

DESARROLLO E IMPLANTACIÓN DE UN PLAN SISTEMÁTICO DE SEGURIDAD VIAL¹

Carlos M. Contreras Aponte² y Juan Carlos Rivera Ortiz³

Resumen: Con el tiempo hemos observado como el sistema vial de Puerto Rico se ha desarrollado. Desde las vías de mayor importancia en décadas pasadas, como la PR-1, PR-2 y PR-3; hasta nuestros expresos del presente PR-22, PR-52, PR-53 y PR-66; se ha documentado el esfuerzo por parte del Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP) en el tema de la Seguridad Vial. En los pasados años, el número de fatalidades en la Isla ha descendido desde 519 para el año 2002 hasta 359 en el 2011. Este documento describe las estrategias de ingeniería implantadas en Puerto Rico para lograr tal descenso en las fatalidades. Aún cuando los ingenieros de transportación no han realizado un análisis detallado de choques de tránsito por la ausencia de datos actuales, se ha desarrollado un Plan de Seguridad Vial basado en modernizar los sistemas y elementos de transportación.

Palabras clave: DTOP, emergencias médicas, FHWA, ingeniería, pavimentos, rotulación, seguridad vial, transportación, zonas escolares.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A SISTEMIC HIGHWAY SAFETY PLAN

Abstract: Throughout the years, road users have seen how the highway system of Puerto Rico has evolved. Since the most important highways in recent decades, such as PR-1, PR-2 and PR-3, even our current freeways, namely PR-22, PR-52, PR-53 and PR-66; the Puerto Rico Department of Transportation and Public Works (DTPW) has documented the effort to increase highway safety to the road users. In past years, the number of fatalities on the Island has dropped from 519 in 2002 to 359 in 2011. This paper describes the engineering strategies implemented in Puerto Rico to achieve this reduction in fatalities. Although transportation engineers have not made a detailed analysis of traffic crashes by the absence of updated data, a Highway Safety Plan have been developed based on modernizing transportation systems and elements.

Key words: DTOP, engineering, FHWA, medical emergencies, pavements, road safety, school zones, signs, transportation.

INTRODUCCIÓN

El sistema de transporte en Puerto Rico ha sufrido un cambio radical en las pasadas décadas. Varias arterias principales de los años '80 y '90 con sistemas de semáforos se han transformado en expresos con la construcción de intersecciones a desnivel. Los expresos que dan acceso al Área Metropolitana de la Isla, San Juan, han incrementado su capacidad gracias a la construcción de carriles adicionales. El sistema vial ha incrementado en kilómetros de carreteras mediante la construcción de desvíos regionales, nuevos expresos y extensiones de carreteras existentes. Estos adelantos en la infraestructura de Puerto Rico han ayudado a reducir el tiempo de viaje entre dos puntos, pero a la vez fomentaron el uso del vehículo privado en las familias. El incremento en vehículos y el desparramiento urbano han ayudado que el número de choques vehiculares sobrepase la cifra de 250,000 en los últimos cinco (5) años.

¹ Artículo recibido el 14 de noviembre de 2012 y aceptado para publicación el 22 de enero de 2012.

² Ex Director Ejecutivo Auxiliar de Tránsito y Autopistas, Autoridad de Carreteras y Transportación, P.O. Box 42007, San Juan, PR 00940-2007. E-mail: cmcontreras@trafficpr.com

³ Director Interino de la Oficina de Reglamentación de Tránsito, Autoridad de Carreteras y Transportación, P.O. Box 42007, San Juan, PR 00940-2007. E-mail: juarivera@dtot.gov.pr

El Departamento de Transportación y Obras Públicas (DTOP), junto a otras agencias gubernamentales que velan por la seguridad vial, han desarrollado un plan de seguridad en el campo de ingeniería para lidiar con este problema social que puede afectar a cada familia puertorriqueña. Este plan se enfoca en mejorar la condición de aquellas vías que han visto un incremento en el flujo vehicular y número de choques mediante la implantación de nuevas tecnologías o tratamientos de ingeniería que propicien un control efectivo del tránsito.

¿QUÉ ES SEGURIDAD VIAL?

