

Desarrollo y aplicaciones de un nuevo Laboratorio Móvil de Tráfico



portamiento de los conductores que circulan por las vías. Este efecto, que siempre hay que tratar de minimizar, es inferior al que puede tener lugar si se emplea una metodología de grabación de vídeos desde la propia vía.

A partir de los vídeos se pueden obtener tanto los parámetros del tráfico, como la evolución individualizada de los vehículos o peatones, así como medidas de la conflictividad del tráfico.

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Departamento de Transportes de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) ha desarrollado un Laboratorio Móvil de Tráfico que posibilita la grabación de imágenes del tráfico desde una posición elevada. Con el Laboratorio Móvil de Tráfico, a diferencia de las grabaciones convencionales, se introduce como novedad la utilización de hasta 8 cámaras de vídeo digital, que permiten cubrir una zona más amplia y en diferentes direcciones. Asimismo, el Laboratorio Móvil de Tráfico cuenta con un único equipo de grabación, que toma los vídeos de manera sincronizada, garantizando de esta manera la referencia temporal entre ellos.

La incorporación de cámaras adicionales pretende mejorar la calidad de los vídeos obtenidos, de manera que puedan analizarse con mayor precisión un mayor número de maniobras, que queden grabadas de principio a fin en las distintas cámaras. Se logra, por tanto, una toma de datos más eficaz y precisa que la que se obtendría si se realizara con una única cámara. Del mismo modo, se ha desarrollado una aplicación informática que permite la restitución de las trayectorias seguidas por los vehículos basada en homologías cónicas.

Se describen a continuación las características del Laboratorio Móvil de Tráfico, las técnicas utilizadas pa-

Alfredo García García, Catedrático;
Mario A. Romero R., Doctor;
Ana Tsui Moreno Chou, Doctorando;
y **Carlos Llorca García**, Becario.
Departamento de Transportes.
Universidad Politécnica de Valencia.

Introducción y resumen

La grabación de vídeos en carreteras desde puntos situados en el exterior de la misma permite obtener imágenes reales del tráfico, con una influencia muy reducida, incluso inexistente, en el com-



Figura 1. Ejemplo de utilización del Laboratorio Móvil de Tráfico.

ra la restitución de maniobras y las aplicaciones posibles.

Palabras Clave: tráfico, vehículo, trayectoria, restitución, conflictividad, seguridad, peatón

Objetivos

El principal objetivo del desarrollo del Laboratorio Móvil de Tráfico es posibilitar la toma de datos en vías provocando la menor afección posible a los conductores por medio de cámaras de vídeo desde una posición elevada. De esta manera, es posible la obtención de las trayectorias, velocidades y aceleraciones de los vehículos a partir de la restitución de las imágenes grabadas por medio de un programa de restitución.

Se pueden identificar como objetivos secundarios el desarrollo de un equipo de grabación de vídeos, dotado con varias cámaras digitales, que sea remolcable y emplazable en las márgenes de las vías; así como el desarrollo de una aplicación informática para el análisis de las imágenes tomadas por las cámaras de vídeo incorporadas en el Laboratorio Móvil de Tráfico.

Descripción

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) del Departamento de Transportes de la Universidad Politécnica de Valencia ha desarrollado un Laboratorio Móvil de Tráfico que permite la grabación si-

multánea del tráfico con hasta 8 cámaras de vídeo digital.

El Laboratorio Móvil de Tráfico se compone de una plataforma elevadora articulada a la que se le han instalado seis cámaras de vídeo en la parte superior junto con el sistema de grabación. La principal aplicación de la plataforma es la obtención de vídeos desde una posición elevada, de manera que se disponga de una mejor visibilidad sobre el área que se pretende grabar.

La ventaja que proporciona este Laboratorio Móvil de Tráfico, además de disponer de una altura elevada para la grabación, es la cantidad de cámaras instaladas en él. Las seis cámaras que pueden grabar desde lo alto de la plataforma elevadora proporcionan una buena visión de amplias zonas, al poder enfocar cada una de ellas a una parte distinta de la zona que se estudia, y con un ni-

vel de detalle propio en cada uno de los enfoques. Además, es posible conectar otras dos cámaras inalámbricas adicionales, de forma que se posibilita la grabación de imágenes desde otros dos puntos de vista adicionales.

Es necesario remarcar que, con anterioridad a la toma de vídeos en las vías públicas, se debe contar con los permisos de las autoridades competentes.

