

## **Capítulo 5**

### **Prácticas y herramientas de un Sistema Seguro**

*Los accidentes viales son producto de fallas del sistema vial. Los Sistemas Seguros tienen por objeto limitar proactivamente las fallas sistémicas o mantener sus efectos por debajo de los umbrales que causan daño grave a los seres humanos cuando ocurre un accidente. Los elementos básicos de un Sistema Seguro incluyen vehículos seguros, vías y bordes de las vías seguros, usuarios viales seguros, velocidades seguras y una respuesta efectiva a los accidentes. Este capítulo abarca una serie de políticas, medidas y herramientas disponibles en estas áreas con miras a construir un Sistema Seguro y proporcionar diversos casos de estudio de países líderes en la materia.*

## Aplicación de un Sistema Seguro

Un accidente de tránsito, particularmente si resulta en la muerte o lesiones graves de una persona, es el resultado final de una falla de sistema. El objetivo del Sistema Seguro es identificar y limitar proactivamente esas fallas sistémicas. Un enfoque es diseñar el sistema en forma retrospectiva desde el punto final de la víctima de lesiones graves e intervenir en la cadena de seguridad integrada (véase Figura 2.1) en la etapa más temprana posible a objeto de evitar un accidente.

En primer lugar, el diseño y funcionamiento del Sistema Seguro busca orientar y fomentar una conducta segura de parte de los usuarios al utilizar la red de transporte vial. Cuando ocurre un accidente, se debe restringir la cantidad de energía intercambiada de modo que permanezca dentro de las tolerancias biomecánicas del cuerpo humano. La atención una vez producido el accidente también debe llevar a una menor gravedad de las lesiones sufridas.

Los enfoques empleados para comprender las tolerancias biomecánicas de los seres humanos incluyen niveles de energía cinética, cambio de velocidad y/o aceleración. Sin embargo, normalmente, los límites del Sistema Seguro se explican o aplican en referencia a las velocidades del Sistema Seguro. Por lo general, la velocidad conforme al Sistema Seguro se define como la velocidad de impacto con una probabilidad de muerte menor a 10% o el punto de las curvas de riesgo de muerte en que cambia de baja a pronunciada (Wramborg, 2005). Las velocidades de impacto a las que las víctimas habitualmente sobreviven se muestran en la Tabla 5.1.

Tabla 5.1. **Velocidades de impacto seguro en distintas situaciones**

Tipo de vía y sección combinados con usuarios viales	Velocidad meta del Sistema Seguro
Vías y secciones usadas por autos y usuarios vulnerables	30 km/h
Intersecciones con posibles conflictos laterales entre vehículos	50 km/h
Vías con posibles conflictos frontales entre vehículos	70 km/h
Vías sin conflictos frontales o laterales posibles entre vehículos y sin usuarios viales vulnerables	≥ 100 km/h

Fuente: ECMT, 2006.

La definición cuantificable del nivel tolerable de riesgo variará conforme al tiempo, la experiencia y nuevas pruebas. Ejemplos de investigaciones más recientes sobre las curvas críticas de velocidad de impacto, en especial respecto de peatones, se pueden encontrar en Rosen et al. (2011), Kroyer et al. (2014) y Jurewicz et al. (2016). En este último informe se consideraron las lesiones con resultado de muerte y lesiones graves en forma combinada y se sugirieron velocidades críticas de impacto de hasta 20 km/h en el caso de los peatones y de 30 km/h en el de los accidentes frontales y laterales.

Si bien existe, y seguirá habiendo, un debate considerable sobre las velocidades de impacto seguras y la forma de las diversas curvas de riesgo de muerte, en la realidad, lograr definiciones precisas no es posible ni significativo. Representan algún tipo de población promedio en un número considerable de casos, pero con grandes variaciones en los resultados –y por lo tanto en el riesgo– que sufren los individuos debido a factores incontrolables, tales como el tipo y tamaño del vehículo, la edad y el estado de salud del usuario vial, el punto de impacto, etc. Hay un cierto carácter aleatorio respecto de estos factores que a menudo no pueden ser controlados por quien diseña u opera el sistema. Debido a esta variabilidad en la incidencia y circunstancias de los accidentes en el mundo real, se debe adoptar una

postura conservadora en relación con el riesgo, de modo de incluir una amplia gama de población, vehículos y condiciones. También debemos estar conscientes de que el uso de curvas de riesgo de mortalidad y el valor del décimo percentil para determinar velocidades de impacto seguras, por definición, permite la incidencia de algunas muertes y lesiones graves, a pesar del compromiso de erradicar muertes y lesiones graves producto de accidentes de tránsito.

Con el tiempo y con las esclarecedoras experiencias obtenidas al desarrollar un Sistema Seguro, la comprensión del tema se desarrollará y evolucionará. Se requiere de apertura y flexibilidad respecto de la actualización de opiniones sobre lo que constituye un Sistema Seguro y las velocidades que el sistema puede permitir para proteger a los usuarios. Además, con la constante incorporación de vehículos intrínsecamente más seguros a las flotas, tanto por tecnologías de prevención de accidentes como de protección de los pasajeros, se podrá controlar la mayor parte de las lesiones dentro de los límites del Sistema Seguro. Sin embargo, reducir la probabilidad de lesiones fatales podría requerir mayores esfuerzos del sistema a nivel integral.

### Adopción de un enfoque sistémico

Que el sistema de transporte vial avance hacia un Sistema Seguro depende de la aplicación de medidas basadas en una serie de elementos clave del sistema, incluidas vías públicas seguras, vehículos seguros, velocidades seguras y conductas seguras que contribuyan individualmente a reducir el riesgo de accidentes y, en cualquier accidente, la gravedad de las lesiones resultantes. La interacción entre medidas complementarias para reducir las transferencias combinadas de energía de choque proporcionará beneficios acumulativos superiores a los efectos de cada medida por sí sola. A objeto de reducir de forma significativa el número de víctimas en las vías públicas, se deben combinar, en forma optimizada, las normas y conducta de sus usuarios, el entorno vial y de circulación, los límites y control de la velocidad, los sistemas de asistencia al conductor, las propiedades mitigadoras de lesiones de los vehículos y las respuestas en caso de emergencia.

De forma aislada, cada componente puede tener algún efecto positivo, pero como cada componente establece las condiciones previas para maximizar los beneficios de los demás, toda la combinación tendrá más efecto que la suma de los efectos individuales de cada componente. Como ejemplo, el diseño del vehículo depende predominantemente del sector privado, mientras el diseño y la operación de las vías públicas, del sector público. A pesar de esto, hay oportunidades para crear mayores sinergias entre ambos. Así, se puede establecer la geometría de las intersecciones de modo de maximizar la protección de los pasajeros que el diseño del vehículo puede ofrecer.

En otros casos, la clave para abordar algunos problemas de seguridad tradicionalmente difíciles de resolver puede radicar en intervenir en otras partes del sistema. Por ejemplo, la velocidad excesiva y la reiterada conducción bajo la influencia del alcohol se han abordado, por lo general, mediante la educación y la aplicación de la ley, pero pueden manejarse en forma más eficaz mediante tecnologías de vehículos seguros, tales como Intelligent Speed Assist (ISA) (asistencia inteligente de velocidad) o bloqueos de detección de alcohol incorporados en los vehículos. Para obtener mayor información sobre el enfoque completo en el sistema, consulte la Figura 2.3 y la sección del Capítulo 4 "Gestión de un Sistema Seguro".

Los diversos elementos del Sistema Seguro y el papel que desempeñan en su creación son objeto de gran discusión y debate. Stigson (2009) analizó los factores que influyen en los resultados de lesiones graves en los pasajeros de los vehículos, las contribuciones relativas y las interacciones de los elementos clave del Sistema Seguro para prevenir los mismos y el potencial de los Indicadores de Desempeño en materia de Seguridad para identificar y eliminar las debilidades sistémicas.

El modelo de transporte vial seguro desarrollado por la Dirección Sueca de Carreteras (SRA) (véase Figura 3.2) utiliza los límites biomecánicos del cuerpo humano como piedra angular, así como los siguientes componentes del sistema:

- **Vehículo Seguro:** El vehículo soporta el uso correcto, protege al conductor y los pasajeros, y protege a otros usuarios viales (Criterios: EuroNCAP nivel 5 estrellas y Control de Estabilidad Electrónica, ESC).
- **Carretera segura:** La carretera soporta el uso correcto y es tolerante en términos de mitigación de lesiones (Criterios: EuroRAP, nivel 4 estrellas).
- **Usuario vial seguro:** El usuario vial tiene el conocimiento, la habilidad, capacidad y voluntad de utilizar correctamente el sistema de transporte vial (Criterios: Usa el cinturón de seguridad, acata los límites de velocidad, no bebe).

Combinados con una velocidad segura, estos elementos deberán garantizar un transporte vial seguro. Según las conclusiones del estudio, el cumplimiento de estos requisitos constituiría un gran aporte para eliminar las muertes y lesiones graves. Sin embargo, se identificaron algunas deficiencias. Según el estudio, la mayoría de las lesiones con resultado de muerte ocurrieron producto del incumplimiento de criterios de dos o de los tres componentes. También se concluyó que las vías públicas divididas eran el factor más efectivo para evitar el fallecimiento de los pasajeros de vehículos. No obstante, se determinó asimismo que la dependencia de elementos relacionados con la conducta humana tiene el impacto más débil: un 40% de los pasajeros de vehículos muertos no llevaban cinturones de seguridad (a pesar de una tasa general de 96% de uso del cinturón de seguridad) y que un cuarto de los pasajeros de vehículos fallecieron en accidentes relacionados con el alcohol. También existía una estrecha relación entre estos dos factores. El informe concluyó que, si bien se puede motivar a los usuarios viales a que cambien su conducta en el corto plazo, para un resultado más sostenido, tanto el diseño del vehículo como el de las vías públicas deben servir de apoyo al usuario. Stigson propuso un modelo de Sistema Seguro modificado en que la infraestructura vial se basa en las capacidades y limitaciones y tolerancias biomecánicas de los seres humanos, a través de un buen diseño vial y de los vehículos.

El Plan de Acción Mundial de las Naciones Unidas para el Decenio de la Seguridad Vial ha definido un enfoque de mejoramiento de la seguridad vial basado en cinco pilares, que, en líneas generales, se ajustan a los elementos de un Sistema Seguro:

- **Pilar 1:** Gestión de la seguridad vial
- **Pilar 2:** Caminos y movilidad más seguros
- **Pilar 3:** Vehículos más seguros
- **Pilar 4:** Usuarios viales más seguros
- **Pilar 5:** Respuesta tras los accidentes

La gestión de la seguridad vial se trató en el capítulo 4. Los pilares 2 a 5 se analizarán en las siguientes secciones. Se dedica una sección adicional a velocidad segura, ya que la importancia dada al control de la velocidad en un Sistema Seguro nunca resulta exagerada. Las vías y bordes de la vía seguros, velocidad segura, los vehículos seguros y el uso seguro de los caminos a menudo se denominan elementos o componentes de un Sistema Seguro.

### Vías y bordes de la vía seguros

Las condiciones del camino pueden ser el factor más letal de los accidentes graves, más que la velocidad, el alcohol o el no uso de los cinturones de seguridad (FIT, 2015c). Sin embargo, se ha subestimado el

papel de factores viales en la causa y el resultado de los accidentes, a menudo porque las investigaciones de un accidente se centran en el conductor.

Stigson (2008) revisó los accidentes fatales en Suecia basándose en una investigación en profundidad. Las colisiones fueron catalogadas acorde a los factores que contribuyeron a su resultado (en contraposición a su causa). Según sus conclusiones, hubo una gran interacción entre los tres componentes del sistema (vehículos, infraestructura vial y usuarios viales); no obstante, los factores viales tuvieron una incidencia mucho mayor en los resultados fatales de los accidentes. Dicho de otra manera, en el caso de un accidente, independientemente de la forma en que se hubiere producido, la infraestructura puede tener un impacto significativo en la gravedad del resultado. Además, Stigson et al. (2011) concluyeron que, si bien las normas de seguridad de los vehículos pueden traer grandes beneficios respecto de las lesiones graves de sus pasajeros, los factores viales tenían una relación más estrecha con los resultados fatales de los accidentes.

Si bien varios países han adoptado los principios del Sistema Seguro, la materialización de estos en materia de infraestructura presenta dificultades. En parte, ello se debe a que las actuales directrices de diseño de infraestructura de vías y bordes de la vía se desarrollaron en el transcurso de muchos años y a menudo se basan en el paradigma de maximizar la movilidad y el volumen de circulación. Si bien también pueden tener por objeto reducir el número de accidentes y sus consecuencias, no necesariamente adoptan un enfoque de prevención de lesiones. A menudo, las normas de diseño se basan en que los conductores tomen decisiones correctas, por ejemplo, sobre decisiones de aceptación de brechas en las intersecciones.

