

Aportaciones para la Mejora del Trazado de las Carreteras y la Seguridad Vial fruto del 4º Simposio Internacional de Diseño Geométrico de Carreteras



Sesión de inauguración del Simposio, presidida por Ismael Ferrer.

Alfredo García García, Catedrático de Ingeniería de Carreteras. Departamento de Transportes, Universidad Politécnica de Valencia.

El Grupo de Investigación en Ingeniería de Carreteras (GIIC) de la Universidad Politécnica de Valencia ha organizado el 4º Simposio Internacional de Di-

seño Geométrico de Carreteras, celebrado del 1 al 5 de junio de 2010, en el Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia. Coordinado por el profesor Alfredo García, este Simposio ha contado con la participación de investigadores de reconocido prestigio internacional que han realizado contribuciones sobresalientes a la mejora del diseño geo-

métrico de las carreteras y la seguridad vial.

Este Simposio pretende servir de estímulo para la mejora continua en los distintos ámbitos del diseño geométrico de carreteras. Para ello, se centra en las últimas líneas de investigación, normativas y prácticas innovadoras relacionadas con el tema, haciendo especial hincapié en

los efectos operacionales y en la seguridad vial del diseño viario. De hecho, un 40% de las ponencias presentadas incidían en la seguridad vial, ya que, una gran parte de la misma se debe a la calidad del diseño geométrico.

Durante los cuatro días que duró el Simposio se abordaron multitud de temas: la influencia del factor humano en la siniestralidad y su aplicación a la mejora del diseño de las carreteras; la seguridad para peatones, ciclistas y vehículos en intersecciones y pasos para peatones; el diseño de carreteras para usuarios vulnerables; la influencia de los elementos de los enlaces; las glorietas; modelos de estimación de velocidades; y la seguridad en las márgenes de la carretera.

Se plantearon también ponencias sobre: los criterios de diseño de un nuevo tipo de glorieta, la turbo glorieta, con ejemplos reales y estudios de siniestralidad; la revisión de los límites de velocidad en las carreteras, para que sean seguros y creíbles; o el estudio de nuevos dispositivos moderadores del tráfico, y su efecto sobre la velocidad y la seguridad.

Esta edición prosigue la brillante trayectoria de las anteriores, celebradas en Boston (EEUU, 1995), Maguncia (Alemania, 2000) y Chicago (EEUU, 2005); reuniones en las que se congregaron participantes de más de 35 países y en las que se comprobó que proyectistas, desarrolladores de normativas e investigadores de todo el mundo se enfrentan a problemas similares, pudiendo mejorar sus conocimientos compartiendo retos y éxitos entre sí. Esta serie de simposios está coordinada por el *Transportation Research Board* (TRB) de Estados Unidos, principal institución científica mundial en el área de transportes.

En el Simposio de Valencia se han dado cita más de 300 personas, procedentes de 46 países, y se presentaron 82 ponencias técnicas de investigaciones procedentes de 24 países y 15 informes de países que recogen los últimos avances en cuanto a normativas y prácticas innovadoras.



La sesión de inauguración del Simposio fue moderada por Alfredo García.

Las ponencias se agruparon en 16 sesiones técnicas que trataron sobre: modelos de estimación de velocidades; actualización de los criterios de diseño; diseño para usuarios vulnerables; influencia de los elementos de los enlaces; glorietas; incorporación de la seguridad a través de auditorías; diseño de intersecciones no convencionales; soluciones acopladas al entorno y consistencia del diseño; seguridad en las márgenes de la carretera y control de accesos; adaptación de las maniobras de adelantamiento; calles completas; estimación de la seguridad y tendencias históricas; visibilidad de parada y aplicaciones en el diseño de carreteras; y análisis en 3D para consistencia y seguridad.