Para describir con mayor grado de detalle el equipo, se explicará la función de cada uno de sus componentes.

Plataforma

Es un remolque equipado con una plataforma elevadora articulada. Una vez estacionada y desplegados sus cuatro apoyos, puede elevarse hasta aproximadamente 12 metros.

Para ello, cuenta con un sistema hidráulico que mueve tres brazos y una canastilla, ubicada en la parte más alta. En la canastilla se instalan las seis cámaras domo y el equipo de grabación. La altura conseguida con la elevación de la cesta permite obtener una buena visibilidad del área que la rodea. Además, al contar la plataforma con distintos brazos metálicos, posee una gran flexibilidad de movimientos, para poder situar la canastilla en el punto más conveniente en función de la posición de la plataforma y las áreas a grabar.

La plataforma móvil dispone de un motor de gasolina empleado para el sistema hidráulico de elevación, y de



Figura 2. Plataforma elevadora en posición de transporte.

un generador eléctrico para la alimentación de los equipos de grabación de vídeo. La plataforma puede ser controlada desde dos cuadros de mando que funcionan de manera alternativa, estando uno de ellos situado en la canastilla. Una vez situada la plataforma en su ubicación óptima, se estabiliza su posición por medio de los cuatro patas de apoyo. A partir de dicho punto, se eleva la canastilla controlando los brazos metálicos de la plataforma hasta la ubicación más conveniente de la misma considerando la colocación de las cámaras y el área objeto de la grabación.

Cuando es remolcada, la plataforma se encuentra totalmente plegada y acoplada a un vehículo tractor, y dispone de luces de freno.

Vehículo tractor

El vehículo a motor se emplea para remolcar la plataforma hasta el lugar en el que se lleva a cabo la toma de datos. Debido a aspectos de seguridad y para no requerir un permiso de conducción especial, debe tener un peso superior al de la plataforma, pero la suma de ambos vehículos (tractor y remolque) no debe superar los 3 500 kg. Todo ello limita las dimensiones, peso y potencia del vehículo.

Cámaras de vídeo

El Laboratorio Móvil de Tráfico cuenta con seis cámaras de vídeo como instaladas en la canastilla de la plataforma remolcable.

Las cámaras cuentan con un sistema de anclaje rápido a las barandillas de la canastilla, colgadas hacia el exterior de la misma para permitir la grabación de imágenes. Las seis cámaras como se distribuyen a lo largo de los tres lados exteriores (vistas en planta) de la canastilla. El cuarto lado es en el que la canastilla está unida al brazo articulado que la eleva y en el que se dispone de un segundo cuadro de mandos de la plataforma.

Cada uno de los tres lados libres de la cesta cuenta con dos cámaras de vídeo formando, por tanto, el total de seis. Las cámaras son de tipo como que se emplean usualmente para seguridad y vigilancia en edifi-



Figura 3. Generador eléctrico del Laboratorio Móvil de Tráfico.



Figura 4. Cuadro de mandos del sistema hidráulico de elevación y estabilización.



Figura 5. Apoyo de la plataforma elevadora.

cios, y para control de tráfico, situándose encima de mástiles altos. La cámara puede moverse en dos ejes, uno vertical que puede girarla 360 grados y uno horizontal, que permite 90 grados de variación. Por este motivo todo el campo que pueden

abarcarse está definido por la semiesfera de cristal que contiene la cámara. Además, están equipadas con zoom óptico de 18 aumentos. El empleo del zoom permite obtener imágenes a una distancia considerable de la plataforma elevadora.



Figura 6. Maniobra de adelantamiento grabada con seis cámaras del Laboratorio Móvil de Tráfico.

Además de las seis cámaras instaladas en lo alto de la plataforma, se dispone de dos cámaras inalámbricas que pueden instalarse sobre trípodes. Estas cámaras van equipadas con baterías propias y envían la señal de vídeo al sistema de grabación por medio de una red inalámbrica.

Las cámaras inalámbricas pueden emplearse para obtener, por ejemplo, datos de la velocidad de los vehículos, si se disponen perpendicularmente al eje de la carretera, o para grabar un ángulo distinto, que no puede ser captado por las cámaras situadas en la canastilla de la plataforma remolcable.

