar los dispositivos modificando la alineación de los bordillos para adoptar una forma curva cóncava que se acompañe con la geometría de los elementos.

Criterios de implantación del nuevo dispositivo moderador

Con el fin de dar una guía para la utilización de los dispositivos Speed Kidneys (SK) y teniendo en cuenta sus características propias, se han establecido los siguientes criterios de implantación:

- Los SK pueden instalarse no sólo en las calles clasificadas funcionalmente como calles locales, sino también en vías colectoras y travesías.

- En cuanto al número y anchura de los carriles, los SK deberían utilizarse principalmente en calzadas con no más de dos carriles de circulación, del mismo o distinto sentido de circulación.

- Sería recomendable que los SK se utilizaran en vías con pendientes menores del 5%. Cuando se instalan en calles con una pendiente descendente significativa, debe tenerse extremo cuidado para asegurar que los vehículos no lleguen a una velocidad excesiva.

- Los SK no deben ponerse en curvas verticales y horizontales pro-

nunciadas.

■ Los SK deberían instalarse sólo en calzadas donde se puede disponer de visibilidad de parada, considerando el percentil 85 de la velocidad de operación de los vehículos en la vía.

■ En lo referente a la velocidad del tráfico, los SK deberían instalarse sólo en vías donde el límite de velocidad establecido sea como máximo de 50 km/h, habiendo establecido otro elemento previo de moderación diferente a este. Es decir, su mayor utilidad radica en mantener las velocidades moderadas, no en reducir las velocidades de circulación desde valores más altos a los urbanos.

■ Los SK podrían ser instalados en distintas vías con un amplio rango de volúmenes de tráfico.

■ Los lugares propuestos para colocar SK deben evaluarse para determinar que esta instalación no provoque el incremento de accidentes potenciales para la vía en estudio. Cuando se instalan por este motivo, las causas de estos accidentes pueden ser corregidas por los SK.

■ Los SK, a diferencia de los resaltes, pueden ser instalados independientemente de la composición del tráfico, debido a que no tienen impacto negativo sobre los vehículos pesados, ni las motocicletas, ni las bicicletas.

■ Los SK pueden instalarse en vías con rutas de transporte público establecidas.

Desarrollo geométrico del nuevo dispositivo moderador

Las dimensiones del dispositivo se determinan en función de: la anchura de los ejes del menor vehículo ligero del que se quiera controlar su velocidad, A ; la anchura de los ejes del menor vehículo pesado que se quiera que pueda pasar con una trayectoria recta, o del mayor vehículo ligero al cual está destinado el dispositivo para controlar su velocidad, O ; el radio de curvatura del dispositivo, R ; el radio de redondeo en las esquinas del mismo, r ; y la longitud de la directriz del dispositivo, L .

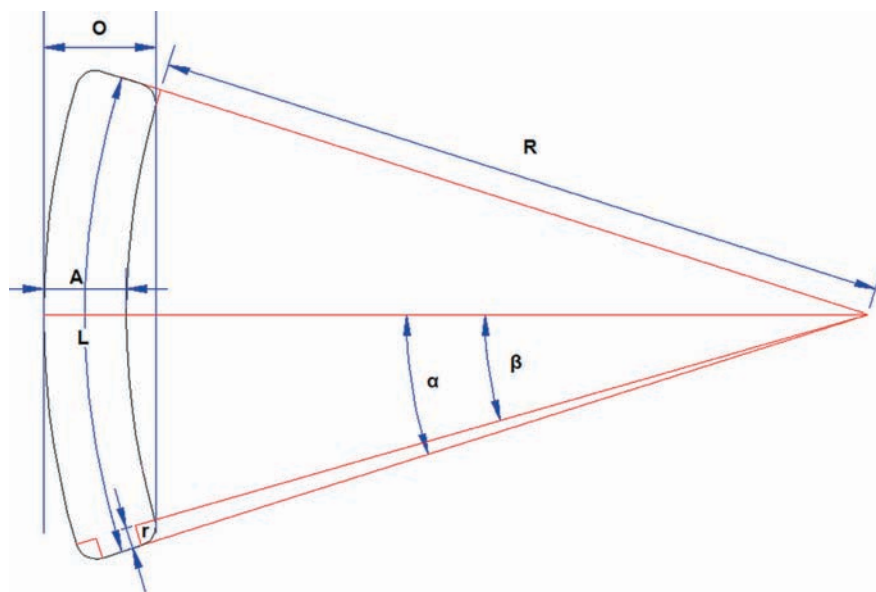


Figura 4. Desarrollo geométrico de los Speed Kidneys

De la figura 4 se obtienen las siguientes ecuaciones:

$$\alpha = \frac{L}{2 \cdot R + A}$$

$$\beta = \alpha - \arcsen\left(\frac{r}{R+r}\right)$$

$$O = A + R - [(R + r) \cdot \cos(\beta) - r]$$

A partir de las ecuaciones obtenidas de los parámetros geométricos básicos, O y A , y del radio en las esquinas, r , se obtienen las dimensiones de los Speed Kidneys, R y L , que garanticen su funcionalidad. Para ello, en primer lugar se estima una longitud, L , y en función del grado de control de velocidad deseado se elige un radio, R .