El concepto de Seguridad Vial tiene como misión el reducir los choques fatales y con personas heridas en el sistema de carreteras de un país. ¿Cómo se logra esta misión? Se desarrolla un Plan de Seguridad Vial Nacional donde se incorporan estrategias en los componentes de la Educación, Ingeniería, Aplicación de la Ley y Sistemas de Emergencias Médicas (en inglés se conocen como las 4E's – “Education”, “Engineering”, “Enforcement” y “Emergency Medical Services”). La Figura 1 presenta una breve descripción de cada uno de los componentes mencionados.

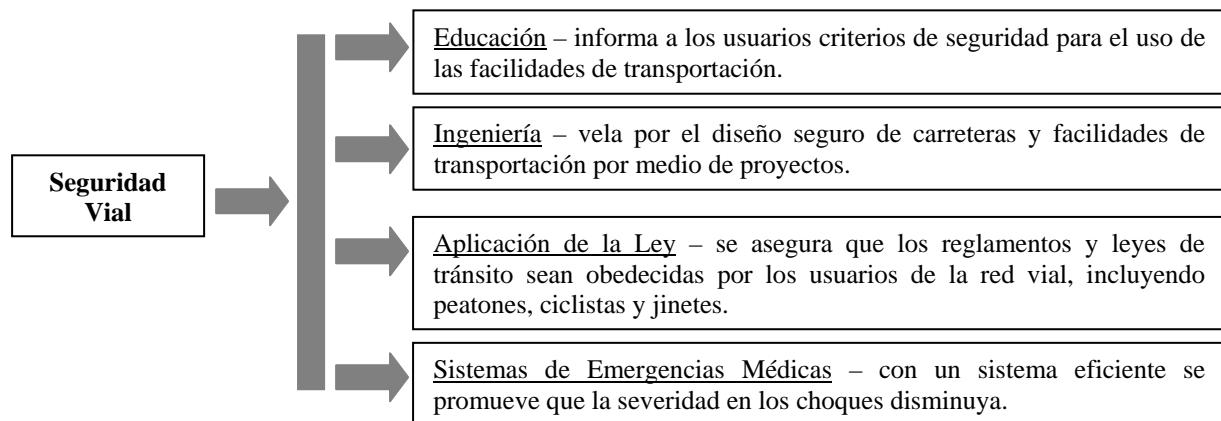


Figura 1: Componentes enfocados en el concepto de Seguridad Vial.



Figura 2: Áreas de Interés para Proyectos de Seguridad Vial en Ingeniería de Transportación.

A través del mundo, en el campo de ingeniería de transportación se han desarrollado procesos y técnicas innovadoras que han ayudado a invertir fondos en seguridad vial y a reducir los choques vehiculares. La selección de las técnicas o estrategias de ingeniería requiere el análisis de datos de choques mediante procesos reactivos, como la identificación de puntos peligrosos, o proactivos, como la identificación de tratamientos a ser implantados de forma sistemática en el sistema vial. Los resultados del análisis de choques vehiculares definen aquellas áreas de interés para el desarrollo de estrategias dirigidas a la reducción de choques (ver Figura 2).

El DTOP utiliza fondos federales para el desarrollo de proyectos de seguridad en las carreteras. La nueva Ley de Transportación Federal, conocida como MAP 21 (“Moving Ahead for Progress in the 21 Century”), requiere que Puerto Rico desarrolle planes de transporte estratégicos enfocados en las 4 E’s para el uso de los fondos federales. El DTOP implanta como parte de este plan las estrategias dentro del campo de la ingeniería de transportación.

ESTADÍSTICAS DE CHOQUES VEHICULARES

En Puerto Rico existen dos bases de datos de choques vehiculares: FARS (“Fatality Analysis Reporting System”) para los choques fatales en la Comisión para la Seguridad en el Tránsito (CST) y la base de datos de todos los choques escenificados en el sistema vial dentro del DTOP. Un análisis de estos datos ayuda a los ingenieros de transportación a decidir donde utilizar los fondos de forma efectiva. En los últimos diez años, hemos observado un descenso en las fatalidades ocurridas en las carreteras de Puerto Rico (ver Figura 3). Muchos son los factores para definir este comportamiento. Podemos mencionar enmiendas a la Ley 22 (Ley de Vehículos y Tránsito de Puerto Rico), alza en la gasolina, reducción en viajes diarios, aumento en el uso de la transportación colectiva, programas efectivos de educación, presencia policiaca en las carreteras y mejoras de ingenierías al sistema vial.