Sistema de grabación

El equipo de grabación está formado por un RAID (*Redundant Array of Independent Disks*) de discos du-

Empleando correctamente la orientación y el nivel de zoom en las seis cámaras es posible obtener imágenes de zonas muy amplias, con diferente nivel de detalle en cada vídeo generado.

No obstante, hay casos en que un menor número de cámaras puede ser suficiente. En cada caso deben observarse las imágenes captadas por las cámaras en el momento de realizar la toma de datos para determinar cuántas son necesarias y cómo hay que ajustar cada una de ellas, así como la posición óptima de la plataforma remolcable, que debería variarse en caso de no obtener la perspectiva deseada. El enfoque de las cámaras se realiza en tiempo real mediante un ordenador portátil conectado a la red inalámbrica del equipo de grabación, que se describe a continuación.

Las especificaciones de las cámaras que proporciona su fabricante se resumen en la *tabla 1*.

Lente	f:4,1 ~ 73,8 mm
Ángulo de visión	De 2,8° a 48°
Sensor de visión	CCD Sony de resolución VGA 640x480
Movimiento horizontal	360°
Movimiento vertical	90°
Zoom	18x
Tasa de imágenes	30 imágenes/s

Tabla 1. Especificaciones de las cámaras del Laboratorio Móvil de Tráfico.



Figura 7. Cámaras de vídeo instaladas en la cesta del Laboratorio Móvil de Tráfico.

Figura 8. Captura de vídeo grabado por el Laboratorio Móvil de Tráfico.

ros de gran capacidad, para almacenar los vídeos que graban las cámaras. Además, cuenta con un *router* para conectar las distintas cámaras a los discos duros, y para generar una red inalámbrica a través de la cual, y mediante un ordenador portátil, es posible controlar todo el dis-

positivo en tiempo real.

Ambos equipos, el RAID y el *router*, se encuentran dentro de un armario de fibra. Dicho armario se encarga, tanto de alojar estos elementos como de distribuir la energía y la red de datos a las cámaras.

Ordenador portátil

Mediante el ordenador portátil conectado a la red inalámbrica que genera el equipo de grabación es posible controlar todo el sistema. Cada una de las cámaras y el RAID se controlan por medio del explorador web, utilizando la dirección IP específica de cada una de las ocho cámaras con las que cuenta el Laboratorio Móvil de Tráfico, y una dirección para el control del evento de grabación.

Desde la página correspondiente a cada cámara es posible observar la vista grabada por ésta y ajustar la orientación y el enfoque deseado. Además, desde la página del propio sistema de grabación se escogen las cámaras que se desea que estén grabando, la duración de la grabación y otros parámetros de la misma.

Desde el ordenador se accede a cada una de las funciones por medio de una dirección IP que se puede consultar en cualquier navegador web.

En la *figura 10* se observa la página correspondiente a cada cámara, desde la cual es posible controlar la orientación y el enfoque de la misma. En la *figura 11* se muestra la página del equipo de grabación, en la que se configura la duración y momento de inicio de la grabación, así como el número de cámaras que van a estar grabando.

Por último, el sistema cuenta con un programa específico de reproducción de vídeos, en el que es posible ver simultáneamente las imágenes obtenidas con las distintas cámaras, así como ampliarlas, dividir las en partes más pequeñas, o extraer capturas de las mismas. El tiempo mostrado en este programa, representado por la hora de grabación o reproducción, es la referencia temporal a emplear en el resto del proceso de tratamiento de los vídeos.

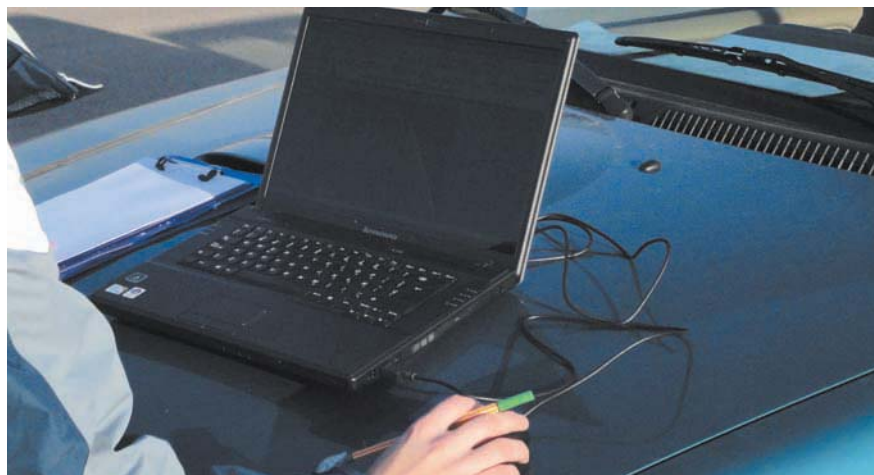


Figura 9. Configuración del sistema de grabación en la localización estudiada.