Además del Simposio, se celebraron otras actividades técnicas complementarias e independientes: el Primer Seminario Internacional sobre el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos (1 de junio), que fue presentado por sus principales autores; y tres Talleres (2 de junio por la mañana): “Nuevas tendencias en la modelización de la seguridad vial”; “Encuentro Europeo-Americano de aplicaciones ingenieriles de la visualización” y “Gestión de autopistas – un paso adelante hacia el futuro”.

Igualmente, se celebró una Exposición Técnica donde instituciones y

empresas presentaron sus aplicaciones informáticas, proyectos, realizaciones y resultados de sus investigaciones. Todas las sesiones del Simposio se desarrollaron en inglés, aunque hubo traducción simultánea con el español en las celebradas en el auditorio.

El presidente del Comité Organizador fue Douglas W. Harwood, Director del Programa de Transportes en el *Midwest Research Institute*, de Kansas City, EEUU. El Co-presidente y Coordinador del Simposio ha sido Alfredo García, Catedrático de Ingeniería de Carreteras de la Universidad Politécnica de Valencia. El responsable del Programa Técnico ha sido Paul Dorothy, Director de Geometría de la consultora Burgess & Niple, EEUU.

En la organización del Simposio han colaborado diferentes Administraciones: la *Conselleria* de Infraestructuras y Transporte y la *Conselleria* de Educación de la *Generalitat Valenciana*; la Dirección General de Tráfico del Ministerio del Interior; la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento; el Ministerio de Ciencia e Innovación; la Diputación de Valencia; el *Servei Català de Trànsit*; y el Ayuntamiento de Valencia.

También apoyaron la organización las siguientes instituciones: la Asociación Técnica de Carreteras y la



Los principales responsables de la organización del Simposio. De izquierda a derecha: Douglas Harwood, Alfredo García y Paul Dorothy.

Asociación Mundial de Carreteras (AIPCR); la Asociación Española de la Carretera y la Federación Europea de Carreteras (ERF); la Demarcación en la Comunidad Valenciana del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos; Tecniberia; Tecnimed; Avinco, Cámara de Contratistas de la Comunidad Valenciana; Fecoval; ACEX; y ASETA.

Se contó además con la contribución de las empresas: Pavasal; Civil Mateng; Transoft Solutions; Urbanconsult; y Vielca Ingenieros.

1. Ponencias españolas en el Simposio

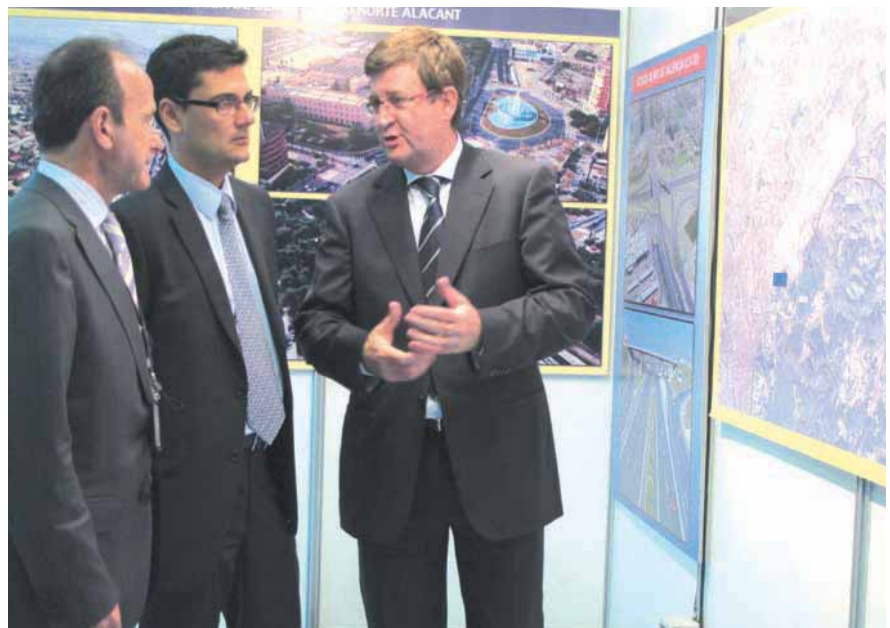
La participación técnica española ha sido destacada, con 10 ponencias y el informe de España presentados a lo largo del Simposio. La relación de las mismas, según el orden en el que fueron expuestas, es la siguiente:

■ Country Report: Layout Regulation for Road Projects in Spain (*Informe Nacional: Normativa de Trazado para Proyectos de Carreteras en España*). Presentada por José Antonio Hinojosa Cabrera, Dirección General de Carreteras, Ministerio de Fomento.

■ Speed Models for Highway Consistency Analysis - A Colombian Case Study (*Modelos de Velocidades para el Análisis de la Consistencia de las Carreteras. Caso de Estudio Colombiano*). Presentada por María Cas-

tro, Universidad Politécnica de Madrid, y José F. Sánchez, Néstor Ardila y John Melo, Universidad del Cauca, Colombia.

■ Pedestrian Crossing Safety Im-



Inauguración de la Exposición Técnica.

provements: Before and After Study Using Traffic Conflict Techniques (*Mejoras de Seguridad en Pasos para Peatones: Estudio Antes/Después Utilizando Técnicas de Conflictos de Tráfico*). Presentada por Salvatore Cafiso, Universidad de Catania, Italia; Alfredo García García, Universidad Politécnica de Valencia; Rosario Cavarra, Universidad de Catania, Italia; y Mario Alfonso Romero Rojas, Uni-

versidad Politécnica de Valencia.

■ Adaptation and Calibration of IHSDM for Evaluating Highway Projects in Spain (*Adaptación y Calibración del Programa IHSDM para la Evaluación de Proyectos de Carreteras en España*). Presentada por Carlos Arturo Domínguez Lira, María Castro y José María Pardillo Mayora, Universidad Politécnica de Madrid; y Carlos Gascón Varón, Diputación Foral de Vizcaya.

■ Deceleration Lane Length Evaluation Based on a New Conflict Indicator (*Evaluación de la Longitud de los Carriles de Deceleración Basada en un Nuevo Indicador de Conflictos*). Presentada por Mario Alfonso Romero Rojas y Alfredo García García, Universidad Politécnica de Valencia.

■ An Improved Roundabout Design Process with Computer Assisted Analysis (*Proceso Mejorado de Diseño de Glorietas con Análisis Asistido*

por Ordenador). Presentada por Sandro Rocci, Universidad Politécnica de Madrid; Luis Ramos, Estudios y Soluciones Informáticas de Ingeniería S.L.; y Daniel Shihundu, Transoft Solutions Inc., Canadá.

■ Application of Human Factor Centered Checks in Road Safety Audits of Highway Design Projects in Spain (*Aplicación de Comprobaciones Centradas en el Factor Humano en*



José Antonio Hinojosa durante la presentación del informe de España.

Auditorías de Seguridad Vial de Proyectos de Diseño de Carreteras en España). Presentada por José M. Pardillo Mayora y Rafael Jurado Piña, Universidad Politécnica de Madrid.

■ Procedures to Facilitate Passing on Conventional Highways by Means of Simulation (*Procedimientos para Facilitar el Adelantamiento en Carreteras Convencionales Aplicando Simulación*). Presentada por Víctor Gabriel Valencia Alaix, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín, Colombia; y Alfredo García García, Universidad Politécnica de Valencia.

■ Effectiveness and Cost-Benefit Analysis of the Safety Countermeasures Applied on High Accident Rate Roads Sections in the Spanish Regional Road Network of Castilla y León (*Análisis de Efectividad y Coste-Beneficio de los Tratamientos de los Tramos de Concentración de Accidentes de la Red de Carreteras de la Junta de Castilla y León*). Presentada por Aquilino Molinero, Óscar Martín Pérez, José Miguel Perandones, Fundación CI-DAUT; y Carlos Martín Martínez, Departamento de Conservación de Carreteras, Junta de Castilla y León.