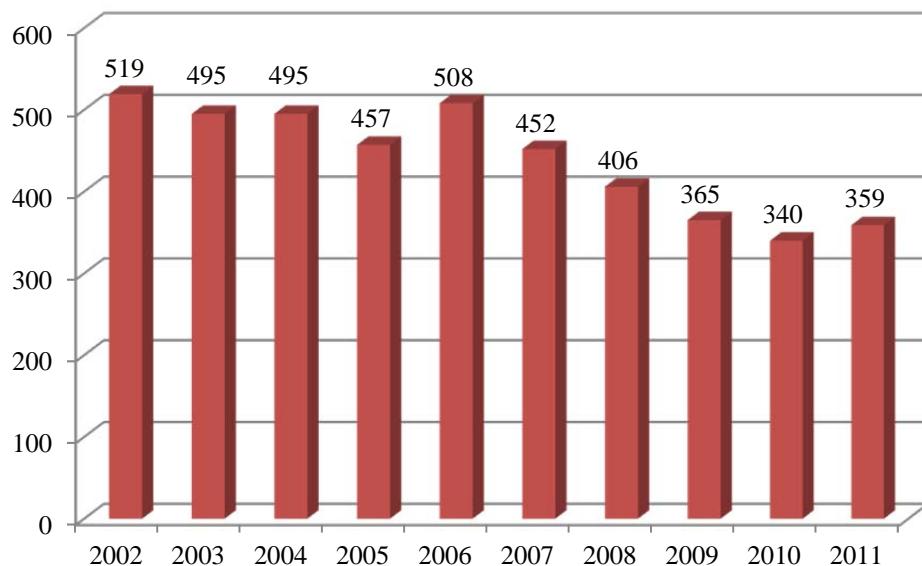


Figura 3: Número de Fatalidades por Año (CST, 2012).

La base de datos FARS contiene la información de los choques fatales reportados en las carreteras. FARS les provee a los ingenieros de transportación datos actuales para el análisis de choques. Por ejemplo, ecuaciones de frecuencia (choques fatales / período de tiempo) y razón de fatalidad (choques fatales / período de tiempo y ADT) pueden ser calculados para diferentes segmentos o intersecciones. Este proceso define puntos peligrosos en la vía y en Puerto Rico representa un paso inicial. La determinación final de localizaciones o segmentos para proyectos de seguridad se basa en un análisis de todos los datos de choques vehiculares. La base de datos en el DTOP cuenta con datos para los años 2002 al 2006. El no contar con datos más recientes es una deficiencia que se está trabajando al presente. No obstante, con los datos para el período mencionado se desarrolló un análisis de frecuencia (Fr), razón de choques (R) y severidad (S) para intersecciones y carreteras por clasificación funcional. Los valores obtenidos

para cada localización fueron combinados para desarrollar un valor compuesto ($VC=1/3 Fr + 1/3 R + 1/3 S$) que fue graficado por severidad en mapas (ver Figura 4). En la Figura 4 se presenta un mapa de Puerto Rico con puntos por color para intersecciones del Sistema Nacional de Carreteras, donde los puntos negros son los del VC mayor y los identificados a formar parte en el programa de proyectos de seguridad.

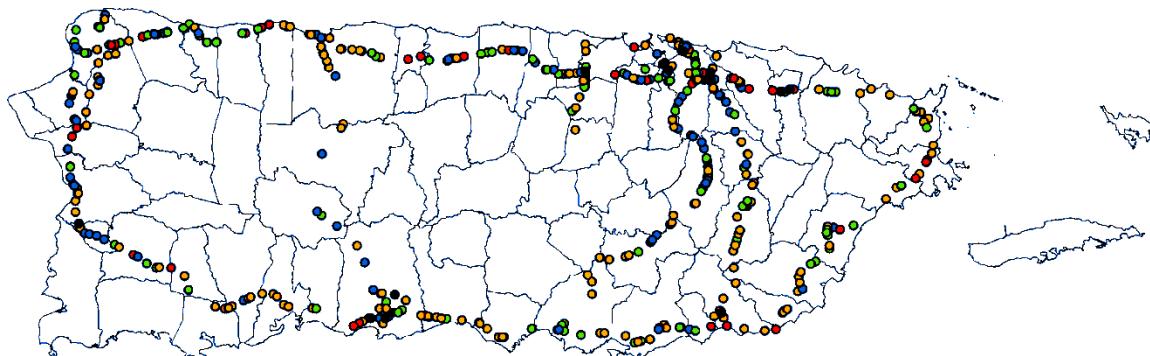


Figura 4: Comparación de Choques Vehiculares en Intersecciones del Sistema Nacional de Carreteras (Nevárez Pagán, 2008).