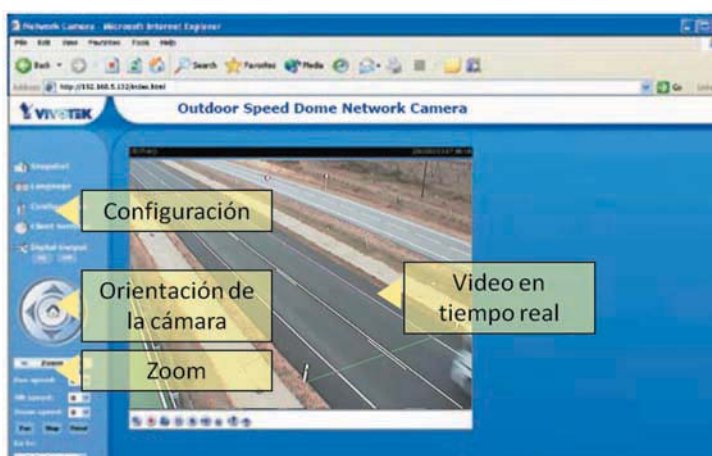


Figura 10. Página de control de las cámaras del Laboratorio Móvil de Tráfico.



Figura 11. Página de control del sistema de grabación.



Figura 12. Software de visualización del Laboratorio Móvil de Tráfico.

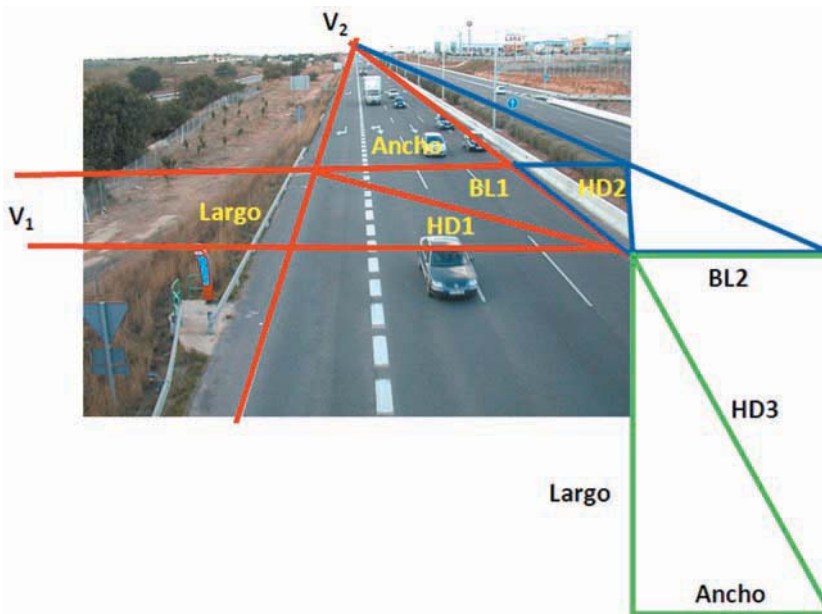


Figura 13. Homologías utilizadas en el programa.

Restitución de maniobras

Una vez realizadas las grabaciones de vídeo se procesan, por medio de una aplicación informática desarrollada por el Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras, empleando técnicas de restitución de perspectiva cónicas por medio de una doble homología.

A continuación se describen las técnicas utilizadas para restituir la posición de los vehículos, para calcular sus parámetros cinemáticos y las técnicas utilizadas para facilitar esta labor.

Restitución de la posición de los vehículos

La restitución utilizando perspectiva cónica permite la reconstrucción a escala de la planta y el alzado de un objeto con la ayuda del conocimiento de su forma y de alguna de sus medidas, mediante las relaciones de homología existentes entre una figura plana y su perspectiva.