Por lo tanto, se requiere de una revisión de las normas existentes de diseño de infraestructura vial para reflejar en mejor forma los principios del Sistema Seguro. Este es un paso importante para institucionalizar el cambio a un Sistema Seguro y velar por que todos los ingenieros, diseñadores, autoridades y proveedores de fondos apliquen la filosofía del nuevo diseño y el enfoque que conlleva. Utilizando una analogía con el diseño de edificios: todos los balcones deben, por defecto, tener barandas; no existe un análisis específico de costo-beneficio de cada balcón que considere la altura del balcón, la exposición al viento, el ancho del balcón o la edad de las personas que pudieran utilizarlo –todos estos están incluidos en los manuales de diseño para ingenieros estructurales y constituyen una práctica estándar.

El equilibrio correcto entre seguridad y movilidad es materia de debate permanente en las discusiones relativas al Sistema Seguro. Suecia, uno de los pioneros del Sistema Seguro, ha adoptado la postura de que la accesibilidad sólo puede desarrollarse en un marco de seguridad. Con miras a ayudar a informar este debate, diversos países están adoptando medidas de desempeño de la infraestructura vial que complementen los sistemas establecidos. La utilización de normas mínimas (expresadas, por ejemplo, en clasificaciones con estrellas, como las que se utilizan en los Programas de Evaluación Vial) en la gestión de la red y los nuevos diseños viales sientan los cimientos, basados en pruebas, de las decisiones de infraestructura adoptadas por las autoridades viales. Por ejemplo, el Reino Unido se ha fijado como objetivo que, a más tardar el 2020, el 90% de los viajes se realicen en carreteras de tres estrellas o más (Highways England, 2014). Los Países Bajos se han fijado el objetivo de no tener más carreteras de una o dos estrellas de aquí al 2020. Nueva Zelanda está planificando que todas las vías públicas de relevancia nacional tengan una calificación de cuatro estrellas. El Banco Asiático de Desarrollo (BAD) recomienda que los caminos con peatones en asentamientos lineales tengan un nivel de cuatro estrellas.

Si bien incluir los elementos del Sistema Seguro en una nueva infraestructura es fácil, en términos comparativos, si se incluye en la conceptualización desde el principio, la adaptación de la infraestructura supone un desafío técnico y financiero sustancial que requiere de una innovación eficiente en función de

los costos. Por lo tanto, es necesario integrar la seguridad en la planificación y el diseño en la etapa más temprana posible. El punto de partida de una infraestructura segura debería ser una buena jerarquía vial con una clara distinción entre, por un lado, las carreteras interurbanas de alta velocidad en las que la infraestructura debe ser tolerante a las velocidades permitidas e instalaciones separadas para usuarios vulnerables, y, en el otro extremo, calles urbanas de baja velocidad y prioridad para peatones, en que los usuarios vulnerables se mezclen con el tráfico motorizado. Asimismo, se requiere de un fuerte control y gestión del uso del suelo, el desarrollo urbano y la planificación de ciudades y comunidades para los que carecen de vehículos.

Se debe considerar a todos los usuarios viales al diseñar o mejorar la infraestructura vial. El diseño de la infraestructura vial y un entorno más amplio de las calles debe comenzar con las necesidades de los usuarios más vulnerables y luego avanzar hacia las necesidades de seguridad de los menos vulnerables. Los ejercicios de planificación de caminos y corredores que consideren las necesidades de peatones, ciclistas, carretas de tracción animal, motocicletas, automóviles, camiones y autobuses deberán garantizar que se incorporen las funciones, velocidad, asignación del espacio vial y las características de diseño adecuadas, de modo de ofrecer los mejores resultados de seguridad.

Muchas intervenciones útiles de infraestructura pueden encontrarse en varias guías, incluidas PIARC (2015), Elvik et al. (2009), y en herramientas en línea tales como *Road Safety Toolkit* (<http://toolkit.irap.org>) creado por el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP). A menudo denominados tratamientos del Sistema Seguro, algunos de ellos pueden reducir significativamente las muertes en carretera y las lesiones graves. Otras pueden tener una repercusión relativamente escasa, pero aun así acarrearán mejoras de seguridad y contribuirán a avanzar hacia un Sistema Seguro.

Turner et al. (2009) distinguen entre tratamientos de seguridad vial "primarios" y "de apoyo", siendo los tratamientos primarios aquellos que representan un paso importante hacia un Sistema Seguro y los tratamientos de apoyo aquellos que entrañan logros de seguridad, pero a un nivel que no crearía un Sistema Seguro. Un ejemplo de tratamiento "primario" del Sistema Seguro es una mediana, ya que prácticamente eliminará (en más del 90% de los casos) los accidentes frontales con resultado de muerte, mientras que un tratamiento "de apoyo" sería una línea central amplia con banda rugosa que hará menos probable la existencia de tales accidentes. Se recomienda encarecidamente usar los tratamientos primarios siempre que sea posible.

Entre los tratamientos de infraestructura primaria de alto rendimiento del Sistema Seguro que pueden significar una reducción inmediata y cierta de la probabilidad y gravedad de accidentes se encuentran:

- rotondas bien diseñadas
- pasos de peatones separados por niveles
- barreras de cables y cuerdas (también llamadas sistemas de barreras de cables y cuerdas) en el centro y el borde de las carreteras, en países con una baja tasa de conductores de vehículos motorizados de dos ruedas.

Sin embargo, todavía existe falta de información sobre los diseños de infraestructura del Sistema Seguro para algunos tipos de accidentes y algunos grupos de usuarios viales. Si bien se sabe que las medianas pueden reducir los accidentes frontales en más del 90%, que las barreras flexibles absorben la energía de choque y pueden proteger a los usuarios contra los peligros de los bordes de la vía, y que las rotondas simplifican la toma de decisiones de los conductores y ayudan a controlar las velocidades en las intersecciones, nuestro conocimiento es menor respecto de soluciones eficaces de infraestructura del

Sistema Seguro en materia de intersecciones en entornos de alta velocidad (aparte de la separación por niveles) y sobre los motociclistas.

### ***Gestión de seguridad de la infraestructura vial***

El informe sobre Gestión de Seguridad de la Infraestructura Vial (RISM, por sus siglas en inglés) de la base de datos IRTAD de 2015 identifica y evalúa 10 procedimientos utilizados para la RISM (FIT, 2015c). Estos procedimientos y sus propósitos generales se describen en la Tabla 5.2. y tienen por objeto mejorar la seguridad vial en las distintas etapas del ciclo de vida de la infraestructura vial, desde la planificación y diseño hasta la construcción, la operación, el mantenimiento, la mejora y la modernización mayor y la renovación de la misma.

Si bien hay superposiciones y similitudes entre algunos de estos, también existen diferencias importantes. En general, la elección del procedimiento a utilizar depende de los datos disponibles y la etapa del ciclo de vida del proyecto. Una de las principales diferencias es que los Ranking de Seguridad de la Red (NSR, por sus siglas en inglés) suelen basarse en datos históricos de accidentes, mientras que los Programas de Evaluación de Carreteras (RAP, por sus siglas en inglés) se basan en encuestas de diseño y calidad de la infraestructura.

La Directiva Europea (2008/96/CE) que describe los requisitos obligatorios del proceso de gestión de seguridad de la red transeuropea de carreteras (RTE) constituye un ejemplo práctico de RISM. Los componentes de esta directiva incluyen:

- Evaluación del impacto de la seguridad vial
- Auditoría de seguridad vial, incluida certificación de auditores
- Inspecciones de seguridad vial
- Clasificación de secciones de las vías públicas
- Gestión de datos
- Adopción y comunicación de directrices
- Auditores certificados para auditoría de seguridad

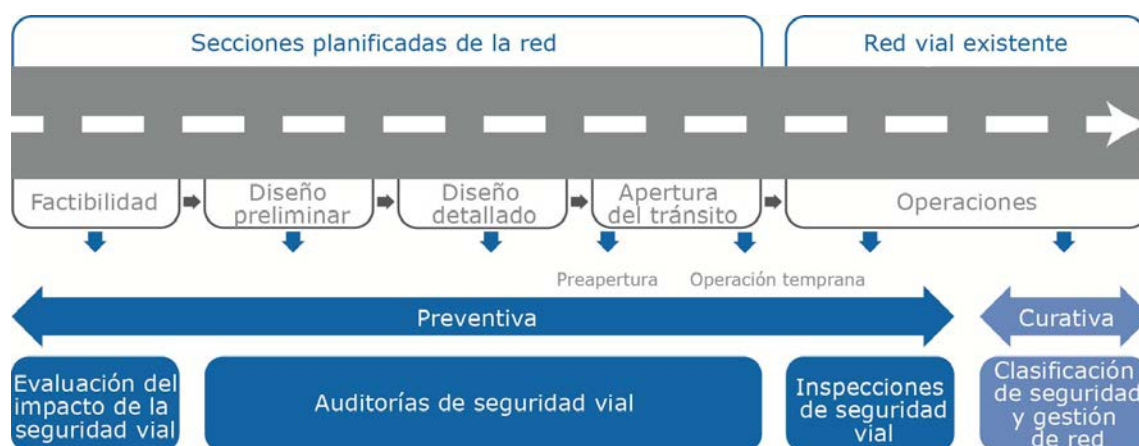
Conforme a esta directiva, la responsabilidad de la gestión de seguridad de una red de caminos recae en el proveedor o en los responsables de la gestión vial. Fomenta el uso generalizado de los procedimientos de RISM, que ahora están establecidos en todos los Estados miembros de la UE asociados a la Red Transeuropea de Transporte (RTE-T) y se han extendido a algunas carreteras que no pertenecen a la RTE-T. Por lo tanto, la directiva ha dado origen a una forma diferente de pensar y abordar la gestión de seguridad vial en la Unión Europea (Transport and Mobility Leuven, 2014).

Los procedimientos de RISM son herramientas eficaces para ayudar a las autoridades viales a reducir el número de accidentes y víctimas. Sin embargo, en un entorno de Sistema Seguro, se debe avanzar hacia un enfoque más proactivo, centrado en elementos de infraestructura y diseños que no lleven a accidentes con heridos más graves. Los procedimientos proactivos son particularmente importantes para los países de ingresos bajo y medio, que pueden no tener datos válidos en materia de accidentes, y constituyen una oportunidad para desarrollar una cultura proactiva de seguridad vial entre las autoridades de planificación y cumplimiento de la infraestructura vial.

Tabla 5.2. **Procedimientos de Gestión de Seguridad de la Infraestructura Vial**

Procedimiento	Propósito
Evaluación de impacto de seguridad vial	Comparar diferentes escenarios de aplicación desde la perspectiva de la seguridad vial.
Herramientas de evaluación de eficiencia	Comparar diferentes escenarios desde la perspectiva de la seguridad vial e identificar las medidas más eficientes de una lista de medidas potencialmente eficaces.
Auditoría de seguridad vial	Identificar factores asociados a la infraestructura o tránsito que incrementen el riesgo de lesiones o accidentes.
Operación de la red	Mantener el nivel actual de seguridad de las vías públicas.
Indicadores de desempeño en materia de seguridad vial	Evaluar la seguridad de la red vial.
Clasificación de seguridad de la red	Clasificar los elementos de la red vial, basado en su nivel de seguridad.
Programa de evaluación de carreteras	Clasificar los elementos de la red de carreteras, basado en la seguridad vial, e identificar factores asociados a infraestructura o tránsito que incrementen el riesgo de lesiones o accidentes.
Inspección de seguridad vial	Identificar factores asociados a infraestructura o tránsito que incrementen el riesgo de lesiones o accidentes.
Sitios de alto riesgo	Identificar factores asociados a infraestructura o tránsito que incrementen el riesgo de lesiones o accidentes.
Investigación en profundidad	Identificar factores asociados a infraestructura o tránsito que incrementen el riesgo de lesiones o accidentes.

Fuente: FIT (2015c).

Figura 5.1. **Procesos de planificación de la Directiva Europea 2008/96/EC en materia de Gestión de Seguridad de la Infraestructura Vial**



### *Programas de evaluación de carreteras*

Los Programas de Evaluación de Carreteras (RAP, por sus siglas en inglés) llevan a cabo evaluaciones sistemáticas de los riesgos asociados a la infraestructura vial a fin de identificar las principales deficiencias que pueden abordarse adoptando medidas prácticas de mejora vial. Un sistema de clasificación común otorga estrellas a las vías públicas según su nivel de seguridad, siendo una estrella baja seguridad y cinco estrellas un nivel muy alto de seguridad de la infraestructura vial. Mediante las calificaciones con estrellas, los RAP crean transparencia para los usuarios viales, pero también para los diseñadores, constructores u operadores de la infraestructura. Las calificaciones son también muy eficaces para comunicar las mejoras en la seguridad vial. Varios países están utilizando las calificaciones con estrellas RAP como referencia para establecer normas y objetivos viales.