PUNTOS PELIGROSOS VERSUS ENFOQUE SISTEMÁTICO

El desarrollo de proyectos de seguridad vial en un sistema de carreteras es definido por procesos que evalúan datos de choques para determinar las localizaciones a impactarse. Este método, conocido como la Evaluación de Puntos Peligrosos, ha sido tradicional de las agencias de transporte. El mismo define las localizaciones al comparar el número y severidad de choques con el Tránsito Promedio Diario (“Average Daily Traffic” - ADT) de segmentos o intersecciones con características similares. En los últimos años, el proceso de puntos peligrosos ha sido sustituido por un enfoque sistemático de mejoras a nivel de sistema y no de ciertas localizaciones. El enfoque sistemático define mejoras de bajo costo con un gran potencial de reducción de choques y las planifica a nivel del País en el sistema de carreteras. En adición, el enfoque sistemático vela por aquellos elementos de la vía que deben ser reemplazados en un período de tiempo con el fin de mantener la calidad de la infraestructura y velar por la seguridad de los usuarios. Algunos ejemplos de los elementos son la rotulación, marcado de pavimento, sistemas de semáforos y barreras de seguridad.

La Figura 5 presenta una comparación entre los procesos mencionados. Ambos procesos cumplen el fin de reducir la frecuencia y severidad de choques vehiculares, el primero trabajando de forma reactiva a un historial de choques en puntos determinados, mientras que el segundo refleja que los ingenieros desean evitar desgracias en un número mayor de localizaciones al identificar un patrón similar en los factores contribuyentes de choques. En Puerto Rico existe una transición de la Evaluación de Puntos Peligrosos al Enfoque Sistemático. Entendemos que los próximos años se estarán desarrollando proyectos para actualizar nuestros dispositivos de control de tránsito y seguridad, al igual que se trabajará con programas de seguridad definidos por las estadísticas de choques en Puerto Rico.

PLAN SISTEMÁTICO DE SEGURIDAD VIAL

Para un Plan Sistemático de Seguridad Vial ser efectivo deben definirse aquellas mejoras de bajo costo a ser recomendadas en el sistema vial. En Puerto Rico se ha trabajado por los pasados cuatro (4) años en mejorar nuestra infraestructura de carreteras al actualizar los dispositivos para el control del tránsito e implantando técnicas de ingeniería probadas en otros países con rendimientos beneficiosos en la reducción de choques. A continuación se presenta un resumen de algunas de las medidas desarrolladas en Puerto Rico junto a la inversión de fondos en el período de tiempo 2009 - 2012.