Los fotogramas obtenidos a partir del vídeo, serán perspectivas de cuadro inclinado, con tres direcciones principales de fuga, donde, para hacer la restitución, se convierte el trapezoide correspondiente al tramo de vía en un rectángulo, a través de dos homologías consecutivas, sin necesidad de calcular el centro de la homología, sino a partir de dos medidas de la planta (ancho y largo).

Para realizar la restitución, mediante el empleo de esta técnica de do-

blemente, las marcas viales, cuyas medidas y distancias se determinan previamente *in situ*.

Como se observa en la figura 13, en la primera homología se convierte el trapezoide de la imagen en un trapezio. En la segunda homología este trapezio se convierte en un rectángulo de dimensiones conocidas.

Para realizar el procedimiento de la doble homología, es necesario en primer lugar determinar los puntos de referencia. A continuación se determinan los puntos de fuga (V_1 y V_2) encontrando la intersección de las líneas de referencia.

Posteriormente, con las dimensio-

Línea	Desde	Hasta	Característica	Encontrar intersección con	Define nuevo punto
L1	V2	P		BL1	P1
L2	P1		Paralela a BL2	HD2	P2
L3	V1	P2		BL2	P3
L4	P3		Perpendicular a BL2	HD3	P4
L5	V1	P		HD1	P5
L6	V2	P5		BL1	P6
L7	P6		Paralela a BL2		P7
L8	V1	P7		BL2	P8

Tabla 2. Restitución de puntos.

ble homología, es necesario definir únicamente 4 puntos de referencia. No obstante, con el fin de aumentar la precisión es posible definir un número mayor de puntos, al igual que en el caso de realizar una restitución de una vía con cambio de pendiente.

Como sistema de referencia para la restitución se utilizan, principal-

nes de la vía, se construyen las líneas de base de las dos homologías (BL_1 y BL_2), así como las tres diagonales homológicas (HD_1 , HD_2 y HD_3) como se observa en la figura 13.

El procedimiento para obtener las coordenadas reales de un punto en la imagen se resume en la tabla 2 y la figura 14.

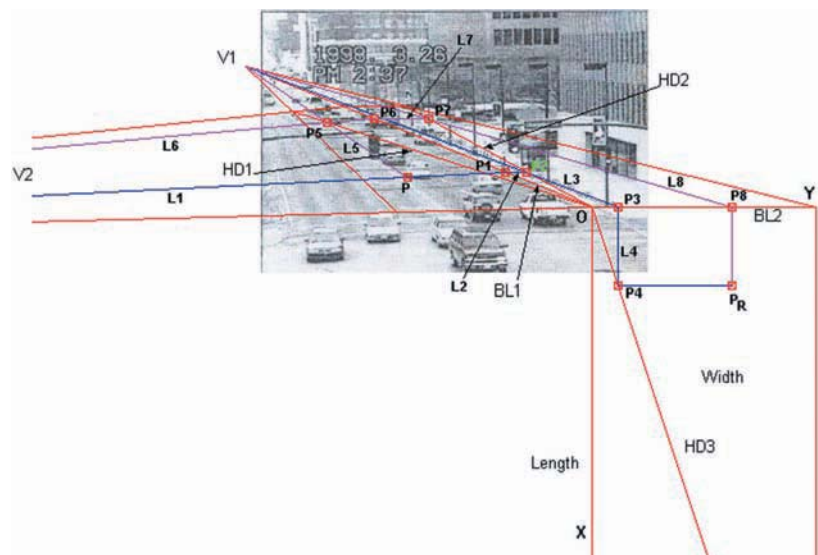


Figura 14. Restitución gráfica.

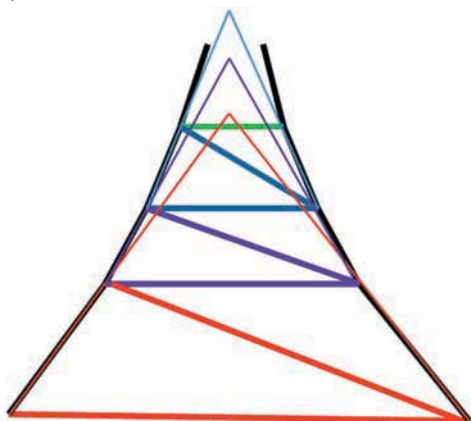


Figura 15. Homologías para cambio de pendiente de la vía.