■ Optimal 3D Coordination to Maximize the Available Stopping Sight Distance in Two-Lane Roads (*Optimización de la Coordinación 3D para Maximizar la Visibilidad de Parada en Ca-*

rrteras Convencionales). Presentada por Ana Tsui Moreno Chou, Vicente M. Ferrer Pérez, Alfredo García García y Mario Alfonso Romero Rojas, Universidad Politécnica de Valencia.

■ Software Tool for the Analysis of Highway Alignments to Detect and Prevent Sun Glare Vision Impairment Hazards (*Herramienta Informática de Análisis del Trazado de las Carreteras para Detectar y Prevenir Situaciones de Riesgo por Deslumbramiento por el Sol*). Presentada por Rafael Jurado Piña, José M. Pardillo Mayora y José Puy Huarte, Universidad Politécnica de Madrid.

Además, en la Sesión de Clausura hubo tres presentaciones locales invitadas:

■ Local Project Highlight: Planning of Metropolitan Area of Valencia Bypass (*Proyecto Local Destacado: Planeamiento de la Variante del Área Metropolitana de Valencia*). Presentada por Vicente Ferrer Pérez, Jefe de Área, Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, Ministerio de Fomento.

■ Presentación de las Visitas Técnicas desarrolladas durante la mañana del sábado 5 de junio:

– Formula-1 Valencia Street Circuit and CV-13 – A New Freeway to Connect Castellon Airport with the Coast (*Circuito Urbano de Fórmula 1 de Va-*

lencia y Autovía CV-13 de Acceso al Aeropuerto de Castellón y Conexión con la Costa). Organizada por la Conselleria de Infraestructuras y Transporte, Generalitat Valenciana. La presentación fue realizada por Rafael Solaz Peñarrocha, Jefe de Servicio de Construcción, División de Carreteras, Conselleria de Infraestructuras y Transporte, Generalitat Valenciana.

– A-7: New Central Freeway (A-7: Nueva Autovía Central). Organizada por la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana de la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento. La presentación la llevó a cabo José V. Pedrola Cubells, Jefe de la Demarcación de Carreteras del Estado en la Comunidad Valenciana, Ministerio de Fomento.

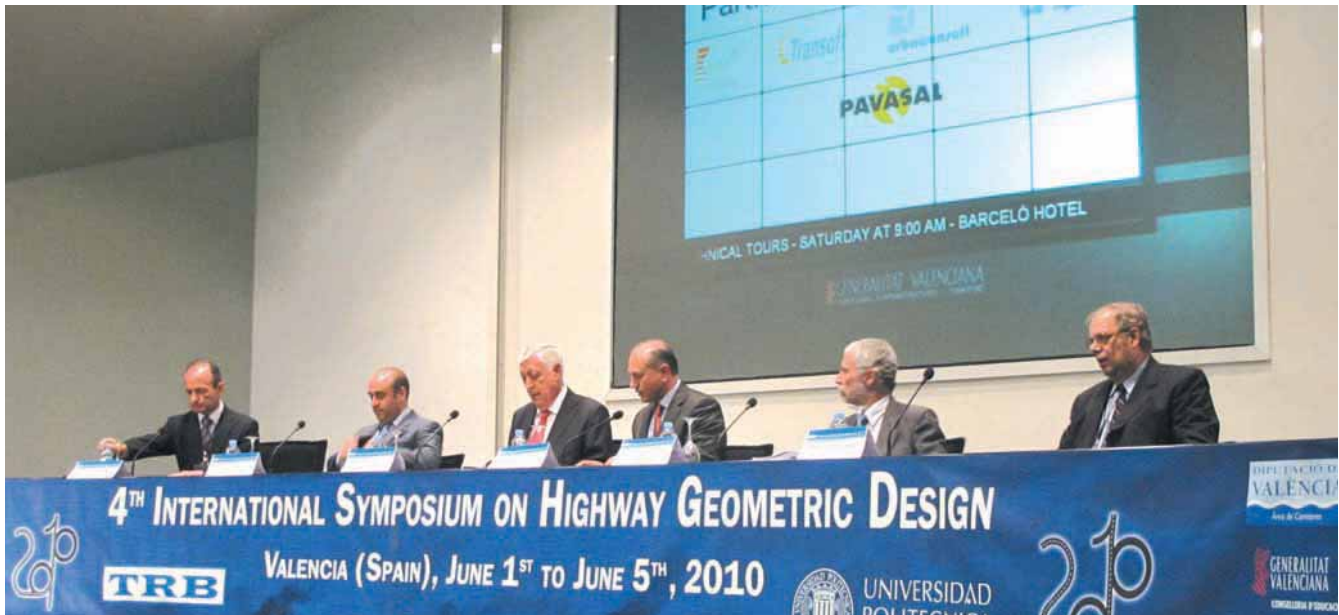
2. Participación española en el Seminario sobre el Manual de Seguridad Vial y los Talleres