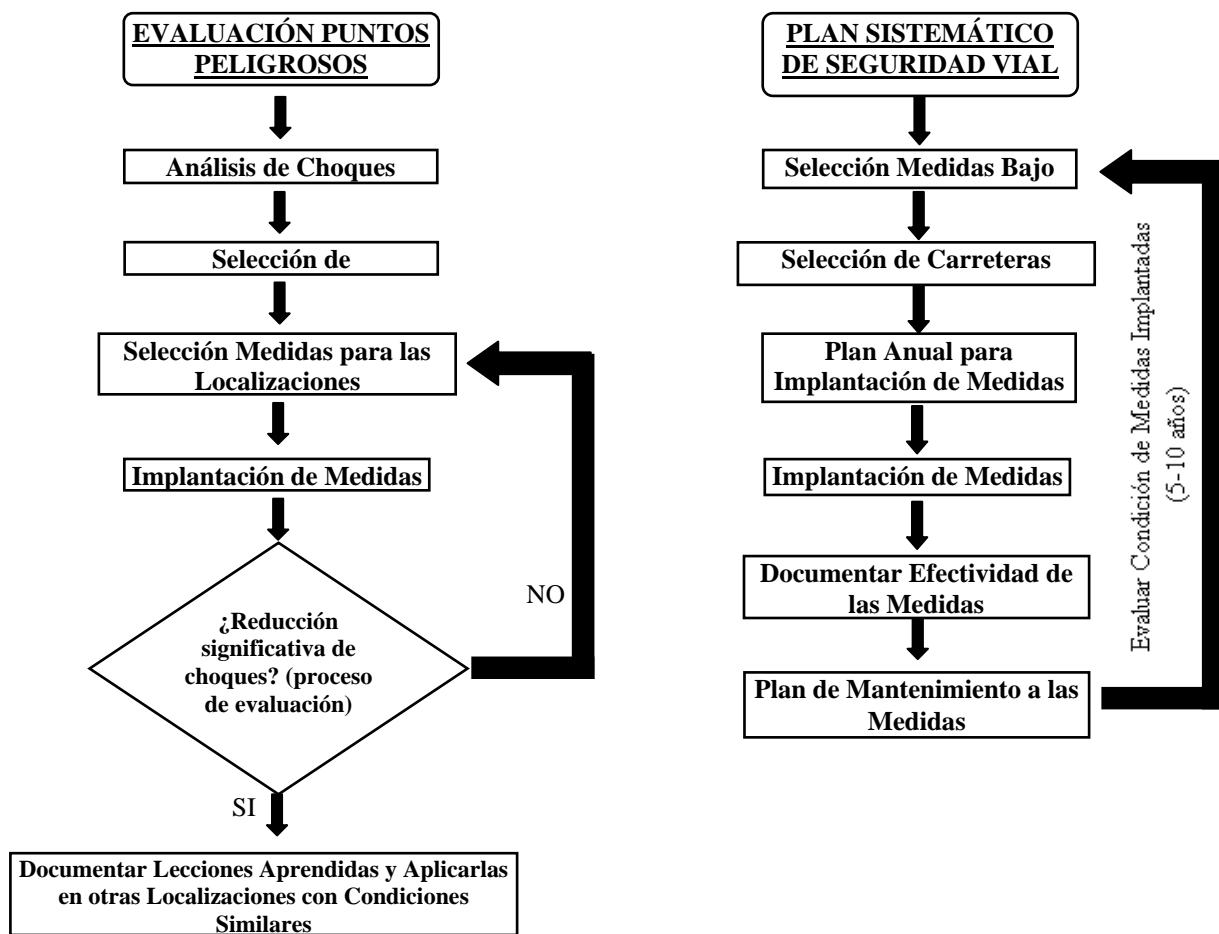


Figura 5: Procesos para el Desarrollo de Proyectos de Ingeniería con el Enfoque de Seguridad.

Rotulación

El elemento de rotulación no se trabaja con un plan sistemático desde el huracán Georges en el año 1998. Este Huracán provocó daños significativos a la infraestructura de Puerto Rico, especialmente la rotulación. Gran parte de los rótulos se desprendieron de los postes. Con el impacto de Georges, el DTOP desarrolló nuevas especificaciones para la fabricación e instalación de rótulos y se desarrollaron proyectos de rotulación para cubrir los rótulos que cedieron ante los vientos. Muchos han sido los cambios en el campo de rotulación desde estos proyectos. En los pasados catorce (14) años se redactaron tres (3) manuales federales de rotulación conocidos como el MUTCD (“Manual on Uniform Traffic Control Devices for Highways and Streets”) para la selección y diseño de los dispositivos para el control del tránsito (FHWA, 2009). Las versiones 2000, 2003 y 2009 han sido enfáticas en proveer diseños de rótulos considerando las personas de edad avanzada y el tiempo de vida de los mismos, según los factores de retroreflectividad permitidos. En adición, el lograr obtener una localización efectiva de los choques vehiculares en las carreteras depende directamente de la instalación de placas kilométricas. Con estos detalles en mente, el DTOP ha elaborado el siguiente plan de rotulación:

Rotulación de Placas Kilométricas a Nivel Isla. Cuando se analizan los datos de choques vehiculares en Puerto Rico se observa que muchos de los reportes no cuentan con una localización exacta por la ausencia de placas o marcadores kilométricos en las carreteras. Esta deficiencia de rotulación complica la identificación de puntos peligrosos o corredores de seguridad a ser impactados con un proyecto de seguridad. Para cubrir esta deficiencia se desarrollaron proyectos de rotulación de placas kilométricas con una inversión de \$13.8 millones en 1.021 carreteras (6,982 kilómetros).