Para el caso en el que la vía tiene cambios de pendiente, y teniendo en cuenta que las homologías están dadas para una figura plana, se hace una aproximación de la sección de la vía a planos sucesivos, de forma que pueda aplicarse las homologías con el mínimo de error, como se muestra en la *figura 15*.

El programa fue diseñado para permitir el trabajo con varios vídeos de manera simultánea, referenciando cada uno de ellos al mismo punto como eje de coordenadas (*figura 16*).

Cálculo de parámetros cinemáticos de los vehículos

Las mediciones de tiempos se toman a partir de los vídeos y con ellas se calcula la velocidad de los vehículos, sus aceleraciones y deceleraciones.

Una vez conocida la posición de los vehículos en cada cuadro del vídeo, al restituir su posición en cada uno de ellos, se puede calcular su velocidad y su aceleración relacionando dichas posiciones con el tiempo transcurrido en el vídeo (García y Romero, 2009).

Se utilizan las siguientes ecuaciones para el cálculo de derivadas de la posición respecto al tiempo. Estas ecuaciones coinciden con el cálculo de la recta de mejor ajuste de tres puntos. La *ecuación (1)* corresponde al cálculo de la velocidad y la *ecuación (2)* a la aceleración.

A continuación se presenta, de forma gráfica, los resultados obteni-



Figura 16. Sistema de referencia para los vídeos.

$$f'(x) = \frac{f'(x + \Delta) - f'(x - \Delta)}{2 \cdot \Delta} \quad (1)$$

$$f''(x) = \frac{f'(x + \Delta) - f'(x - \Delta)}{2 \cdot \Delta} = \frac{f'(x + 2 \cdot \Delta) - 2 \cdot f'(x) + f'(x - 2 \cdot \Delta))}{4 \cdot \Delta^2} \quad (2)$$

dos de la aplicación informática para dos vehículos. En la *figura 17* se observa la posición tanto longitudinal, PK, como transversal, Pt, de los vehículos. Además se ha representado la escala temporal de dichas posiciones.

Se puede observar en la *figura 18* la variación de velocidad de los ve-

hículos en función de su posición. Al igual que en la *figura 17*, se presenta una escala temporal.

Aplicaciones

El Laboratorio Móvil de Tráfico se ha utilizado en diferentes proyectos de investigación, pero sus aplicacio-

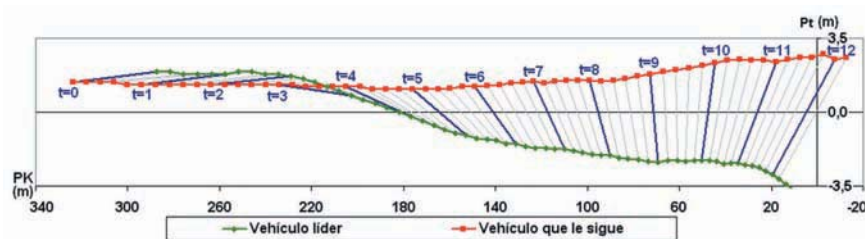


Figura 17. Evolución de dos vehículos.

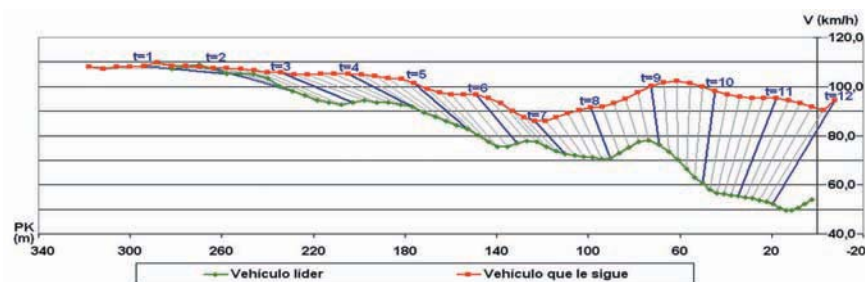


Figura 18. Variación de la velocidad de los vehículos.

nes van más allá de dicho ámbito, pues se ha demostrado su utilidad en el ámbito profesional.

Dentro de los proyectos de investigación destaca la utilización, hasta el momento, del Laboratorio Móvil de Tráfico en:

- La evaluación de las maniobras de adelantamiento en vías convencionales. El Laboratorio Móvil de Tráfico se está empleando para caracterizar tanto la trayectoria como las velocidades de los vehículos adelantante, adelantado y opuesto, en diferentes tramos de carreteras convencionales en los que es posible el adelantamiento. En base a los resultados de este estudio se propone la calibración de un modelo de distancia de adelantamiento.