Con posterioridad al Programa Europeo de Evaluación de Carreteras (EuroRAP) lanzado en 1999, se crearon los programas de Australasia (AusRAP y KiwiRAP) y el programa de Estados Unidos (usRAP) a principios de la década de 2000. El 2006 se creó el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP) como una organización benéfica destinada a supervisar el programa mundial y apoyar a los gobiernos, bancos de desarrollo y clubes de automóviles en sus intentos por mejorar la seguridad vial. Desde su creación, el programa ha calificado más de 900 000 km de caminos en más de 70 países en todo el mundo.

La filosofía y el enfoque basado en pruebas que los RAP emplean a nivel mundial son impulsados por los principios del Sistema Seguro. Junto con sus organizaciones asociadas de los Programas de Evaluación de Automóviles Nuevos, los RAP constituyen la piedra angular del Sistema Seguro en materia de velocidad, vehículos y desempeño vial. Los principios del Sistema Seguro se capturan en la asociación "Carreteras que los automóviles pueden leer", EuroRAP (2011). Actualmente, los RAP están planificando desarrollar clasificaciones, en estrellas, de infraestructura vial usada por automóviles autoguiados.

El protocolo en estrellas clasifica en forma proactiva el desempeño de seguridad de la infraestructura vial en un lugar específico o a través de una red de caminos, evaluando las características existentes en materia de seguridad. Las calificaciones en estrellas se basan en una metodología objetiva, basada en pruebas, para evaluar la seguridad de la infraestructura vial, teniendo en cuenta la velocidad y la combinación del tránsito del lugar. Los Planes de Inversión en Carreteras más Seguras proporcionan un análisis económico complementario en apoyo a las mejoras relacionadas con el Sistema Seguro.

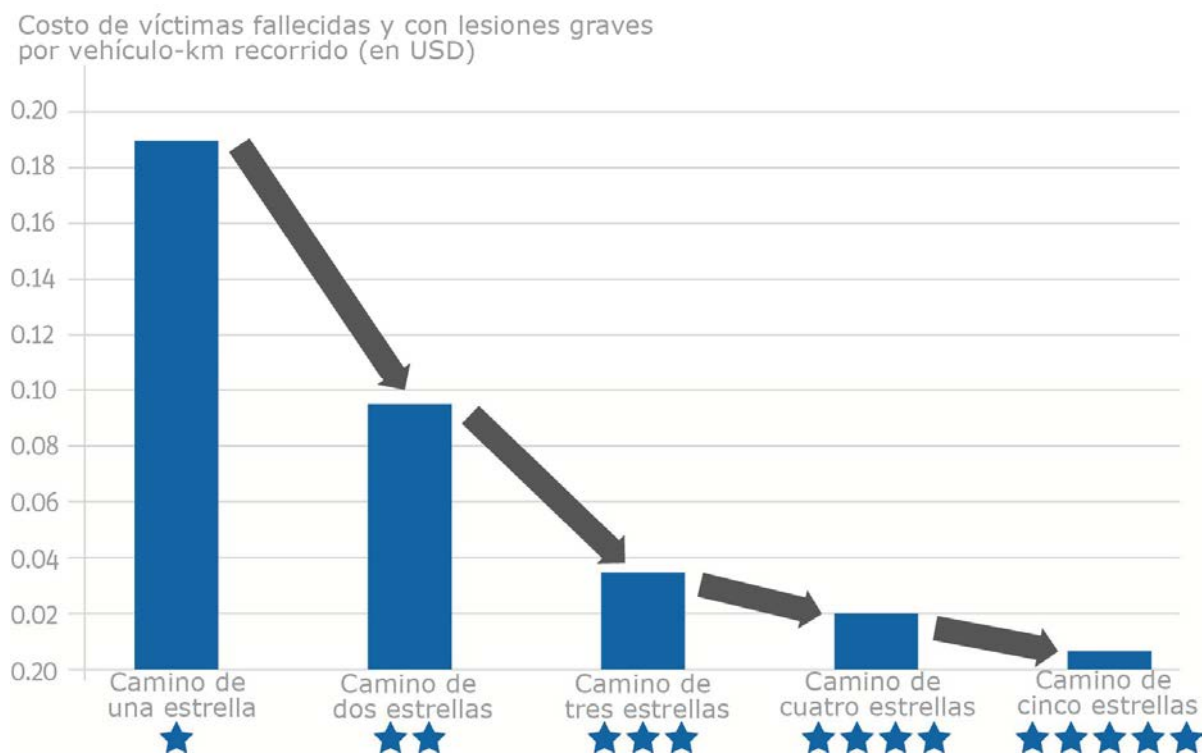
Las calificaciones en estrellas se otorgan a vías públicas en general y diferenciadas para peatones, ciclistas, motociclistas y pasajeros de vehículos. Se basan en los tipos usuales de accidentes con resultado de muerte y lesiones y las necesidades específicas de seguridad de ese usuario sobre la base de los principios del Sistema Seguro, teniendo en cuenta la velocidad del vehículo. Los caminos de cinco estrellas son lo más cercano a la infraestructura del Sistema Seguro tal como la entendemos.

La experiencia mundial sugiere que las tasas de accidentes por distancia recorrida disminuyen entre un 33 y 50% por cada estrella adicional otorgada (véase la figura 5.2). En otras palabras, el riesgo de muerte o lesiones graves por kilómetro recorrido en una vía de cinco estrellas es aproximadamente el 10% del riesgo que el usuario debe enfrentar en una vía de una sola estrella. Como parte de su intento por entender las interacciones más complejas entre tipos de vehículos, velocidades, diseño de la infraestructura y usuarios viales y resultados más seguros, iRAP está explorando la posibilidad de que la infraestructura vial del Sistema Seguro sea definida en una escala de cinco estrellas por cada usuario vial.

El modelo de estrellas comprende más de 60 atributos viales, incluidos los elementos básicos del diseño del Sistema Seguro. Incluye características viales que crean un entorno autoexplicativo (transversal,

marcado de carriles, señalización y diseño funcional), minimizando así la posibilidad de un error humano, así como elementos que mitigan las consecuencias de los errores humanos cuando ocurren, de modo que no provoquen resultados serios.

Figura 5.2. Reducción de costos por accidentes según mayor clasificación de seguridad vial



Fuente: iRAP.

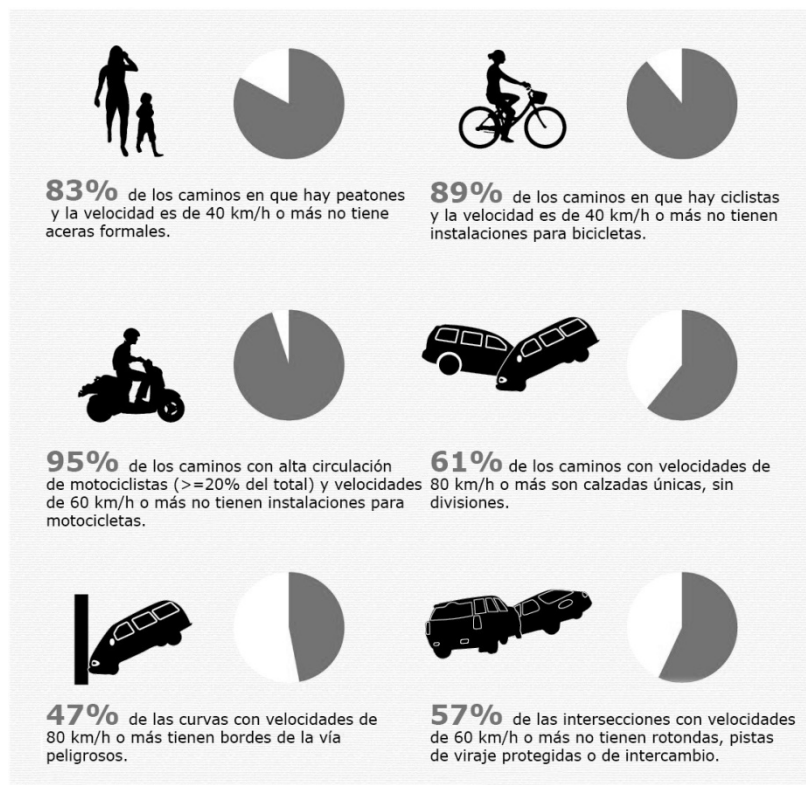
A medida que aumenta la velocidad y el volumen de circulación, se requieren características más estrictas para mantener el mismo nivel de protección, catalogado en estrellas, de los usuarios viales. Lo anterior puede incluir separación física de los usuarios viales vulnerables, protección contra los riesgos de la vía, un mejor diseño de intersecciones y separación del tráfico de alta velocidad en sentido contrario. La figura 5.3 presenta los resultados resumidos de la evaluación de casi 250 000 kilómetros de carreteras en 60 países, en todo nivel de desarrollo. Asociado a la relación entre velocidad y riesgo de muerte, el análisis destaca el grado en que las características básicas de la infraestructura contribuyen a un Sistema Seguro y la gestión de las fuerzas de choque que exceden los niveles de tolerancia biomecánica.

### *Marco de evaluación de la infraestructura del Sistema Seguro*

Recientemente, la asociación de transporte vial y agencias de tránsito de Australasia conocida como Austroads (Austroads, 2015) desarrolló un marco normativo para evaluar la clasificación de la infraestructura en función del Sistema Seguro. Basado en una revisión de la literatura en materia de infraestructura del Sistema Seguro y en los criterios existentes de evaluación de riesgos, el marco normativo considera los tipos de accidente usuales que provocan muertes y lesiones graves, y los riesgos de estos accidentes (exposición, probabilidad y gravedad). Asimismo, proporciona indicaciones útiles para asegurarse de que se tome en consideración cada pilar del Sistema Seguro. La herramienta utiliza

una matriz y un modelo multiplicador para evaluar y calificar proyectos de infraestructura en una escala de 448 puntos, siendo 0 de bajo riesgo y 448 de muy alto riesgo.

Figura 5.3. Niveles de exposición a posibles fuerzas letales en caso de accidente



Fuente: iRAP.

Si bien la puntuación es subjetiva en cierta medida, se proporciona orientación con miras a hacerla lo más coherente y objetiva posible. En el futuro, se dispondrá de más herramientas como esta, las cuales contribuirán a incorporar la concepción del Sistema Seguro en proyectos de infraestructura. Estos marcos de evaluación podrían ser útiles no sólo para los nuevos proyectos viales, sino que también podrían aplicarse a los corredores y propuestas urbanísticas existentes.

Figura 5.4. Ejemplo de Marco de Evaluación del Sistema Seguro de Austroads

	Salida del camino	Frontal	Intersección	Otro	Peatones	Ciclistas	Motoristas	Total
Exposición	Alto volumen	Alto volumen	Alto volumen en Burwood Hwy  Volumen moderado en Terrara Road	Alto volumen	Bajo volumen de peatones	Bajo volumen de ciclistas	Bajo volumen de motoristas	
	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	
Probabilidad	Pendiente pronunciada	Mediana dividida, ancha/elevada	% movimiento viraje	Alto No. de pistas	Pista de servicio con acera	Pista de servicio, algo de separación	Sin delimitación	
	Pista de desaceleración	Movimiento intersección/puntos de conflicto mínimo de accidentes frontales	No. de pistas y puntos de conflicto	Pistas de viraje protegidas	Sin elementos de cruce en intersección  Muchas pistas que cruzar	Sin elementos de cruce en intersección	Superficie en buen estado	
	Presencia de intersección		Alta velocidad	Pistas cortas de desaceleración			Camino recto	
	Sin bermas		Escasa distancia de visión	Parada de autobuses				
	Zona despejada moderada		Pistas de viraje protegido					
	Sin barreras							
	$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	
Gravedad	Alta velocidad	Alta velocidad	Alta velocidad	Alta velocidad	Alta velocidad	Alta velocidad	Alta velocidad	
	Sin barreras	Baja velocidad en camino lateral	Ángulos en conflicto		Sin elementos de cruce		Algunos peligros de los bordes de la vía	
	Pendiente pronunciada							
	Postes y árboles que chocar							
	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{4}{4}$	
Producto	$\frac{36}{64}$	$\frac{12}{64}$	$\frac{48}{64}$	$\frac{36}{64}$	$\frac{16}{64}$	$\frac{16}{64}$	$\frac{12}{64}$	$\frac{176}{448}$

Fuente: Adaptado de Austroads (2016).

### ***Beneficios económicos de una infraestructura vial segura***

Se estima que el costo económico de los accidentes de tránsito oscila entre el 2% y el 5% del PIB anual en muchos países. Las inversiones bien orientadas a una mejor infraestructura vial que logran reducir las muertes y lesiones graves ofrecen, por tanto, réditos potencialmente altos.