Aplicando sucesivamente las ecuaciones 1, 2 y 3, se obtiene la ocupación, O , para los valores estimados. En caso de que no coincida con la ocupación deseada, se realizan los ajustes necesarios a la longitud y se repite el procedimiento de cálculo hasta que converja el resultado.

En todo el proceso de determinación geométrica la longitud es la variable menos condicionada, aunque de ella dependerá directamente el coste final del sistema moderador.

Teniendo en cuenta que los dos parámetros básicos para el correc-

to funcionamiento del dispositivo son su anchura, A , y la ocupación, O , es importante ajustar estas dimensiones a las de los vehículos que habitualmente circulan por la vía donde se vaya a hacer la instalación. Un estudio realizado por Ortega y García (2000), en el que se obtuvieron las dimensiones de los vehículos existentes en el mercado español y el porcentaje de sus ventas, permitió deducir la distribución de las dimensiones de los vehículos del parque circulante en España.

En la figura 5 (véase la página siguiente) se muestran los percentiles extremos y medio de la anchura de vías de los principales tipos de vehículos ligeros, que son las dimensiones fundamentales para el diseño geométrico del nuevo dispositivo.

Para el caso de los autobuses, de acuerdo con Sanz (2008) se han tomado en cuenta las recomendaciones de la norma suiza para la instalación de almohadas en vías con rutas de transporte público, que proponen una anchura de la parte superior de la meseta de 1,3 m y una anchura total de 1,7 m; o las del Departamento de Transportes del Reino Unido (1994), que especifican una anchura total de 1,6 ó 1,7 m, para permitir a los autobuses pasar con cierta comodidad.

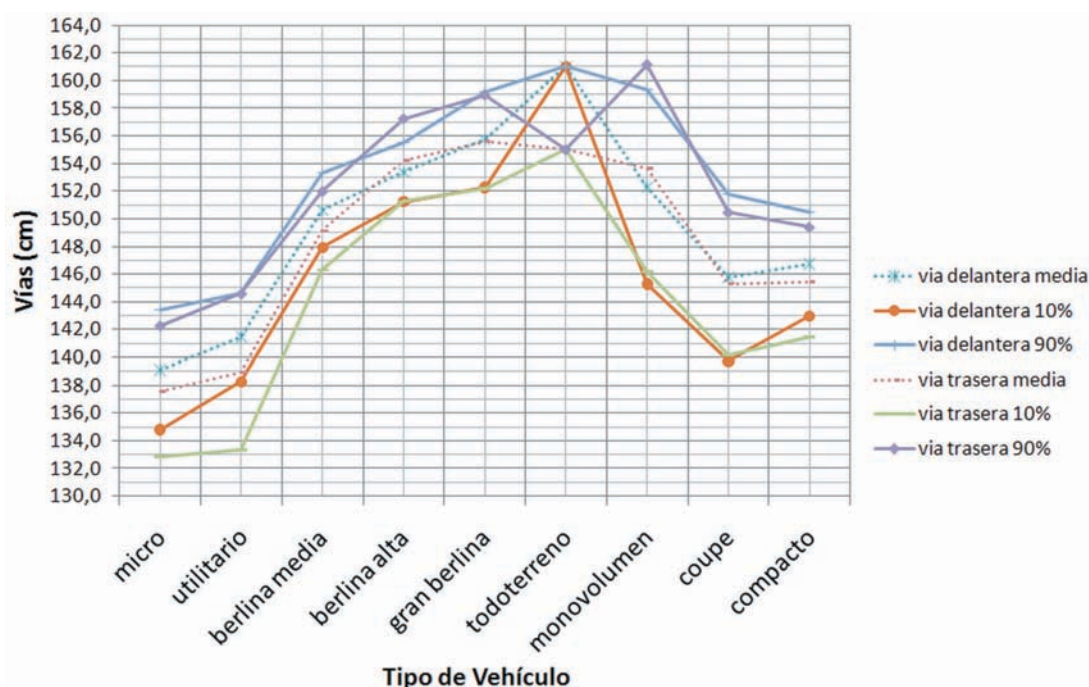


Figura 5
Anchura de vías
para diferentes
tipos de
vehículos.