En el Seminario Internacional sobre el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos hubo una presentación titulada Predictive Method for Two-Lane Highways (*Método Predictivo para Carreteras Convencionales*). Presentada por José María Pardillo, Universidad Politécnica de Madrid.

En el Taller 1 sobre “Nuevas tendencias en la modelización de la seguridad vial” se presentó una ponencia sobre Driving Simulators – an Opportunity for More Insight (*Simuladores de Conducción – Una Oportunidad para una Mayor Profundización*). Presentada por Juan Francisco Dols Ruiz y Ana María Pérez Zuriaga, Universidad Politécnica de Valencia.

En el Taller 2 sobre “Encuentro Europeo-Americano de aplicaciones ingenieriles de la visualización” hubo una presentación sobre Examples and Case Studies II (*Ejemplos y Casos Prácticos II*). Presentada por Miguel Vallés Ruiz y Régis Glaude, TOOL S.A.

En el Taller 3 sobre “Gestión de autopistas – un paso adelante hacia el futuro” y en el Panel de Discusión final intervino Aniceto Zaragoza Ra-



Sesión de clausura del Simposio, presidida por Victoriano Sánchez-Barcaztegui.

mírez, Universidad Politécnica de Madrid y Presidente de EUPAVE.

3. Aportaciones significativas del Simposio

Se hizo un resumen de las aportaciones más significativas en el Simposio, destacando las siguientes, agrupadas según los diferentes ámbitos:

■ Seguridad vial: análisis de la seguridad vial en la fase de diseño geométrico mediante técnicas de visualización en 3D y simulación de conducción; estudio de la influencia del factor humano en la siniestralidad, y su aplicación a la mejora del diseño de las carreteras. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Taller 1: Human Factor and Road Safety: To err is human, to forgive, design; Safety modeling from a driver's perspective, naturalistic driving.

- Taller 2: Visualization techniques for the 3-D Alignment Design Process.

- Simposio: Integrating Safety and Human Factor Issues into Road Geometric Design Guidelines; A Procedure to Test the Safety Level of Road Design Elements; Application of Human Factor Centered Checks in Road Safety Audits of Highway Design Projects in Spain; Assuring Road Sa-

fety Quality in the Road Design Process, the Dutch Perspective and Citing Two Case Studies; Driving Simulation for Design Consistency; An Improved Roundabout Design Process with Computer Assisted Analysis.