Rotulación de las Autopistas y Expresos. El MUTCD 2009 le requiere al DTOP desarrollar un programa de retroreflectividad, donde se revisen los rótulos existentes y se determine el procedimiento para reemplazarlos en un período de tiempo determinado. Para cumplir con este parámetro se ha comenzado la planificación de proyectos de rotulación para los diferentes expresos/autopistas. Actualmente, se desarrolla un proyecto de rotulación para el Expreso Baldorioty de Castro (PR-26, Clasificación funcional – Expreso, 3 carriles por dirección, intersecciones a desnivel y ADT – 125,000 vehículos al día), considerada la entrada a Puerto Rico por ser la carretera que da acceso al Aeropuerto Internacional Luis Muñoz Marín, mientras que la empresa Metropistas que posee un contrato de concesión con el DTOP por el Expreso José De Diego (PR-22, Clasificación funcional – Autopista, 2 - 3 carriles por dirección, intersecciones a desnivel, cobro de peaje y ADT – 200,000 vehículos al día) está reemplazando aquellos rótulos que no cumplen con los parámetros de retroreflectividad. Estos proyectos ayudarán a reglamentar la carretera, definir los destinos y proveerle a las personas de edad avanzada y demás conductores mensajes legibles durante la noche.

Marcado de Pavimento

Uno de los factores contribuyentes de los choques vehiculares en Puerto Rico está relacionado al marcado de pavimento. Carreteras con ausencia de marcado, pobre retroreflectividad o incumplimiento con las normas y estándares son situaciones que los ingenieros de transportación corrigen con proyectos de seguridad. En el año 2009 se desarrollaron cinco (5) proyectos de marcado e instalación de reflectores de pavimento como parte del Plan Sistemático de Seguridad. Estos proyectos deben programarse cada cinco (5) años para no perder la efectividad del marcado en nuestras carreteras. La inversión de los proyectos asciende a \$8.5 millones en 39 carreteras (424 kilómetros).

Sistemas de Semáforos

El actualizar los sistemas de semáforos no se considera como una mejora de bajo costo debido a la inversión que debe realizarse en estos equipos tecnológicos. Sin embargo, el actualizarlos con tecnología moderna estimula un movimiento vehicular continuo y una reducción de choques en las arterias principales que requieren una coordinación efectiva en las intersecciones. En Puerto Rico los sistemas de semáforos de las arterias principales no se modernizaban desde hace una década. Problemas en el mantenimiento, especialmente en los detectores de presencia y movimiento, afectaban la coordinación y optimización de las vías. Con esto en mente, el DTOP desarrolló un plan ambicioso de tres (3) años donde los sistemas se actualizarían con la mejor tecnología. Entre los ejemplos de los adelantos tecnológicos podemos mencionar las cámaras de video-detección, las cuales permiten recopilar datos de la intersección mientras se proveen los cambios de fases en el ciclo recomendado.

Los proyectos de sistemas de semáforos comenzaron en la carretera PR-2 (Clasificación funcional – arteria principal, 2 - 3 carriles por dirección, intersecciones a nivel semaforizadas y ADT – 70,000 vehículos al día) del Municipio de Mayagüez (municipio en el área oeste de Puerto Rico) como parte de los Juegos Centroamericanos y del Caribe en el año 2010. Este primer esfuerzo estimuló a los ingenieros de transportación del DTOP a diseñar proyectos de sistemas de semáforos en otras arterias principales. Con los proyectos se han impactado 300 sistemas de semáforos en Puerto Rico con una inversión de \$64.0 millones.

El monitorear el funcionamiento de estos sistemas de semáforos es un paso fundamental que los programas de transportación recomiendan. Colateralmente a la inversión de los sistemas, se desarrolló un Centro de Monitoreo de Sistemas de Tránsito (Figura 6) que permitirá conocer que sistemas están trabajando con dificultades para minimizar el tiempo de reacción y reparación. En adición, la comunicación directa con los sistemas permite instantáneamente cambios de fases y recopilación de datos de tránsito.

Barreras de Seguridad y otros Dispositivos

Los adelantos en las pruebas de choques y materiales que se utilizan en el desarrollo de dispositivos de seguridad han ofrecido una serie de alternativas para perdonar aquellos usuarios que salen de la vía de rodaje. Las barreras de metal, los terminales, transiciones a puentes, atenuadores de impacto y barreras móviles de hormigón son algunos de los dispositivos que se han actualizado en los últimos años considerando los últimos dispositivos presentados en el “Roadside Design Guide” (AASHTO, 2011). En Puerto Rico existe un compromiso con la FHWA de desarrollar proyectos anualmente que actualicen los sistemas por aquellos que cumplan con las pruebas de impacto descritas en

el reporte NCHRP 350 (Ross et al., 1993). Este reporte provee un listado de sistemas por niveles de prueba, las cuales consideran ángulos de impacto, tipo de vehículo y velocidades específicas.