Un análisis realizado por iRAP (2014) sobre la base de estudios de casos a nivel mundial investigó el porcentaje de muertes y lesiones graves que podrían evitarse o prevenirse con tratamientos técnicos rentables. El estudio concluyó que, en total, se puede prevenir el 92% de las muertes y lesiones graves de peatones entre los que caminan por las vías públicas. Entre los que cruzan, el 49% de las muertes se puede evitar sólo con tratamientos técnicos rentables. La prevención de muertes y lesiones graves entre los pasajeros de vehículos en accidentes por salidas del camino puede reducirse en más del 60% con tratamientos técnicos sencillos, pero probados, como barreras, sellado de bermas y bandas rugosas. La única zona en que las soluciones técnicas rentables son más limitadas corresponde a las intersecciones. Aquí, los costos de tratamiento –por ejemplo, la instalación de rotondas o intersecciones separadas por niveles– suelen ser altos. Las opciones más asequibles, como la señalización y las pistas de viraje, no controlan de manera suficiente el comportamiento de los usuarios viales, de modo de reducir drásticamente los daños graves; en este caso, se debe controlar más activamente las velocidades y los ángulos.

### **Vehículos seguros**

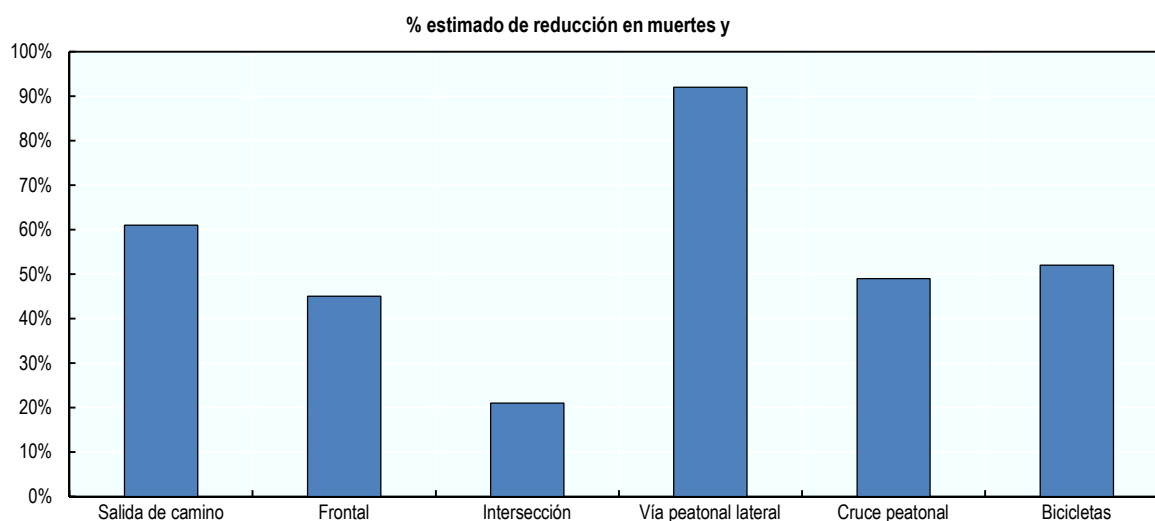
Los vehículos motorizados de países de altos ingresos son mucho más seguros hoy que antes, como resultado de un esfuerzo combinado por utilizar normas obligatorias e informar al consumidor para avanzar en las prestaciones de seguridad de los vehículos motorizados. Este modelo de disuasión regulatoria e incentivo de la demanda ha logrado contribuir significativamente a una menor tasa de mortalidad en los caminos. El mayor aporte a la seguridad de los vehículos en los últimos cincuenta años ha sido una mayor protección de los pasajeros o seguridad estructural a los choques (también conocida como seguridad pasiva). Las normas sobre simulación de accidentes y la calificación independiente de los consumidores por parte de los Programas de Evaluación de Automóviles Nuevos (NCAP) han contribuido a reducir significativamente el número de accidentes fatales, aun cuando la exposición a lesiones producto del aumento del parque vehicular aumentó sustancialmente.

Los NCAP proporcionan transparencia con respecto a las características de seguridad de los modelos de vehículos probándolos y calificando su desempeño mediante un sistema de estrellas similar al de los Programas de Evaluación de Carreteras. Las calificaciones con estrellas tienen por objeto alentar a los consumidores a comprar vehículos con mayores niveles de seguridad y, a su vez, alentar a los fabricantes a producir y vender vehículos más seguros. El primer NCAP fue lanzado en 1978 en los Estados Unidos, seguido por el NCAP de Australasia en 1993, Japón en 1995 y Europa en 1997. Actualmente existen nueve organismos NCAP o similares activos en Asia, Australia, Europa, América Latina y EE.UU.

En 2015, NHTSA publicó un informe en que se estimaba que, entre 1960 y 2012, se salvaron más de 600 000 vidas en los Estados Unidos gracias a las tecnologías de seguridad automotriz exigidas por las Normas Federales de Seguridad de Vehículos Motorizados (Kahane, 2015). Avances similares se han logrado en la Unión Europea (UE), donde entre 2001 y 2012 las muertes de pasajeros de automóviles se redujeron en un 55% (ETSC, 2014). En un análisis de las tasas de accidentes de tránsito en el estado australiano de Nueva Gales del Sur se estimó que el riesgo de muerte de pasajeros de los automóviles fabricados en 2010 es un 75% menor que el de los fabricados en 1995 (Anderson y Searson, 2014). Los beneficios resultantes de una mayor seguridad estructural a los choques se ven ahora complementados por sistemas de seguridad activa que pueden reducir las posibles velocidades de impacto o evitar por

completo un accidente y que apoyarán los efectos positivos de la tecnología vehicular en la reducción del número de muertes producidas por accidentes de tránsito.

Figura 5.5. **Reducción estimada de choques con resultado de muerte y lesiones graves producto de mejoras rentables a la infraestructura**



Fuente: iRAP.

### ***Tecnología de prevención de choques***

El sistema de frenos antibloqueo (ABS, por sus siglas en inglés) es la tecnología más antigua de prevención de accidentes seguida, más recientemente, por el control electrónico de estabilidad (ESC, por sus siglas en inglés) que evita los incidentes de derrape por pérdida de control. El ESC detecta si los datos de dirección del conductor son compatibles con la dirección de desplazamiento del vehículo. Si no lo fueren, el ESC aplica el freno a una de las ruedas (utilizando el ABS) para corregir la desviación. Diecisiete estudios diferentes llevados a cabo entre 2001 y 2007 han demostrado la alta efectividad del ESC y la reducción en aproximadamente un 30% de los accidentes con un solo vehículo involucrado y del riesgo de colisiones con vehículos en sentido contrario y por volcamiento, especialmente de Vehículos Utilitarios Deportivos (SUVs) (Fitzharris, 2010). El ESC es ahora obligatorio en Australia, Canadá, la Unión Europea, Japón, Nueva Zelanda, Corea del Sur y los Estados Unidos. En la Unión Europea, se estima que el ESC –cuyo uso se volvió obligatorio en todos los vehículos nuevos a partir de noviembre de 2014– evitó al menos 188 500 accidentes con lesiones y salvó más de 6 100 vidas desde 1995.

Originalmente desarrollado a mediados de los 90, el ESC fue introducido por primera vez en el mercado por los fabricantes de automóviles de alta gama. Con el tiempo, todos los principales fabricantes adoptaron el ESC y lo ofrecieron en todas las líneas de productos, aunque como una característica adicional, no estándar. Las tasas de incorporación de este equipo crecieron en forma constante, pero se mantuvieron bajas en el altamente competitivo segmento de vehículos pequeños que, irónicamente, es el tipo de vehículo en que más se requiere de las capacidades del ESC para evitar accidentes. El estancamiento de la incorporación del ESC en este segmento de alto volumen, pero bajo margen, es un ejemplo clásico de una falla del mercado, lo que hace necesaria la acción reguladora para lograr una plena penetración del ESC en todos los segmentos de vehículos y materializar todo su potencial de

seguridad. Como consecuencia de ello, la mayoría de los países de altos ingresos han establecido la obligatoriedad del ESC, aunque unos veinte años después de su primera introducción. El ESC está ahora siendo incorporado en alrededor del 60% de los nuevos vehículos de pasajeros a nivel mundial, beneficiándose de las economías de escala que han reducido los costos unitarios a menos de US\$ 50.

La tecnología que sigue al ESC es el freno de emergencia autónomo (AEB, por sus siglas en inglés). Esta tecnología emplea sistemas de láser/radar/cámaras para detectar posibles accidentes y frenar automáticamente si el conductor no reacciona a tiempo. Un estudio de 2016 realizado por Insurance Institute for Highway Safety (IIHS) (Instituto de Seguros en materia de Seguridad Vial), usando datos de accidentes reportados por la policía estadounidense, demuestra que el frenado automático redujo los accidentes por colisión trasera en alrededor de un 40% promedio (IIHS, 2016). Se estima que, si todos los vehículos estuvieran equipados con frenos automáticos que funcionaran tan bien como los sistemas estudiados, los accidentes por colisión trasera reportados por la policía en los Estados Unidos en 2013 se habrían reducido, al menos, en 700 000.

El AEB también ha abierto nuevas y significativas oportunidades para evitar y mitigar las lesiones de los peatones. Con sensores que detectan peatones, el sistema AEB puede reducir las velocidades de impacto en hasta 15 km/h y así contribuir a lesiones menos graves. El AEB complementará y maximizará los beneficios otorgados por las partes frontales de vehículos más suaves y “tolerantes” que ya están disponibles. Así, el efecto combinado de una mayor protección de los peatones contra los impactos y de la prevención de accidentes promete mayores logros en materia de seguridad de los peatones. Si el diseño de la infraestructura mantiene las velocidades vehiculares dentro de los límites que el cuerpo humano puede soportar, el resultado sería un Sistema Seguro.

Dado el trascendental rol del control de velocidad en un Sistema Seguro, las tecnologías que ayudan a los conductores a controlar la velocidad del vehículo son de vital importancia. Los sistemas de Asistencia Inteligente de Velocidad (ISA, por sus siglas en inglés) pueden proporcionar a los conductores información sobre los límites de velocidad vigentes, advertirles cuando el vehículo supera esta velocidad máxima y, si el sistema ISA estuviere activo, ayudar al conductor a permanecer por debajo del límite de velocidad. El Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte (ETSC, por sus siglas en inglés), citando pruebas de que los sistemas ISA podrían reducir el número de accidentes de tránsito en un 20%, apoya la introducción obligatoria de ISA en todos los vehículos comerciales nuevos a más tardar en 2017 y en los vehículos en general en 2020 (ETSC, 2015).

Los ABS en motocicletas constituyen otra prioridad, pues los estudios de accidentes fatales, reclamaciones de siniestros, y el desempeño en pistas de prueba confirman la importancia del sistema para los usuarios de vehículos motorizados de dos ruedas. Se ha estimado que, en los Estados Unidos, la tasa de accidentes fatales es un 37% menor en las motocicletas equipadas con ABS opcional que en los mismos modelos sin ABS (Teoh, 2011). Los siniestros por accidentes de motocicletas con ABS –23% menos frecuentes que las de motocicletas sin dicho sistema (HLDI, 2012) – respaldan dichas pruebas de efectividad.

### ***Sistemas Cooperativos Inteligentes de Transporte y Vehículos Automatizados***

La tecnología vehicular tiene una estrecha relación con el Sistema Seguro, tanto en términos de reducción de traumatismos como de apoyo al conductor en su comportamiento. A medida que los vehículos se vuelven más inteligentes, los Sistemas Cooperativos Inteligentes de Transporte (C-ITS, por sus siglas en inglés) y los vehículos automatizados (AV, por sus siglas en inglés) cambiarán la forma en que los conductores manejen los vehículos. Se espera que muchos de ellos se ocupen de algunas de las actuales fallas sistémicas en el tránsito de hoy y mejoren la seguridad vial.

Las tecnologías C-ITS utilizan comunicaciones inalámbricas para permitir a los vehículos intercambiar datos en cooperación con otros vehículos (V2V), infraestructura (V2I) o con múltiples terceros al mismo tiempo, incluidos otros vehículos, infraestructura, peatones, servicios basados en la nube y teléfonos inteligentes (V2X). Podrían informar, advertir o incluso tomar el lugar de los conductores en situaciones peligrosas y reducir la congestión vehicular optimizando la gestión del tráfico. Las aplicaciones de seguridad C-ITS incluyen:

- **detección de peligros y prevención de accidentes** (por ejemplo, asistencia de desplazamiento en intersecciones, asistencia en viraje a la derecha)
- **seguridad de usuarios viales vulnerables** (por ejemplo, indicación de aproximación de motocicletas, detección de peatones)
- **señalización en el vehículo** (por ejemplo, advertencia de zona de velocidad, advertencia de signo pare)
- **sistemas de alerta meteorológica en las carreteras** (por ejemplo, alerta meteorológica local).
- **sistemas de notificación posteriores al accidente** (por ejemplo, eCall).

Si bien a la fecha se ha obtenido sólo un puñado de resultados en materia de reducción de accidentes de las pruebas de campo a gran escala de C-ITS, existe gran confianza en que las aplicaciones C-ITS pueden reducir considerablemente el riesgo de accidentes y las consecuencias de las lesiones sufridas en los accidentes de tránsito.