- Estudio de la conflictividad peatonal ante la utilización de diferentes elementos moderadores del tráfico (Cafiso *et al.*, 2010). Las imágenes proporcionadas por el Laboratorio Móvil de Tráfico se han empleado para evaluar la conflictividad en los pasos de peatones en la travesía de Bélgida, en la provincia de Valencia. En dicha travesía se configuraron en dos localizaciones diferentes elementos moderadores de tráfico, evaluando en cada caso la conflictividad peatonal a partir de las velocidades desarrolladas por los vehículos en los pasos de peatones con presencia de un peatón. Mediante los datos proporcionados por el Laboratorio Móvil de Tráfico se desarrolló un Indicador de Conflictividad Pevalon (PRI).

- Estudio del comportamiento de los conductores en el paso por *chicanes*. En la misma travesía de Bélgida (Valencia), se implantó como puerta de entrada una *chicane*, con diferentes geometrías que fueron evaluadas por medio de las imágenes tomadas con el Laboratorio Móvil de Tráfico y tratadas con la aplicación informática de restitución de trayectorias. Gracias a estos datos, se obtuvieron conclusiones sobre la influencia del diseño geométrico de las *chicanes* en el comportamiento

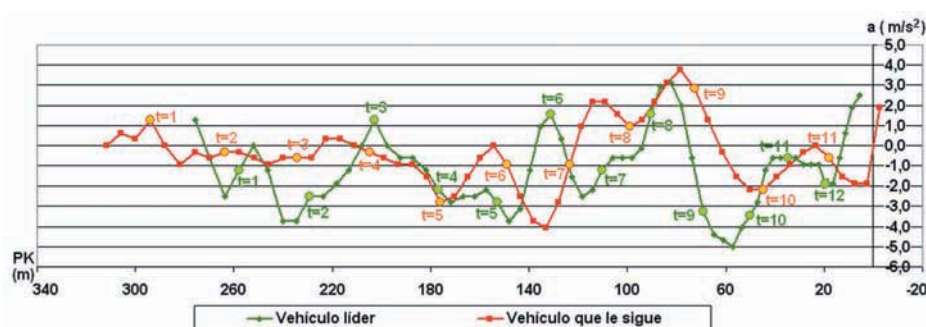


Figura 19. Variación de la aceleración de los vehículos.

de los conductores (Soria *et al.*, 2010).

- Evaluación de los nuevos elementos moderadores de la velocidad *Speed Kidney*. Dentro del proyecto de investigación "Metodología para el diseño e implantación de sistemas de moderación de tráfico (MODETRA)", se ha llevado a cabo el desarrollo geométrico y tecnológico de un nuevo dispositivo moderador de tráfico denominado *Speed Kidney*. En el desarrollo tecnológico del dispositivo se han empleado los datos proporcionados por el Laboratorio Móvil de Tráfico para la calibración de las características geométricas de los diferentes elementos implementados en una pista de pruebas en Puzol (Valencia). Asimismo, se ha utilizado para evaluar las trayectorias y velocidades desarrolladas por los conductores a su paso por el *Speed Kidney* construido en una calle de la UPV. (García *et al.*, 2010).

Asimismo, las técnicas de restitución de perspectivas cónicas han sido utilizadas para:

- Modelo de diseño de la longitud de los carriles de deceleración paralelos, basado en el desarrollo y la aplicación de un indicador de la conflictividad de las maniobras de salida (Romero y García, 2010). La utilidad de la aplicación de restitución de trayectorias basada en perspectivas cónicas en este estudio radica en la evaluación de la conflictividad en los carriles de deceleración de tipo paralelo a partir de la caracterización de la trayectoria y velocidad de los vehículos implicados en los posibles conflictos.

- REVEL - Una Metodología para

la Revisión de los Límites de Velocidad. La aplicación de restitución de trayectorias se empleó para el cálculo de velocidades puntuales en un tramo de carretera convencional, validando la metodología propuesta en dicha investigación (Pérez *et al.*, 2010).

- Estudio de las distancias de seguridad en autovías para el desarrollo de un modelo de seguimiento de vehículos y cambios de carril. La utilidad de la herramienta informática en este estudio radica en la evaluación de la conflictividad entre los vehículos que realizan maniobras de cambio de carril en autopistas y autovías. Asimismo, se está evaluando la conflictividad en el seguimiento de vehículos.