Figura 6: Centro de Monitoreo de Sistemas de Tránsito en el DTOP.

En las carreteras de nuestro país puede observarse cómo los bloques de metal se han remplazado por bloques de material plástico en las vías de mayor velocidad, según establecido en el informe. En adición, los “rectangular washers” que unen las planchas “W” con los postes se han ido eliminando en las nuevas instalaciones por recomendación de los nuevos estándares de seguridad. Las transiciones a puentes han sufrido cambios estructurales

para proveer una transición efectiva entre elementos de metal y hormigón. Los atenuadores de impacto se han instalado en nuevas localizaciones donde los terminales de hormigón incrementaban la severidad de los choques vehiculares. Sobre este tema en particular, se está trabajando en un plan de mantenimiento para no perder la efectividad de los atenuadores luego de un impacto. Los carriles reversibles han visto como sus módulos móviles de hormigón se remplazaron por un modelo más eficiente que permite una deflexión menor al momento de un impacto.

Los dispositivos de seguridad son parte esencial del Plan Sistemático de Seguridad Vial y se espera que su ejecución sea evaluada periódicamente y comparada con los nuevos estándares de ingeniería. La inversión en este campo asciende a \$15 millones en 10 kilómetros de carreteras.

Seguridad en Zonas Escolares

¿Quién puede argumentar que la seguridad de los niños no es una pieza fundamental en el Plan de Seguridad de un País? En Puerto Rico nos hemos dado a la tarea de planificar un proyecto para todas las escuelas públicas. Este proyecto, conocido como Rutas Seguras a la Escuela, envuelve la evaluación de aquellas mejoras necesarias en los elementos de rotulación, marcado de pavimento, aceras, rampas para personas con impedimento y bahías de guaguas. Se espera que todas las escuelas sean impactadas en los próximos cinco (5) años. Un proyecto preliminar en Municipios del Norte, Centro y Oeste se está desarrollando al presente con una inversión en fondos de seguridad de \$1.2 millones en 205 escuelas públicas.

Otras Técnicas de Ingeniería

Un primer paso en el desarrollo de cualquier plan es observar que otros países están desarrollando con éxito para problemas similares. Una serie de medidas de bajo costo y probadas en otros lugares se han integrado en los proyectos de seguridad. Técnicas de ingeniería como los pasos peatonales elevados (“speed tables”), las huellas en el paseo (“rumble strips”), inclinación segura en los bordes del pavimento (“safety edge”) y bandas retroreflectivas en los sistemas de semáforos (“backplates with retroreflective borders”) son algunas de las medidas implantadas al presente (ver Figura 7).



Figura 7: Imágenes en Puerto Rico de las técnicas de ingeniería Huella en Paseo (“Rumble Strip”) e Inclinación Segura en Bordes del Pavimento (“Safety Edge”).

En Puerto Rico, 30% de los choques fatales ven involucrados a los peatones. De forma tal que este es un sector importante en el Plan de Seguridad Vial. Para reducir la frecuencia de choques, se han incorporado pasos peatonales elevados en ciertas avenidas con alto flujo peatonal como medida directa en la reducción de velocidad de los vehículos.

En adición a los peatones, los conductores que salen de la vía representan y están incluidos en el 30% de los choques fatales. Se ha determinado que este es otro campo de la Seguridad Vial que necesita atención. Las huellas

en el paseo (“rumble strips”) son una medida que alerta a los conductores que salen de sus carriles mediante una vibración creada por ranuras en el paseo. El DTOP ha recibido llamadas de la ciudadanía para agradecer por la existencia de esta medida. La mayoría de los segmentos en expresos/autopistas cuentan con huellas en el paseo, las cuales fueron construidas con una inversión de \$1.8 millones en 250 kilómetros de carreteras.