En vehículos automatizados, el computador del vehículo, no el conductor, tiene el mando de uno o más aspectos del control del vehículo –por ejemplo, aceleración, frenado, dirección. *Society of Automotive Engineers* (Sociedad de Ingenieros Automotrices) (SAE, 2014) define seis niveles de automatización, siendo el Nivel 0 la falta de automatización del vehículo y el pleno control del conductor, y el Nivel 5, la automatización completa, es decir, el vehículo controla completamente la tarea de conducir, siendo innecesario que el conductor supervise el sistema o el camino. Sin embargo, la progresión a través de los niveles de automatización no será necesariamente lineal, ya que varios fabricantes de vehículos consideran la posibilidad de evitar la automatización nivel 3 en sus vehículos, pues son conscientes de los retos asociados a la compleja interacción hombre-máquina, en especial cuándo y cómo los conductores humanos deberían recuperar el control manual (véase FIT, 2015c).

Si bien los vehículos automatizados no estarán libres de accidentes, en general se espera que representen grandes beneficios para la seguridad vial, sobre todo a medida que aumenta el nivel de automatización. No obstante, los beneficios traídos por la reducción de accidentes de los vehículos automatizados Nivel 3 y superiores siguen siendo especulativos, ya que los vehículos altamente automatizados todavía no han recorrido distancias suficientes como para realizar estimaciones exactas de la reducción del número de accidentes.

Los vehículos automatizados constituyen un avance emocionante y, en última instancia, mejorarán las opciones de movilidad de muchos, incluidos los jóvenes y los ancianos. Sin embargo, pasará algún tiempo antes de que empiecen a materializarse los beneficios de seguridad esperados y, si bien los países pueden respaldar el desarrollo de vehículos automatizados, en el futuro esa inversión no debería obstar a que continúen las iniciativas desplegadas en otras áreas con miras a mejorar la seguridad y aplicar un Sistema Seguro. La transición hacia vehículos totalmente autónomos traerá nuevos desafíos con la interacción en el tránsito de vehículos automatizados y vehículos controlados por humanos, en que algunos humanos asumirán más riesgos al suponer que el vehículo automatizado los identificará y reaccionará para evitar posibles colisiones.



## Materialización de los beneficios inherentes a una mayor seguridad vehicular a nivel mundial

El ciclo de renovación de la flota es el factor más determinante en el ritmo de mejoramiento de la seguridad de los vehículos motorizados. En Europa, ha demorado alrededor de veinte años para que los automóviles más seguros estén plenamente incorporados en la flota de vehículos. Al inicio, la UE introdujo sus pruebas de impacto frontal y lateral para nuevos modelos en 1998 y, en 2003, para todos los automóviles en producción. Desde entonces, millones de nuevos automóviles –más seguros– se han tomado las vías públicas de Europa y a varios millones de vehículos más antiguos, que no cumplían con las normas, se les ha cancelado su permiso de circulación. Hoy en día, la gran mayoría de los automóviles de pasajeros de la UE pasan esas pruebas de choque.

La experiencia europea –en especial con el ESC– ilustra los beneficios de la normativa y, en última instancia, la necesidad de obtener todos los beneficios de los nuevos sistemas de seguridad. El principal organismo mundial encargado de las normas de seguridad automotriz es el Foro Mundial para la Armonización de la Reglamentación sobre Vehículos (WP29) organizado por la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE) en Ginebra. Dos acuerdos, aprobados en 1958 y 1998<sup>1</sup>, proporcionan el marco legal para que los estados miembros de la ONU apliquen voluntariamente una amplia gama de normas sobre vehículos motorizados.

Sin embargo, el *Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial 2015* (OMS, 2015) señala que sólo 40 de los 193 Estados miembros de la ONU aplican cabalmente estas normas de seguridad. De los que lo hacen, casi todos son países de altos ingresos. El informe de la OMS concluye que "existe una necesidad urgente de que todos los países apliquen normas vehiculares mínimas".

El limitado compromiso de regiones enteras del mundo con el proceso regulador de la ONU, especialmente de América Latina, Oriente Medio y la mayor parte de África, contribuye a este bajo nivel de uso. Ahora que los países de ingresos medios representan alrededor del 50% de la producción mundial de automóviles de pasajeros, resulta de suma importancia que en todo el mundo se apliquen al menos las normas de seguridad vehicular más importantes de las Naciones Unidas. En este contexto, cabe señalar dos cosas: primero, una gran parte de los vehículos inseguros retirados de circulación en los países de altos ingresos terminan en las vías de los países de ingresos medios y bajos; de los 13,4 millones de automóviles de la UE a los cuales se les canceló el permiso en 2006, 7 millones fueron desguazados, mientras que 6,6 millones desaparecieron o fueron revendidos fuera de la UE y ahora constituyen una amenaza para la seguridad vial en otras localidades. En segundo lugar, muchos fabricantes internacionales de automóviles que venden vehículos con altas normas de seguridad en países de altos ingresos ofrecen los mismos vehículos con menos sistemas de seguridad –por ejemplo, sin cinturones de seguridad en los asientos traseros– como equipamiento estándar.

El 15 de abril de 2016, la Asamblea General de las Naciones Unidas aprobó la resolución A/RES/70/260, titulada "Mejoramiento de la seguridad vial en el mundo", que incluye fuertes compromisos en materia de seguridad vehicular. En la recomendación número nueve, la resolución "Invita a los Estados Miembros que aún no lo hayan hecho a que consideren la posibilidad de adoptar políticas y medidas para aplicar las reglamentaciones sobre seguridad de los vehículos de las Naciones Unidas o las normas nacionales equivalentes para garantizar que todos los nuevos vehículos de motor cumplan las reglas mínimas aplicables para la protección de los pasajeros y otros usuarios de las carreteras, con cinturones de seguridad, airbags y sistemas de seguridad activa instalados de serie". La resolución es un llamado sin precedentes para incorporar tecnologías de seguridad vehicular como equipamiento estándar y es consistente con las acciones de seguridad vehicular propuestas en el Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial de las Naciones Unidas y también la hoja de ruta recomendada por el

Programa Global de Evaluación de Nuevos Automóviles para mejorar la seguridad vehicular a más tardar el 2020 (véase la Tabla 5.3).

Tabla 5.3. **Hoja de Ruta Recomendada de Regulaciones Vehiculares de Global NCAP al 2020**

Hoja de Ruta de Regulaciones de las Naciones Unidas* sobre vehículos seguros al 2020:	Todos los vehículos nuevos producidos o importados	Todos los vehículos producidos o importados
Impacto frontal (No. 94) Impacto lateral (No. 95)	2016	2018
Cinturón de seguridad y anclajes (No. 14 y 16)	2016	2018
Control electrónico de estabilidad (No. 13H/GTR. 8)	2018	2020
Protección de peatones (No. 127/GTR. 9)	2018	2020
Frenos antibloqueo de motocicletas (No. 78/GTR. 3)	2016	2018
Sistemas de frenos de emergencia autónomos	Altamente recomendados	Altamente recomendados

\*o normas nacionales equivalentes, tales como US FMVSSs.

### ***Generar más demanda de vehículos más seguros para una consecución más rápida de beneficios en materia de seguridad***

Con mayor celeridad, las comunidades pueden obtener mayores beneficios de seguridad vehicular si se compran más vehículos con niveles mejorados de seguridad a un ritmo más rápido. Además de la acción reguladora, hay un margen considerable para promover una mayor demanda de vehículos más seguros. En este sentido, las decisiones de compra de los gestores de flotas públicas y privadas constituyen un eficaz incentivo de demanda. Motivado por una mezcla de responsabilidad social corporativa y consideraciones de control de costos, un número creciente de organizaciones están introduciendo políticas de seguridad de la flota que, por ejemplo, exigen a los vehículos corporativos tener una calificación NCAP de cinco estrellas.

Tal política fue adoptada por BHP Billiton, la compañía extractiva más grande del mundo, y los gobiernos de Australia y Suecia. Sus decisiones políticas reflejan la recomendación del Plan Mundial de las Naciones Unidas para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial, que insta a los "responsables de gestión de las flotas de los sectores público y privado a que compren, utilicen y mantengan vehículos que ofrezcan tecnologías de seguridad modernas y altos niveles de protección de los pasajeros". Lo anterior también concuerda con la norma ISO 39001 para la gestión de seguridad vial, que identifica la seguridad vehicular como factor importante para los operadores de flotas que buscan reducir las víctimas fatales y lesiones en accidentes de tránsito.

Los incentivos financieros o fiscales también pueden acelerar la introducción de tecnologías de seguridad mejoradas o nuevas, especialmente si preceden a requisitos reglamentarios más estrictos o se introducen

simultáneamente con ellos. Esta es una práctica común respecto de las emisiones de los vehículos y las normas de calidad del combustible, igualmente aplicable a las normas de seguridad vehicular. Los incentivos pueden incluir menores impuestos a las ventas o impuestos de registro de los automóviles que cumplen las normas de seguridad avanzada. En 1985, el gobierno de Dinamarca decidió reducir el impuesto a los vehículos equipados con frenos antibloqueo (ABS). La reducción fue acorde al precio de compra del vehículo, con un límite de 1 000 euros (a precios de hoy). En 2003, el Gobierno danés introdujo una rebaja de impuestos de hasta 500 euros para los vehículos equipados con control electrónico de estabilidad (ESC). Hoy en día, se ofrece una rebaja de impuestos de hasta 500 euros por la compra de vehículos con una calificación NCAP de cinco estrellas.

Por último, pero no menos importante, la industria de seguros puede desempeñar un papel importante y, de hecho, debería tomar la iniciativa, reduciendo las primas a vehículos equipados con los últimos accesorios de seguridad. Como los sistemas de prevención de accidentes impiden o mitigan los accidentes, ayudan directamente a reducir las reclamaciones de siniestros y las compañías aseguradoras servirían a sus propios intereses, así como los de la sociedad, al traspasar algunos de estos ahorros a los clientes en forma de descuentos de primas a vehículos equipados con tecnología de punta en materia de seguridad.

Algunas compañías aseguradoras del Reino Unido, por ejemplo, están cambiando su sistema de clasificación colectiva para incentivar la compra de automóviles equipados con AEB. En Australia, luego de haber comprobado su eficacia, NRMA, una importante compañía de seguros, ofrece descuentos de entre el 10% y 15% por vehículos que cuenten con AEB como equipo estándar. Del mismo modo, el Royal Automobile Club de Australia Occidental (RAC WA) sólo asegura o financia automóviles con una clasificación de seguridad ANCAP de cuatro o cinco estrellas fabricados a partir de 2012.

### Usuarios viales seguros

Los seres humanos siempre han sido el eslabón débil de la seguridad vial, así como de otros sistemas sociotécnicos complejos. La gran y persistente variabilidad del desempeño de los seres humanos en materias de tránsito los han transformado en el mayor problema de seguridad, mientras que los componentes técnicos pueden diseñarse de modo de minimizar la variabilidad. El hecho de que los seres humanos no se comporten en forma segura dentro de los límites del sistema de transporte vial suele atribuirse a problemas de conocimiento, información o actitud. Durante mucho tiempo se ha considerado que los usuarios viales no poseen el suficiente conocimiento e información en situaciones específicas como para poder tomar decisiones racionales y correctas. Una decisión incorrecta también puede ser producto de una actitud inadecuada hacia una situación. Por lo tanto, gran parte de las iniciativas de seguridad vial se han centrado en mejorar la fiabilidad del comportamiento humano mediante normas, capacitación, seguimiento e información. La idea ha sido proporcionar a los usuarios viales suficiente información y conocimiento para asegurarse de que tienen la forma correcta de pensar y que siguen las normas y procedimientos para un comportamiento correcto. Si los usuarios viales infringen las normas, son sancionados en un intento por disuadir el comportamiento que viola el sistema y fomentar su cumplimiento (Read et al., 2013).

Sin embargo, los seres humanos no son un componente mecánico que puede ser condicionado para adoptar decisiones objetivas, correctas y congruentes en todas las situaciones. Los seres humanos se ven muy afectados por su entorno y el contexto en el que adoptan decisiones (Leveson, 2011). La tecnología, el contexto social y organizacional, la afiliación a grupos, los requisitos de productividad, la presión del tiempo, la legislación, el seguimiento, el riesgo de ser descubiertos, las consecuencias, el nivel de conocimiento del individuo, etc., son todos ejemplos de factores ambientales que influyen en el comportamiento humano.

La concepción del Sistema Seguro representa una nueva forma de ver y comprender el comportamiento de los usuarios viales. Considera la naturaleza de los errores humanos y va aún más allá al reconocer la falibilidad y fragilidad humanas y hacer suya la premisa de que los seres humanos no siempre son capaces de enfrentar las complejas demandas –sean físicas, cognitivas o psicológicas– que deben enfrentar en el sistema de transporte vial. El Sistema Seguro sostiene que, por esta razón, es necesario entender las capacidades humanas en función del sistema y la forma de adaptar las propiedades de este a dichas capacidades.