En los estudios mencionados se destaca la utilización del Laboratorio Móvil de Tráfico para:

- Caracterizar las trayectorias de los vehículos.
- Medición de velocidades tanto puntuales como a lo largo de un tramo.
- Medición de aceleraciones y deceleraciones de los vehículos.
- Medición de márgenes de seguridad entre los vehículos y diferentes elementos de la vía.
- Análisis de la conflictividad peatonal y vehicular en diferentes situaciones, aplicando las Técnicas de Conflictos de Tráfico.
- Realización de aforos direccionales en gloriets u otras intersecciones y enlaces.

Adicionalmente, el Laboratorio Móvil de Tráfico, está preparado para la realización de aforos direccionales automáticos en intersecciones o en ro-



Utilización del Laboratorio Móvil de Tráfico en entorno urbano.

tondas y en general para la realización de estudios de tráfico de detalle.

Conclusiones

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras ha desarrollado un Laboratorio Móvil de Tráfico que permite la grabación de imágenes desde una posición elevada con el encuadre y enfoque que el usuario desee en tiempo real.

Este Laboratorio Móvil de Tráfico está compuesto por una plataforma elevadora, seis cámaras domo, dos cámaras inalámbricas, un sistema de grabación, un vehículo tractor y un ordenador portátil. La grabación de vídeos se controla en tiempo real mediante la conexión inalámbrica entre el ordenador portátil y el sistema de grabación, pudiendo variar tanto el encuadre como el enfoque de cada una de las cámaras que compone el sistema.

Este equipo permite obtener datos de tráfico sin invadir la calzada y sin influir en gran medida en el comportamiento de los conductores. Se ha validado y se ha demostrado su utilidad en un gran número de investigaciones, como el desarrollo de un modelo de distancia de adelantamiento, el desarrollo de un mode-

lo de diseño de la longitud de los carriles de deceleración paralelos, la evaluación de la conflictividad peatonal en los pasos de peatones, o el desarrollo tecnológico de un nuevo moderador de tráfico, aunque su aplicación no se limita únicamente al campo de la investigación. El Laboratorio Móvil de Tráfico puede ser empleado tanto por investigadores como por profesionales para hallar trayectorias, velocidades y aceleraciones de los vehículos en un tramo de vía, lo cual es útil para múltiples aplicaciones desde el seguimiento de vehículos hasta la verificación del cumplimiento de las limitaciones de velocidad o realización de aforos direccionales en las intersecciones.

Agradecimientos

El desarrollo del Laboratorio Móvil de Tráfico ha sido posible gracias a la subvención del CEDEX del Ministerio de Fomento, con Referencia PT-2007-052-23/APM.

Referencias

Cafiso, S., García, A., Cavarra, R., y Romero, M.A. (2010). Pedestrian Crossing Safety Improvements: Before and After Study using Traffic Conflict Techniques, 4th International

Symposium on Highway Geometric Design. Valencia, junio de 2010.

García, A. y Romero, M. A. (2009). Discussion of Video-Capture-Based Approach to Extract Multiple Vehicular Trajectory Data for Traffic Modeling by Heng Wei, Chuen Feng, Eric Meyer, and Joe Lee, *Journal of Transportation Engineering*, 2009, pp 149-150. Marzo 2009

García, A., Moreno, A.T. y Romero, M.A. (2010). Funcionalidad del Speed Kidney, un nuevo dispositivo moderador de la velocidad, XVI Congreso Panamericano de Ingeniería de Tránsito y Transporte y Logística. Lisboa, julio 2010.

Pérez, A.M., García, A., Camacho, F.J., y D'Attoma, P. (2010). Use of GPS data to model operating speed and deceleration on two-lane rural roads, 89th TRB Annual Meeting. Washington D.C., enero 2010.

Romero, M.A. y García, A. (2010). Deceleration Lane Length Evaluation based on a New Conflict Indicator, 4th International Symposium on Highway Geometric Design. Valencia, junio de 2010.

Soria, F., García, A. y Romero, M.A. (2010). La chicane como puerta de entrada a travesía en carreteras en servicio, IX Congreso de Ingeniería del Transporte – CIT 2010. Madrid, julio de 2010. ■