Otra medida que ayudará a reducir la severidad de los choques ocasionados por personas que salen de la vía de rodaje es la inclinación segura en los bordes del pavimento (“safety edge”). Esta técnica de ingeniería se construye principalmente en carreteras de un carril por dirección y sin paseos. En nuestras zonas rurales, éste es el tipo de carretera que es predominante. La inclinación segura se construye durante el tiro de asfalto mediante el uso de un zapato especial en la pavimentadora y como resultado se obtiene en las esquinas un ángulo de 30°. Este ángulo permite que los conductores no pierdan el control cuando cambian de la superficie asfáltica al terreno normal del lugar. El DTOP ha propuesto utilizar esta técnica en todas las vías a ser rehabilitadas.

En muchas ocasiones la falta de iluminación o la condición geométrica de la carretera no le permite al conductor observar con detenimiento las caras del sistema de semáforos. Por lo general estas caras son de color negro y se dificulta su visibilidad en la noche. Una medida de bajo costo y alto rendimiento en solucionar este problema de visibilidad son las bandas retroreflectivas de color amarillo alrededor de las caras de los sistemas de semáforos. El contraste creado entre los colores amarillo y negro resalta la existencia de las caras y ha ayudado a reducir choques en ciudades de Canadá, donde comenzó a utilizarse desde el año 1998. En Puerto Rico se comenzará a implantar esta medida en proyectos de modernización de sistemas de semáforos.

ARGUMENTOS FINALES

El campo de la Seguridad Vial es uno en crecimiento diario alrededor de todo el Mundo. Ejemplo de esta visión se demuestra con el movimiento mundial conocido como el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020. Este movimiento les exhorta a todos los países a colocar en práctica sus Planes de Seguridad Vial con estrategias en los cuatro componentes Educación, Ingeniería, Aplicación de la Ley y Emergencias Médicas.

En Puerto Rico, el DTOP se ha encargado en los pasados años de implantar medidas de ingeniería que ayuden a reducir los choques vehiculares. Aún cuando en el año 2011 se observó un incremento leve en el número de fatalidades no podemos dejar pasar por alto la reducción obtenida en los pasados diez (10) años. A nuestro entender la meta en la Isla debe ser bajar de las 300 fatalidades por año al finalizar el Decenio de Acción. Nos queda mucho por trabajar en los próximos años. En adición a las técnicas de ingeniería presentadas, el DTOP incluirá en sus estrategias el mejorar la base de datos de choques vehiculares y la evaluación de corredores de seguridad.

Desarrollar técnicas de ingeniería ha incrementado la percepción de Seguridad Vial en la Isla. Nuestro fin es crear una cultura de seguridad en nuestros ingenieros de transportación, donde consideren en sus planes futuros la aplicación de medidas exitosas en la reducción de choques junto a la construcción de nuevas vías.

AGRADECIMIENTOS

Por este medio le agradecemos el esfuerzo que los servidores públicos del DTOP han prestado en estos últimos años para proveerles a los ciudadanos un sistema de carreteras con mejores elementos de seguridad. En adición, incluimos en el mismo al personal de la Comisión para la Seguridad en el Tránsito, Policía de Puerto Rico y Emergencias Médicas por sus acciones diarias en pro del bienestar ciudadano.

Por último, al Centro de Transferencia y Tecnología de Mayagüez (T^2), Instituto de Ingenieros de Transportación (ITE) Sección Puerto Rico y Administración Federal de Carreteras (FHWA) por promover el concepto de seguridad vial vía seminarios técnicas y otras actividades al personal de los municipios, consultores privados e ingenieros independientes.

REFERENCIAS

American Association of State Highway and Transportation Officials – AASHTO (2011). *Roadside Design Guide*, Washington, D. C.

Comisión para la Seguridad en el Tránsito – CST (2012). “Fatales por choques de tránsito 1975-2011”, Disponible en: <<http://www.comisionparalaseguridadeneltransito.com/estadisticas/>>.

Federal Highway Administration – FHWA (2009). *Manual on Uniform Traffic Control Devices*, Claitor's Lawbooks and Publishing, Los Angeles, California.

Nevárez Pagán, A. (2008). “Evaluación de Datos de Choques de Tránsito”, Autoridad de Carreteras y Transportación, Comunicación Personal, San Juan, Puerto Rico.

Ross, H. E., Sicking, D. L., Zimmer, R. A. y Michie, J. D. (1993). “National Cooperative Highway Research Program”, Report NCHRP-350, Transportation Research Board, National Research Council.