El Global Road Safety Partnership Advocacy Resource Centre (Centro de Recursos de Defensa para la Asociación Mundial por la Seguridad Vial) (GRSP, 2016) proporcionó un resumen completo de estudios de casos, hechos e investigaciones sobre el comportamiento del usuario vial, incluidos detalles de todos los principales factores de riesgo del usuario vial, como conducir bajo la influencia del alcohol, usar casco y cinturones de seguridad, exceso de velocidad, distracciones y sistemas de retención para niños. También incluye imágenes, videos, artículos noticiosos e información sobre áreas tácticas para actividades de apoyo.

Poner a los usuarios viales al centro del sistema es el paso más importante hacia un Sistema Seguro. El diseño antropocéntrico (a veces también llamado diseño centrado en el usuario o Ingeniería de Factores Humanos) admite que los sistemas deben reconocer explícitamente las fortalezas y debilidades humanas e incorporarlas en las soluciones ofrecidas. Este enfoque ha sido un “inquilino” central del diseño antropocéntrico por muchos años.

El objetivo inicial de un Sistema Seguro respecto de las personas que utilizan el sistema de transporte vial es ayudarles a cumplir las normas de tránsito y apoyarlos en el cumplimiento de las mismas, reconociendo sus capacidades y limitaciones, de modo que puedan cumplir con su parte de responsabilidad compartida entre los usuarios y los diseñadores de un Sistema Seguro. Este enfoque contribuye a identificar una serie de iniciativas e instrumentos que apoyan a los seres humanos y limitan la incidencia de errores críticos. Ello requiere de análisis exhaustivos para comprender los complejos mecanismos subyacentes a los errores humanos o el incumplimiento en diferentes situaciones; de lo contrario, las contramedidas podrían resultar ineficaces.

Estos análisis demostrarán que las medidas no conductuales –por ejemplo, el soporte técnico– pueden resultar más eficaces (véase el Recuadro 5.1). En un Sistema Seguro se puede emplear una variedad de iniciativas e instrumentos con objeto de guiar y apoyar a los usuarios viales para que empleen los caminos en forma segura. Estos incluyen diseño de infraestructura que invite a un uso seguro, límites de velocidad y diseño vial que estimulen las velocidades seguras, leyes y regulaciones de tránsito en materia de cumplimiento de seguridad, educación en seguridad vial, capacitación (y recapitación) y evaluación y, en última instancia, autorizaciones para un uso vial seguro. Tanto la aplicación general como selectiva son necesarias para limitar la incidencia de los errores críticos que más comúnmente causan lesiones graves. En un Sistema Seguro, debe haber un mayor reconocimiento de que el error humano no se eliminará sólo a través de medidas de comportamiento vial seguro (conductual) y que se debe hacer uso de otras partes de los sistemas.

La forma en que actualmente se clasifican los errores de los usuarios viales es otro factor importante que determina las medidas a adoptar. Se ha supuesto que, en todas las situaciones, el usuario vial puede, intencional o conscientemente, decidir si actuar bien o mal; es decir, que en última instancia, los errores son violaciones más o menos intencionales. En la realidad, los patrones son más complejos y el error humano puede catalogarse como:

- **Descuidos:** acciones no realizadas en forma prevista o planificada, por ejemplo, confundir las señales de tráfico y salir de una rotonda por la vía equivocada.
- **Lapsus:** acciones no realizadas u omisiones, por ejemplo, no hacer algo debido a lapsos de memoria o atención.
- **Errores:** acciones erróneas realizadas debido a un plan o acción defectuosos, por ejemplo, el que una persona crea estar en lo correcto cuando, en realidad, está equivocada.
- **Infracciones:** acciones ilegales deliberadas, es decir, el que una persona haga algo a sabiendas de que va contra de las reglas.

Siempre habrá errores que no pueden clasificarse fácilmente en una de estas categorías. Pasarse una luz roja o tratar de cruzar una intersección a pesar del tránsito en el otro sentido son ejemplos típicos de violaciones graves de tránsito que no son necesariamente intencionales. Olvidarse de usar el cinturón de seguridad, no encender las luces, perder el control en una carretera con hielo invisible son otros ejemplos de violaciones de tránsito sin intención real y que pueden tener consecuencias mortales. El problema es que casi siempre se consideran infracciones y, por lo tanto, intencionales. No obstante, las medidas para abordar estos temas varían dependiendo de la categoría en que se incluya un comportamiento dado. Por lo tanto, pasarse una luz roja en forma intencional puede abordarse de manera efectiva con cámaras, pero éstas sólo tendrán un efecto marginal en las infracciones involuntarias. Del mismo modo, a veces, el exceso de velocidad puede constituir una infracción, pero en otros casos puede ser resultado de un error.

Uno de los errores más comunes y críticos cometidos por los conductores es la determinación de la velocidad. Este es uno de los problemas de seguridad vial más antiguos, duraderos y difíciles de resolver. El exceso de velocidad es, quizás, el principal elemento de riesgo en todo el sistema de transporte vial. La relación entre velocidad y riesgo de lesiones graves está bien documentada. El exceso de velocidad aumenta tanto el riesgo de accidentes como la gravedad de las lesiones asociadas. En especial, las vías con alto volumen de conductores que exceden los límites de velocidad son las más peligrosas. Sin embargo, el exceso de velocidad es común a todos los tipos de vías públicas, e incluso en países que han invertido mucho en información, educación y vigilancia policial (es decir, medidas tradicionales de modelación del comportamiento) el problema del exceso de velocidad sigue siendo muy prevalente. Por este motivo, deben considerarse otras medidas sistémicas como caminos autoexplicables y adaptación inteligente de la velocidad. Lo mismo ocurre con la conducción bajo la influencia del alcohol en muchos países. Si bien existe una norma social clara sobre lo malo que es conducir bajo la influencia del alcohol, establecida a través de medidas tradicionales de modelación del comportamiento, dicha conducta sigue siendo un problema generalizado. Es muy probable que abordar ese problema con "más de lo mismo" sólo traerá resultados marginalmente mejores. En cambio, las intervenciones en otras partes del sistema vial – por ejemplo, sistemas técnicos incorporados a los vehículos que detecten y detengan a conductores borrachos ("Alco-cerraduras") – pueden conseguir resultados realmente efectivos.

#### Recuadro 5.1. Estudio de caso: Uso del cinturón de seguridad en Suecia

A mediados de la década de 1990, expertos suecos en seguridad vial descubrieron que, a pesar de un uso generalizado del cinturón de seguridad (aproximadamente 90% en los asientos delanteros), el uso de los cinturones de seguridad entre los pasajeros de automóviles muertos en accidentes era de sólo el 40%. Por esta razón, una coalición de partes interesadas que representaba al gobierno, investigadores, compañías de seguros, fabricantes de automóviles y proveedores de sistemas de retención abordó el problema. La tendencia inicial fue idear medidas de educación e información y planificar una campaña de información pública. Sin embargo, el grupo decidió encargar a "Swedish National Road and Transport Research Institute" (Instituto Nacional Sueco de Investigación en Vialidad y Transportes) (VTI) que realizara análisis más en profundidad. Un estudio detallado de los usuarios viales que no usaban cinturones de seguridad llegó a las siguientes conclusiones (Dahlstedt, 1999):

- Los usuarios que no usaban cinturones de seguridad tenían, en su mayoría, actitudes positivas o

incluso muy positivas hacia el uso de cinturones de seguridad.

- Los argumentos más comunes para no usar el cinturón de seguridad eran que se trataba de "un viaje corto" o "puro olvido".
- Sólo el 2,5% de los que no lo usaban se oponían firmemente a los cinturones de seguridad, lo que equivale al 0,2% de la población de conductores de Suecia.

Estas conclusiones se vieron posteriormente confirmadas por estudios de otros países. Basándose en estos resultados, el grupo llegó a la conclusión de que las medidas conductuales generales tendrían sólo un efecto marginal. En cambio, los pasajeros de automóviles requerían de un recordatorio cada vez que olvidaran ponerse el cinturón de seguridad. Esto llevó a que se especificara un recordatorio sobre el uso del cinturón de seguridad, posteriormente incluido en el protocolo de EuroNCAP. Por este motivo, los recordatorios de uso de cinturón de seguridad constituyen un equipo estándar en la mayoría de los modelos de vehículos que hoy existen en Europa.

Según un estudio de 2008, el cinturón de seguridad se usaba en un 97,5% de los automóviles con recordatorios sobre cinturón de seguridad y en un 85,8% de los vehículos que no poseían ese recordatorio (Lie et al., 2008). Estos resultados no se habrían logrado con las medidas conductuales tradicionales, subrayando así la importancia de analizar y comprender los mecanismos que subyacen a la conducta humana antes de adoptar medidas específicas y, por lo tanto, eficaces.

Uno de los conceptos importantes que emergen en algunos de los países que lideran el Sistema Seguro es el aporte de los diferentes niveles de exceso de velocidad a los traumatismos sufridos en los caminos. La creencia común de que las lesiones graves asociadas al exceso de velocidad son principalmente producto de acciones realizadas por un número relativamente escaso de personas que exceden por mucho el límite de velocidad es parcialmente correcta. Un informe pionero demuestra que las lesiones relacionadas con la velocidad, a nivel de población, se deben a un número relativamente reducido de personas que conduce en forma excesivamente veloz, pero también al impacto colectivo de una proporción bastante grande de conductores que exceden el límite de velocidad en hasta unos 10 km/h por sobre el límite de velocidad.

Esta idea emergente está reforzando la necesidad de velar por que el Sistema Seguro controle y responda al comportamiento de la población relativo a la velocidad, así como a los pocos que aceleran excesivamente.

Se ha sostenido que un factor importante en las bajas tasas de cumplimiento de los límites de velocidad es que dichos límites no resultan creíbles para los conductores. Un límite de velocidad "creíble" se define como aquel que coincide con las expectativas de los conductores en vista de la apariencia y sensación de vía o la situación del tránsito. Se ha demostrado que las características visuales tales como las marcas de la vía, el ancho de la pista y los objetos adyacentes al borde de la vía pueden tener efectos significativos en la velocidad de los conductores, independientemente de los límites de velocidad establecidos para los caminos. Estos efectos parecen surgir de la combinación de percepciones de riesgo de los conductores, su percepción de lo rápido que van, y las expectativas y hábitos formados por la exposición previa a caminos similares.

Las vías públicas que son "autoexplicables" incluyen los elementos de diseño específicos que los conductores entenderán como señal de cierto tipo de vía que requiere de cierto estilo de conducción. De esta manera, actúan como controles integrados en el comportamiento del conductor. El programa "Seguridad Sostenible" de los Países Bajos implica identificar una clara jerarquía funcional de las vías y, luego definir diseños viales asociados que promuevan de forma inherente las velocidades de funcionamiento deseadas para cada categoría vial y, finalmente, aplicar esos diseños viales en forma

consistente en todos los caminos con la misma función (véase la sección "Velocidades seguras" más adelante). El resultado es que las vías con la misma velocidad de funcionamiento se parecen mucho entre sí, mientras que las vías con diferentes velocidades de funcionamiento lucen muy distintas entre sí. Este enfoque ha sido probado en un distrito urbano de Nueva Zelandia con buenos resultados, obteniéndose una reducción del 43% en el número de accidentes y del 50% en los costos de los accidentes en un período de cinco años (véase el Recuadro 5.3).

Las vías rurales poseen el mayor riesgo de muertes y lesiones graves. Esto se debe a que se combina una alta variación de velocidades (producida por el exceso de velocidad y una amplia gama de usuarios viales) con la presencia de caminos poco tolerantes. Para abordar este problema, existen principalmente dos tácticas a considerar. La primera, llamada resistencia a los errores, identifica formas de evitar que los usuarios cometan errores que causen lesiones graves o la muerte. Este enfoque depende en gran medida de los cambios de infraestructura a través de la mejora de las superficies viales, la reingeniería del trazado de los caminos para mejorar la curvatura horizontal y la instalación de medianas y barandas para reducir la posibilidad de que los conductores dejen la pista por la que conducen.

Un segundo enfoque es mejorar la tolerancia al error de los caminos rurales. Este enfoque a menudo comprende cambios a los bordes de la vía, tales como la eliminación de peligros estáticos como zanjas y postes. Las mejoras en esta área, sin embargo, tienden a ser incrementales, no espectaculares, en parte debido a la multitud de formas en que las personas resultan heridas en un accidente. Un enfoque complementario es fomentar la incorporación en la flota de vehículos más seguros con airbags de impacto lateral, frenos antibloqueo y control de estabilidad como equipamiento mínimo. A medida que aumenta la edad de nuestros conductores, dicho equipo adquirirá más importancia pues los conductores de mayor edad son físicamente más frágiles y, por lo tanto, tienen más probabilidades de salir heridos en un accidente.