■ Bicicletas y peatones: seguridad para peatones, ciclistas y vehículos en intersecciones y pasos de peatones; estudio de conflictividad entre usuarios. Algunas ponencias destacadas del Simposio fueron las siguientes:

- Analysis of Bicycle, Pedestrian and Auto Interaction at Multilane Roundabouts in the US; Pedestrian Crossing Safety Improvements: Before and After Study Using Traffic Conflict Techniques; Pedestrian Crosswalks Safety Inspections: Safety Assessment Procedure; Shared Space or Saved Space?

■ Diseños innovadores de intersecciones y enlaces. Turbo-glorietas. Criterios de diseño de un nuevo tipo de glorieta, con ejemplos reales y estudios de siniestralidad. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Turbo-Roundabout General Design Criteria and Functional Principles: Case Studies from the Real World; Potential Accident Rate of Turbo-Roundabouts.

■ Tipos no convencionales de nudos viarios. Criterios de diseño de en-

laces e intersecciones no convencionales. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Introduction of the New Nano Interchange Design as a Directional Freeway-to-Freeway Interchange; Tunnel Road Design: Junctions In and Near Tunnels in Freeways; Contextually Complete Streets.

■ Análisis coste-beneficio. Medidas estratégicas para mejorar la seguridad vial. Estudio de los costes y beneficios de las medidas y aplicación a casos concretos. Algunas ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Cost-Effectiveness of Different Safety Interventions Strategies on Two-Lane Rural Highways; Effectiveness and Cost-Benefit Analysis of the Safety Countermeasures Applied on High Accident Rate Roads Sections in the Spanish Regional Road Network of Castilla y León.

■ Algunos otros ámbitos con ponencias destacadas fueron las siguientes:

- Revisión de los límites de velocidad en las carreteras, para que sean seguros y creíbles: How to Come to Safe Speeds and Credible Speed Limits.

- Estudio de nuevos dispositivos moderadores de tráfico, y su efecto sobre la velocidad y la seguridad: Chevron Markings on Freeways: Effect on Speed, Gap and Safety.

- Peaje electrónico y su influencia en el diseño de autopistas: Florida's Turnpike Enterprise/All Electronic Toll Collection: The Vision-The Challenges.

4. Conclusiones del Simposio

Como fruto de las diferentes sesiones técnicas del Simposio, se obtuvieron importantes conclusiones en diferentes campos. Estas fueron recogidas en el discurso de clausura del Presidente del Comité Organizador, Douglas W. Harwood. Dichas conclusiones se resumen a continuación.

Como ha podido verse en los diversos informes nacionales presentados, el diseño geométrico de carreteras está en constante evolución; muchos países han actualizado recientemente sus normas y criterios.

Las regulaciones para el diseño geométrico están empezando a pasar de los documentos en papel a guías dinámicas de acceso por internet.

Las decisiones en el diseño geométrico están siendo cada vez más condicionadas por los problemas económicos creados por la recesión mundial.

La actualización de los criterios de diseño geométrico debería basarse en una comprensión más profunda del comportamiento de los conductores y de las características de los vehículos, así como de sus interacciones; se precisa una mayor investigación básica.

Las técnicas desarrolladas para la obtención de datos se pueden utilizar con las nuevas tecnologías de integración de datos para obtener una mejor comprensión de las interacciones conductor-vehículo con el trazado de la vía.

Las decisiones en el diseño geométrico están siendo influenciadas

por una serie de nuevas filosofías, visiones y objetivos que deberían complementarse entre sí, pero no siempre son totalmente compatibles:

- Los enfoques tradicionales basados en normas.
- Diseños acoplados al contexto que hagan compatible la carretera con el entorno.

- Vías urbanas completas con énfasis en un diseño multimodal.

- Diseño basado en el rendimiento del sistema viario cuantificando los efectos.

La modelización de las estimaciones de la siniestralidad está evolucionando y ahora podemos empezar a cuantificar la efectividad en la



Sesión de inauguración del Seminario sobre el Manual de Seguridad Vial moderada por Douglas Harwood.