Es importante resaltar que la afección de los *Speed Kidneys* sobre los autobuses se produce únicamente sobre el eje trasero, pues la vía delantera permite su paso franco, mientras que el eje trasero, por tener doble rueda en cada extremo, tendrá que remontar parcialmente el dispositivo en los extremos laterales, por lo que la incomodidad será mínima, como ocurre actualmente con las almohadas.

Teniendo en cuenta las anchuras de vía de los tipos de vehículo encontrados en el mercado y el tipo de neumáticos utilizados habitualmente en cada uno de ellos, y las recomendaciones para el diseño de almohadas, se plantea una solución de compromiso que permita moderar la velocidad especialmente para los vehículos ligeros pequeños y medios, que son los preponderantes en el parque, y que minimice la afección a los autobuses, por lo que se proponen en la *tabla 1* las dimensiones de los *Speed Kidneys*.

Para evaluar las diferencias de longitud en función del radio R y de la ocupación O , se presenta en la *figura 6* un ábaco de la variación de la longitud en función del radio para los valores mínimo, medio y máximo del intervalo de ocupación. Puede observarse cómo al pasar de un radio de

Resalte Principal			
Dimensión		Valor recomendado	Intervalo
Anchura	A	120 cm	110 - 125 cm
Ocupación	O	150 cm	140 - 160 cm
Radio	R	función de la velocidad	10 - 20 m
Longitud	L		500 - 900 cm
Radio esquina	r	30 cm	0 - A/2 cm
Altura	H	7,5 cm	6 - 8 cm
Pendiente rampa	p	10%	7,5 - 12,5%
Pendiente lateral	pl	20%	20 - 25%
Resalte Complementario			
Anchura	AC	150 cm	≥ 150 cm
Separación			
SK (lado cóncavo)		Ajuste según anchura total disponible	100 - 130 cm
— Resalte complementario	S_i		
SK (lado convexo)		Ajuste según anchura total disponible	75 - 120 cm
— Bordillo	S_b		

Tabla 1. Dimensiones recomendadas para los *Speed Kidneys*.

10 m a un radio de 20 m se debe incrementar la longitud en 1,60; 1,95 y 2,25 m para ocupaciones de 1,40; 1,50 y 1,60 m, respectivamente. Asimismo, pasar de una ocupación de 1,40 m a 1,60 m supone un incremento de longitud que varía entre 1,80 m y 2,40 m para radios de 10 y 20 m respectivamente.

En la *figura 7* se presenta la variación de la longitud en función del radio para diferentes valores de anchura, A , del elemento. Puede observarse cómo la disminución de la anchura implica un aumento de la longitud. La diferencia de longitud para anchuras de

1,25 m y 1,10 m varía entre los 1,08 m y 1,69 m para radios de 8 m y 20 m, respectivamente.

En la actualidad, el nuevo sistema de moderación diseñado se encuentra en periodo de pruebas experimentales, lo que permitirá contrastar su funcionalidad esperada y el grado de aceptación por parte de los usuarios de diferentes tipos de vehículos.

Se va a evaluar la influencia de las diferentes dimensiones en la velocidad de paso sobre el elemento, el porcentaje de vehículos que adaptan su trayectoria al dispositivo, el grado de

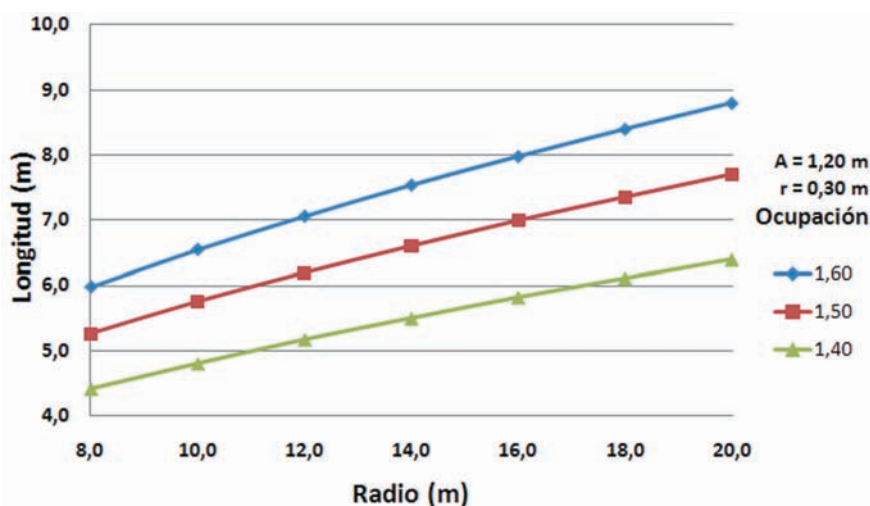


Figura 6. Longitud de los Speed Kidneys dependiendo del radio y la ocupación.