Las iniciativas de seguridad vial se han centrado en los conductores de vehículos motorizados privados. Ello es entendible, dado que los pasajeros de automóviles privados representan el mayor porcentaje de muertes y lesiones graves producto de accidentes de tránsito en la mayor parte de los países desarrollados. No obstante, hay una creciente apreciación de los problemas de seguridad vial asociados a otros usuarios viales, incluidos motociclistas, conductores de camiones, peatones y ciclistas. Ello se debe, en parte, a las tasas relativamente altas de accidentes que los involucran, pero también a los diversos beneficios que ellos aportan al usar diariamente los caminos. La distribución segura de mercancías es esencial para la economía de cualquier país; sin embargo, los conductores de camiones son propensos a la fatiga debido a las largas horas de trabajo. Asimismo, una mayor masa vehicular significa que las colisiones con otros usuarios viales, sean o no culpa del conductor del camión, son, casi siempre, graves o con resultado de muerte. Caminar y andar en bicicleta tienen claros beneficios para la salud pública, para reducir la congestión, proteger el medio ambiente y aumentar la interacción social; no obstante, a menudo las necesidades de estos usuarios viales no se encuentran plenamente incorporadas en la planificación, financiación y el diseño vial. La vulnerabilidad de peatones y ciclistas significa que las velocidades relativamente altas en muchos entornos viales existentes no representan un entorno seguro para ellos.

Sin embargo, un cambio hacia una visión más holística de la seguridad, el bienestar y la productividad económica parece estar en marcha y es posible que en el futuro, como resultado de un conocimiento más sofisticado de las repercusiones de los distintos sistemas de transporte sobre la vida de los seres humanos –para bien o para mal– se den mejores soluciones. Probablemente se otorgará mayor consideración a menores velocidades de circulación, mayores características de seguridad vehicular y mayor separación de los usuarios viales en lugares donde se prevé la existencia de peatones y ciclistas. Es probable que



muchos de los principios del Sistema Seguro que son efectivos para los conductores de vehículos –tales como las carreteras intuitivas y autoexplicables– puedan aplicarse en forma generalizada.

## Velocidades seguras

La velocidad es el corazón de un sistema de transporte vial tolerante. Transciende todos los aspectos de seguridad: sin velocidad no puede haber movimiento, pero con la velocidad viene la energía cinética y con la energía cinética y el error humano vienen los accidentes, lesiones e incluso la muerte. La velocidad interactúa fuertemente con todos los pilares de un Sistema Seguro y es fundamental para entender el concepto de un sistema de transporte vial tolerante.

La velocidad es un factor presente en el 100% de los accidentes y el 100% de las lesiones. Se estima que el exceso de velocidad (que incluye la conducción dentro de los límites de velocidad, pero a una velocidad excesiva para las condiciones imperantes) contribuye a alrededor del 30% de los accidentes con resultado de muerte (OCDE / CEMT, 2006)<sup>2</sup>. La velocidad de desplazamiento afecta la capacidad del conductor para procesar la información en forma precisa y confiable en el entorno del tránsito. El procesamiento de información de alto nivel por parte de los conductores resulta crítico para un desempeño seguro en un tránsito exigente desde el punto de vista cognitivo, por ejemplo, en entornos urbanos en que los peatones, ciclistas y otros usuarios viales altamente vulnerables son comunes.

La relación entre velocidad, frecuencia de accidentes y gravedad de las lesiones está bien documentada. Uno de los modelos de curvas más frecuentemente citados –el modelo de curvas de potencia de Nilsson que se muestra en la Figura 5.6– es un ejemplo derivado para todos los tipos de caminos. Las curvas por tipo de camino diferente y otros análisis de estos modelos se pueden encontrar en Cameron (2010) y Elvik (2013).

El control de la velocidad no tiene por enfoque reducir universalmente los límites de velocidad. Su objetivo es igualar la velocidad permitida con la necesidad de movilidad, el medio ambiente, la calidad de la infraestructura, la seguridad de la flota de vehículos y el riesgo de muerte y lesiones graves. Si la calidad de la infraestructura, combinada con los tipos y normas de los vehículos, resultara insuficiente para brindar el nivel de protección requerido a los usuarios viales en un entorno específico, se requerirá de controles de velocidad para establecer y hacer cumplir límites de velocidad apropiados.

### *Control de velocidad mediante el establecimiento y cumplimiento de límites de velocidad*

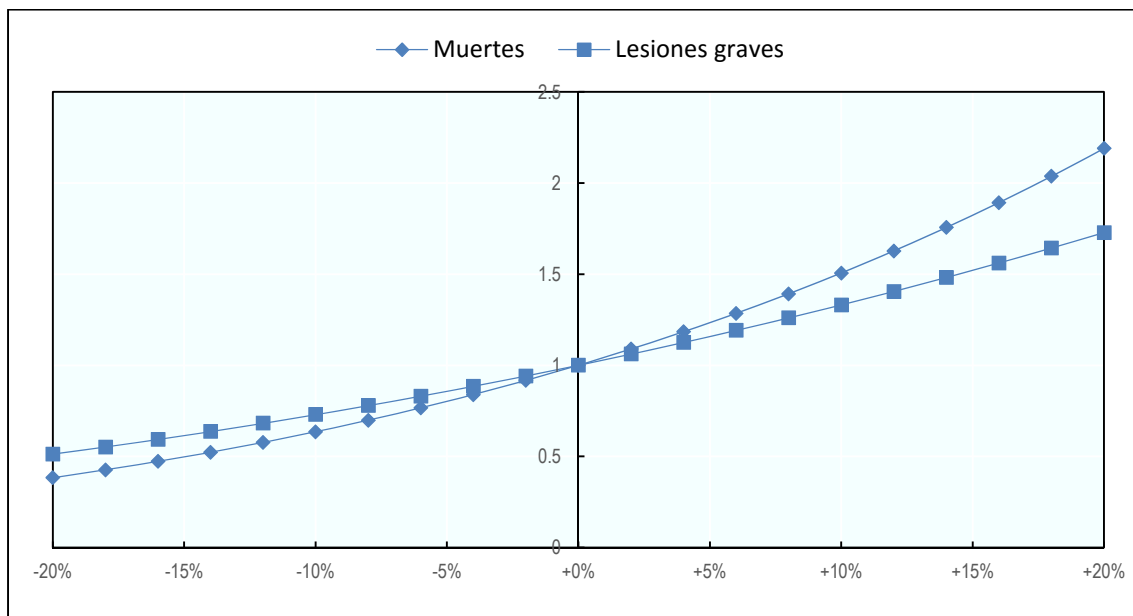
Deberían establecerse límites de velocidad basados en sólidas conclusiones científicas sobre el comportamiento y el desempeño humanos, así como límites de tolerancia biomecánica humana. A la inversa, no resulta aceptable –dado el estado actual del conocimiento sobre el papel crítico de la velocidad– establecer límites de velocidad sobre la base de la opinión popular o adoptando la velocidad elegida por el 85% de los conductores.

En todo el mundo, por décadas la experiencia ha sido que los límites de velocidad se ajustan principalmente según las actitudes de los conductores y sus preferencias personales por viajes a alta velocidad. Esta filosofía de satisfacer al público no ha funcionado bien en términos de seguridad. Las personas tienden a subestimar la probabilidad de que puedan sufrir un evento adverso que cause daños. Ello puede llevarlos a ignorar las precauciones que pueden ayudarles a evitar o reducir el riesgo de ocurrencia de estos eventos adversos. La mayoría de los conductores sobreestiman la velocidad segura y también creen que son mejores conductores que el promedio de la gente. Sin embargo, los conductores no son buenos percibiendo diversos riesgos, como, por ejemplo, los peligrosos objetos ubicados en los



bordes de la vía. Se requiere una nueva filosofía basada en pruebas y centrada en la "tolerancia" del sistema vial a los problemas característicos de los accidentes.

Figura 5.6. Relación entre cambio en velocidad media y lesiones en caso de accidente



Eje X: Cambio relativo de velocidad; Eje Y: Cambio relativo de número de lesiones en accidentes.

Fuente: Dr. David Logan (MUAR). Derivado de Cameron, M. y Elvik, R. (2010).

Pese a la magnitud del exceso de velocidad que se observa en los caminos, aún se reconoce a los límites de velocidad fijados como uno de los mecanismos más influyentes al decidir la velocidad de conducción. Los organismos autorizados para establecer límites de velocidad tienen el deber de informar, con mayor eficiencia, a los usuarios viales los riesgos que enfrentan al conducir en ciertos entornos, a velocidades específicas, incluso si se acatan los límites de velocidad. Permitir a los conductores que ejerzan su propio juicio para seleccionar la velocidad de conducción ha demostrado ser inadecuado. Sin embargo, esto es efectivamente lo que se espera de los conductores en muchas situaciones en las que el límite de velocidad es considerablemente mayor a una velocidad segura. El establecimiento de límites de velocidad para un sistema de transporte vial tolerante debe considerar:

- los **tipos de usuarios viales**, su comportamiento característico al circular y sus niveles de tolerancia a los tipos de accidentes previsible;
- la **calidad de la infraestructura en términos de seguridad**, en especial su capacidad de tolerar los errores humanos previsible, y crear así condiciones de bajo riesgo para todos los usuarios viales;
- la protección contra impactos y capacidad de las flotas de vehículos de evitar los accidentes.

Un ejemplo de establecimiento inadecuado de límites de velocidad se encuentra en las zonas rurales, donde a menudo se permiten altas velocidades en caminos estrechos y de baja calidad, con bermas de grava inestable como único espacio de recuperación entre el vehículo y las interminables líneas de árboles, postes para servicios públicos, canales de drenaje y muchos otros peligros. En países como los Países Bajos y Suecia, los límites de velocidad estándar en zonas rurales con estos entornos se fijan en 70 o 80 km/h, mientras que, en países como Australia y Nueva Zelanda, en que el terreno puede ser muy difícil, el límite de velocidad rural estándar es de 100 km/h, independientemente de las condiciones del

camino y los bordes de la vía. Si un vehículo se sale del camino a estas velocidades más elevadas, las fuerzas de impacto con objetos no tolerantes serían muy superiores a las tolerancias biomecánicas.

Una vez fijados adecuadamente, para ser efectivos, los límites de velocidad deben ser respetados. Para que los usuarios viales los cumplan a cabalidad, deben ser respaldados por elementos del Sistema Seguro. Incluso el exceso de velocidad en unos cuantos kilómetros provoca aumentos desproporcionadamente considerables en el riesgo al que se exponen las personas. Si el exceso de velocidad es cometido en forma frecuente y por gran parte de los usuarios viales, el efecto agregado sobre el riesgo del sistema es importante. A menudo se subestiman y no se entienden las implicaciones que un exceso de velocidad de pocos kilómetros tiene para la seguridad.

Las cámaras que detectan los excesos de velocidad son una herramienta eficaz para ayudar a que se acaten los límites establecidos. Suecia ha desarrollado un modelo general de disuasión para operar su programa nacional de cámaras (que comprende alrededor de 1 300 cámaras a partir de diciembre de 2015) con el objeto de aumentar el cumplimiento general entre el público motorizado en largos trechos de la red de caminos. La Dirección de Transporte de Suecia y la policía sueca han ampliado el sistema a unas 2 000 cámaras. Las cámaras están ubicadas a intervalos de aproximadamente cinco kilómetros en carreteras con altas velocidades promedio y alto riesgo de accidentes. La instalación de cada nueva cámara se informa públicamente a través de sitios web y los medios de comunicación. Las cámaras también están claramente marcadas y a veces están activas y a veces inactivas, pero los usuarios viales no pueden percibir su real estado de funcionamiento. De esta forma, se puede lograr un alto efecto de disuasión general y controlar el número total de infracciones emitidas anualmente para no exceder la capacidad de procesamiento de la policía. Debido a que el número de infracciones por año es limitado y que las ubicaciones de las cámaras están señalizadas, es difícil alegar que se emplean cámaras de velocidad para recaudar ingresos.

El sistema ha sido cuidadosamente adaptado para lograr la máxima eficacia a través de la impredecible conexión y desconexión de cámaras y así lograr un efecto de disuasión amplio, con especial atención a los miles de kilómetros de caminos rurales en Suecia que, a largo plazo, no tienen posibilidad de recibir fondos adecuados para modernizar la infraestructura tolerante exigida por "Visión Cero". El control centralizado y en tiempo real de las velocidades en cada sitio en que se ubica una cámara proporciona datos que también se emplean para determinar la estrategia óptima de activación de la cámara. El programa sueco de cumplimiento de límites de velocidad ilustra la forma en que se puede fomentar una cultura de conducción responsable en un Sistema Seguro. En el Recuadro 5.2 se ofrece otro ejemplo de un programa efectivo de cámaras aplicado en Francia.

Se dispone de una amplia gama de tecnologías para ayudar a los conductores a acatar los límites de velocidad. Las tecnologías incluyen Asistencia Inteligente de Velocidad (ISA), cámaras móviles y fijas de detección de exceso de velocidad, cámaras de velocidad de punto a punto y sistemas de publicación de advertencias, todos fácilmente asequibles y capaces de ser empleados para ayudar a conductores a viajar con pocos riesgos.