Hans-Joachim Vollpracht, Presidente del Comité Técnico de la AIPCR "Safer Road Infrastructure", moderando la sesión 2 del Seminario sobre el Manual de Seguridad Vial.

seguridad de las diferentes decisiones de diseño, así como a tener en cuenta la seguridad de una forma cuantificada en el proceso de selección final de la solución óptima.

Se hace necesario comprender mejor las interacciones de la velocidad con la seguridad vial, así como la mejor forma de lograr unos proyectos en los que el tráfico desarrolle unas velocidades deseadas compatibles con el entorno.

Las herramientas informáticas de diseño en tres dimensiones, incluyendo la visualización, nos permiten comprobar que en los diseños no hay problemas ocultos no evidentes en las proyecciones en dos dimensiones, más allá de ser simples herramientas de comunicación o divulgación pública de los diseños viarios.

Las estrategias de diseño geométrico tienen un papel importante en la gestión del tráfico, de una forma coordinada con los dispositivos de control de tráfico, para hacer frente tanto a las congestiones recurrentes como no recurrentes.

5. Conclusiones del Seminario Internacional sobre el Nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos

En cuanto al Primer Seminario Internacional sobre el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos pueden resumirse las conclusiones que siguen a continuación.

La nueva Directiva Europea de Gestión de la Seguridad Vial contempla, como una de sus herramientas básicas, el desarrollo de evaluaciones de impacto en la seguridad vial, para que en la etapa de planeamiento se pueda tener en cuenta de forma consistente este objetivo fundamental para el servicio que ha de prestar la carretera.

Actualmente, a lo largo de las diferentes fases de un proyecto de carretera no se cuenta con las herramientas apropiadas para evaluar el impacto que las diferentes medidas o tratamientos tienen sobre la segu-



John Milton, del Departamento de Transportes del Estado de Washington en EE.UU. y presidente del Comité del TRB que ha desarrollado el Manual de Seguridad Vial de EE.UU., presentando una visión general del citado manual.

ridad vial. Se termina teniendo en cuenta dicha seguridad en la toma de decisiones de forma muy somera o cualitativa, ajustada a una seguridad nominal.

Con el objetivo de cubrir esta carencia, se presenta el Nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos, publicado en 2010 por la AASHTO. Este Manual cuenta con información sobre los fundamentos de la seguridad vial, su gestión y modelos para estimar su efectividad, por lo que será una herramienta básica para todas las fases de planeamiento, diseño, construcción, conservación y explotación de las carreteras.

El *Highway Safety Manual* (HSM) no es sólo una recopilación de conocimientos, experiencias y buenas prácticas para analizar la problemática de la siniestralidad y actuar mejorando la seguridad vial; ése era el contenido habitual de los manuales de seguridad vial existentes hasta ahora. El HSM, en cambio, facilita herramientas prácticas para tener en cuenta la seguridad vial de forma objetiva en el proceso de proyecto de una carretera.

El HSM ayuda a los técnicos de

carreteras a seleccionar medidas adecuadas, comparar alternativas, priorizar proyectos, y cuantificar y predecir el comportamiento frente a la seguridad vial de los diferentes elementos de la carretera, considerando todas las etapas o fases del desarrollo y la gestión viaria, es decir, la planificación, el diseño, la construcción, la conservación y la explotación.

Por la profundidad de su contenido, las investigaciones que lo respaldan y la aplicabilidad de sus herramientas, el nuevo Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos se va a convertir en uno de los principales referentes mundiales para la mejora de la seguridad vial.

Ante las nuevas posibilidades de conocimiento y actuación que abre el Manual de Seguridad Vial de Estados Unidos para la mejora de la seguridad vial, se hace necesario el desarrollo de actividades formativas, como la que se ha desarrollado en Valencia, como primicia internacional, para que los técnicos especialistas lo conozcan y estén en condiciones de aplicarlo para conseguir unas actuaciones viarias más seguras. ■