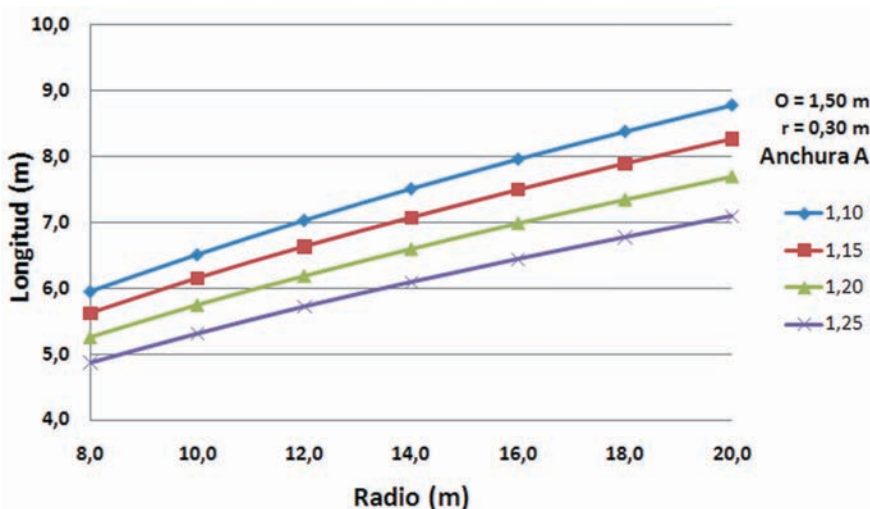


Figura 7. Longitud de los Speed Kidneys dependiendo del radio y la anchura.

aceptación de los usuarios, etc. También se precisa el estudio experimental de la señalización del nuevo sistema para que su funcionalidad y seguridad sea la óptima.

Conclusiones

Las características de los moderadores del tráfico actuales se centran principalmente en la reducción de la velocidad de los vehículos, dejando de lado los efectos adversos que pueden producir, especialmente las molestias a los conductores que sí mantienen moderada su velocidad y los aumentos en los tiempos de respuesta de los vehículos de emergencia.

Para ofrecer una solución que conjugue los beneficios de los moderadores del tráfico con la dismi-

nución de los efectos adversos que ellos suponen, el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha diseñado (y solicitado la correspondiente patente de invención) un nuevo dispositivo moderador del tráfico.

El nuevo dispositivo diseñado consigue moderar la velocidad del tráfico y a su vez minimiza las molestias ocasionadas a los ocupantes de los vehículos, el ruido en el entorno, las averías mecánicas sufridas por los vehículos, las demoras de los vehículos de transporte público o de emergencias y el mantenimiento requerido.

Las pruebas experimentales, que se van a realizar con el nuevo sistema de moderación diseñado, permitirán la verificación de su funciona-

lidad y el grado de aceptación por parte de los usuarios de diferentes tipos de vehículos. También se perfeccionará su procedimiento constructivo, incluyendo la necesaria señalización.

Con esta invención se aporta una solución funcional, viable, sostenible y segura a los sistemas de moderación del tráfico, que integra a los usuarios otorgándoles la calidad y el confort de circulación que se merecen.

Para la construcción o instalación generalizada del nuevo sistema hará falta obtener los resultados de su experimentación y los necesarios acuerdos o licencias con la Universidad Politécnica de Valencia, dada la protección intelectual del diseño que tiene dicha Institución.

Referencias

- BARBOSA, H, TIGHT, M y MAY, A. (2000). "A Model of Speed Profiles for Traffic Calmed Roads". Transportation Research Part A: Policy and Practice, Volume 34, Number 2, pp. 103-123 (21).
- DEPARTMENT FOR TRANSPORT (1994). "Traffic Advisory Leaflet 4/94 Speed Cushions". U.K.
- EWING, R y HODDER, R. (1996). "Best Development Practices". National Center for Smart Growth, Universidad de Maryland.
- LITMAN, T (1999). "Traffic Calming Costs, Benefits and Equity Impacts", Victoria Transport Policy Institute.
- LONDON BUS PRIORITY TEAM (2005). "Traffic calming measures for bus routes, technical advice note BP2/05", Londres.
- ORTEGA, V. J. Y GARCÍA, A. (2000). "Estudio de los Factores Relacionados con el Vehículo que Influyen en las Visibilidades en Redes Vías". IV Congreso de Ingeniería del Transporte – CIT2000. Valencia, junio de 2000.
- SANZ, A. (2008). "Calmar el Tráfico". Ministerio de Fomento. Madrid.
- TRAFFIC CALMING ORG. Página web consultada en junio de 2008. <http://www.trafficcalming.org>.