### ***Gestión de la velocidad mediante el diseño de la infraestructura***

Los límites de velocidad no sólo deben ser seguros, sino que también deben ser creíbles para los usuarios viales. Un límite de velocidad es creíble si cumple las expectativas evocadas por las características del camino y su entorno inmediato. Los Países Bajos han desarrollado un proceso para establecer límites de velocidad seguros y creíbles (Aarts et al., 2009). La Figura 5.7 muestra ejemplos en que las velocidades no son creíbles.

Figura 5.7. Ejemplos de límites de velocidad no creíbles



Nota: Ambos son caminos urbanos con un límite de velocidad de 50 km/h, pero cada uno tiene un carácter completamente distinto.

Crédito de la foto: Paul Voorham, Voorburg.

Los límites de velocidad creíbles son un elemento importante de los caminos autoexplicables. Una red de caminos del Sistema Seguro con caminos autoexplicables responde a las expectativas de los usuarios viales y evoca conducir en forma coherente con las normas legales y la seguridad del camino. Garantizar una velocidad adecuada debe comenzar con una clara jerarquía de caminos, que separe los caminos con una función de flujo de los que tengan una función de acceso. En los Países Bajos, que pretenden que sus caminos sean autoexplicables, existen tres categorías de caminos:

- Los **caminos directos** permiten el viaje entre el punto de origen y de destino de la manera más rápida y segura posible (el tránsito tiene la máxima prioridad).
- Los **caminos de acceso** proporcionan acceso (directo) a los edificios en los lugares de origen y de destino; lo más importante es la residencia (el tránsito es un huésped aquí).
- Los **caminos de distribución** se conectan a través de caminos y vías de acceso (flujo en secciones de caminos e intercambio en intersecciones).

Cada categoría de camino debe tener una apariencia visual distintiva, diferente, e invocar distintos comportamientos en materia de velocidad. Las calles residenciales, por ejemplo, bien pueden ser flanqueadas de árboles que sirven para incentivar la conducción a una velocidad menor y que resulta muy difícil que sean un peligro para el tránsito a velocidades inferiores a 40 km/h. Las investigaciones realizadas demuestran que se pueden identificar características específicas del camino y el entorno que influyen en la credibilidad (SWOV, 2012). La Tabla 5.4 describe cinco “aceleradores” (elementos del camino que intuitivamente evocan una velocidad más alta) y “desaceleradores” (elementos que intuitivamente evocan una velocidad más baja) que ofrecen lineamientos, también para una modernización.

Si bien no es posible reconstruir nuestro sistema vial de la noche a la mañana, sí se pueden modernizar las vías con características de ingeniería tales como reguladores de velocidad, estrechamiento de caminos, puntos lentos con ángulos y minirrotondas en calles residenciales locales. En el recuadro 5.3 se describe un ejemplo de creación de una red de caminos “autoexplicables” a través de la modernización en Nueva Zelanda. Otros métodos de control de velocidad a través de la infraestructura incluyen medidas perceptivas tales como marcas de caminos o postes cercanos a ubicaciones peligrosas, dispositivos electrónicos de información sobre velocidad y desplazamientos verticales como plataformas de velocidad en situaciones de conflicto, tales como cruces peatonales e intersecciones.

### Recuadro 5.2. Estudio de caso: Programa de cámaras de detección de exceso de velocidad en Francia

El programa francés de cámaras para detectar el exceso de velocidad (SCP) representa una de las innovaciones más importantes y eficaces de la política de seguridad vial del país durante la década. Se calcula que en el período 2003-2010 se evitaron 16 000 muertes y más de 62 000 lesiones leves y graves gracias a este programa (Carnis y Blais, 2013).

El programa fue aplicado en un contexto institucional específico, marcado por la dimensión interdepartamental de la seguridad vial, acuerdos específicos de gobernanza e intervenciones del gobierno local. El SCP representó una reacción ante el desempeño relativamente desfavorable de la seguridad vial comparado con otros países europeos y una fuerte crítica a la ineficiencia en el cumplimiento de las normas de tránsito (Delorme y Lassarre, 2009; Carnis, 2007; Ternier, 2003). Un factor importante fue el apoyo de grupos de defensa de víctimas de accidentes de tránsito (Carnis, 2012). No menos importante es que el SCP fue impulsado por el fuerte compromiso del Presidente Jacques Chirac, quien declaró públicamente que la seguridad vial era una prioridad en su discurso del 14 de julio, el apoyo de los medios de comunicación y la fuerte reacción del público francés ante una serie de accidentes de alto perfil.

El SCP puede ser considerado como un componente básico del enfoque francés de un Sistema Seguro. Ha contribuido a que se reduzca considerablemente el número de víctimas, ya que se relaciona directamente con la significativa disminución de la velocidad al conducir. Esta disminución se produjo para cada categoría de conductor y los distintos tipos de caminos de las redes. También se observó una gran caída de las tasas de infracciones a los límites de velocidad en el período 2002-12. La automatización casi completa del proceso de control de velocidad puso fin a prácticas ineficaces y a la indulgencia demostrada hasta ahora por la policía y el sistema judicial. El SCP ha mejorado así las operaciones de cumplimiento y ha permitido una aplicación más estricta de la ley. Con más de 4 000 cámaras en funcionamiento, la automatización del control de tránsito también amplía la capacidad de la policía de hacer cumplir la ley y permite un mayor y mejor control de la red de caminos. El número de infracciones emitidas creció diez veces durante el período 2003-10.

La enumeración de los factores institucionales que explican la exitosa implementación del SCP francés debe comenzar con el vital apoyo brindado por el Presidente Chirac al nivel político más alto, el cual recibió el apoyo político complementario de los ministerios competentes. La creación de una autoridad específica –la Dirección de Proyectos Interministeriales de Control Automatizado (DPICA)– encargada del proceso de implementación y la gestión del programa (indicadores de rendimiento, financiación específica) fue un tercer elemento. El SCP francés se caracteriza así por una colaboración sostenida entre los diferentes organismos interesados (Carnis, 2009).

El SCP también enfrenta algunos desafíos que pueden servir de lecciones para otros países. El compromiso político debe ser sostenido y transversal a los partidos políticos a fin de evitar las objeciones de grupos de presión bien organizados y la instrumentación durante las campañas electorales. La colaboración interdepartamental debe ser protegida contra la "captura" de un solo departamento que podría derivarse de reorganizaciones administrativas. La evaluación es crucial porque promueve la transparencia y mejora el funcionamiento del programa posibilitando las correcciones y ajustes. La evaluación puede ayudar a generar apoyo público y aumentar el nivel de aceptación popular del control de los límites de velocidad. La dimensión de ingresos sigue siendo un tema importante para todos los programas de cámaras. El público a menudo ve las cámaras como una "máquina de dinero" para el gobierno y un impuesto oculto a los conductores. Las autoridades tienen que demostrar que estos programas son rentables y producen un rédito para la sociedad en general al reducir los daños. Los ingresos generados por los SCP también pueden utilizarse para financiar medidas de seguridad vial y campañas de comunicación.

Independientemente del programa de cámaras, Francia ha adoptado medidas para conseguir un mejor equilibrio entre la calidad de vida y el tránsito de vehículos motorizados. El 2015, se aprobó un proyecto de ley para permitir a las autoridades locales establecer límites de velocidad generales de 30 km/h. Las directrices ahora expresan claramente que los 50 km/h deberían restringirse a los caminos urbanos donde los vehículos motorizados sean prioridad. Desde entonces, Grenoble ha optado por adoptar un límite de velocidad de 30 km/h, excepto en algunas vías urbanas principales.

Tabla 5.4. Elementos de infraestructura vial y su influencia en la velocidad

Elementos del camino	Aceleradores (evocan intuitivamente mayores velocidades)	Desaceleradores (evocan intuitivamente menores velocidades)
<b>Tangentes</b>	Tangentes largas	Tangentes cortas
<b>Limitantes físicos de velocidad</b>	Limitantes físicos de velocidad ausentes	Limitantes físicos de velocidad presentes
<b>Apertura de la situación</b>	Entorno vial amplio y abierto	Entorno vial estrecho y cerrado
<b>Ancho del camino</b>	Amplio	Estrecho
<b>Superficie del camino</b>	Superficie pareja	Superficie dispareja

### Respuesta tras los accidentes

Una gestión apropiada de las víctimas tras un accidente de tránsito es un factor determinante tanto de la probabilidad de supervivencia como de la calidad de vida en caso de sobrevivir (ETSC, 1999; ETSC, 2001). Por el contrario, el funcionamiento inadecuado del sistema de atención de accidentes conduce a más muertes y lesiones graves, que podrían evitarse.

En muchos países y ciudades, los traumatismos por accidentes de tránsito pueden representar un porcentaje significativo de pacientes en hospitales y otros centros de tratamiento. En Victoria, Australia, el 43% de los principales traumatismos observados en los hospitales se relaciona con el transporte (Departamento de Salud, 2014). El transporte representa el 70% de las lesiones de la médula espinal en África (OMS, 2013a).

El sistema encargado de tratar médicamente las lesiones provocadas por accidentes de tránsito se conoce como gestión de traumatismos (GT) o atención traumatológica post accidentes. Por lo general, cubre el tratamiento médico inicial proporcionado por los Servicios Médicos de Emergencia (SEM) en el lugar del accidente y durante el traslado a una instalación médica permanente, y el tratamiento posterior brindado por centros médicos permanentes (hospital, centros traumatológicos). La respuesta tras los accidentes es un componente importante del Sistema Seguro, ya que puede ayudar a evitar la muerte y reducir la magnitud y gravedad de las lesiones graves producidas por accidentes. Es también uno de los pilares del Plan Mundial de las Naciones Unidas para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial.

En el informe *Estrategia de seguridad para caminos rurales* (OCDE, 1999) se puso de manifiesto la importancia de los servicios de emergencia al indicar las diferencias entre la supervivencia de los accidentes graves (mortales y graves) en las zonas rurales y urbanas. El estudio *Reducción de la gravedad de las lesiones producto de accidentes de tránsito mediante atención tras accidentes* (ETSC, 1999) puso de relieve las acciones basadas en evidencia para la organización de la atención óptima traumatológica en la Unión Europea. El Programa de Acción Europeo de 2003 (CEC, 2003) afirmó que se podrían ahorrar miles de vidas en la UE mejorando los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia y otros elementos de la atención tras un accidente de tránsito. El Informe Mundial sobre la Prevención de Lesiones ocasionadas en Accidentes de Tránsito (Peden et al., 2004) indicó la importancia de mejorar la atención médica prestada tras los accidentes.

### Servicios de respuesta tras accidentes

El término "respuesta tras accidentes" se utiliza para describir la amplia gama de servicios que pueden prestarse a los sobrevivientes de un accidente. Estos servicios se han dividido en cuatro subcategorías: apoyo jurídico y legislación, investigación e información, capacitación y equipo de respuesta ante emergencias, y atención de lesiones y salud mental.

Una legislación reflexiva puede contribuir en gran forma a mejorar la respuesta tras accidentes, y de varias maneras. Muchos países –como el Reino Unido, por ejemplo, con su Fire and Rescue Services Act 2004 (Ley de Servicios contra Incendios y de Rescate de 2004) – establecen la obligación legal de los servicios de emergencia de intervenir para salvar vidas y tomar parte en las tareas de prevención. Otras leyes de apoyo útiles pueden incluir el reconocimiento de la protección para aquellos que ofrecen ayuda (Leyes del Buen Samaritano) y el deber de asistir a los heridos, la formación en primeros auxilios y las exigencias de equipamiento para ciertos conductores o vehículos; protocolos que describan los estándares mínimos de atención prehospitalaria y en centros médicos; y mecanismos de financiamiento para garantizar el acceso universal a la atención gratuita de emergencia.

La investigación constituye otro recurso que se puede emplear eficazmente para mejorar la respuesta ante accidentes. La recopilación de datos tras un accidente y su análisis científico, en particular, resulta esencial para mejorar varios aspectos de cómo se maneja la fase posterior al accidente. Los sistemas de vigilancia de lesiones, los registros de traumatismos y los programas de mejora de calidad contribuyen a aumentar el conocimiento sobre lesiones y a una mejor atención al paciente, que puede emplearse para optimizar los servicios de atención tras accidentes e informar estrategias de prevención de lesiones.

Los servicios de emergencia bien equipados y entrenados son la piedra angular de una respuesta exitosa ante accidentes. Sin embargo, en 28 de los 179 países que figuran en el *Informe de Situación Mundial sobre Seguridad Vial*, menos del 11% de las víctimas de accidentes que sufren lesiones graves son trasladadas al hospital en ambulancia (OMS, 2015). Muchos países de bajos y medianos ingresos carecen de equipo para responder oportunamente a los accidentes de tránsito y así prevenir muertes o lesiones más graves. Los sistemas para empoderar a los transeúntes en respuesta a los accidentes son insuficientes. Los servicios de respuesta a emergencias deben estar equipados para ofrecer, al menos, la principal capacidad de respuesta nacional ante accidentes. A menudo los servicios de emergencia y equipo especializado, como el equipo de extracción de víctimas, también carecen de capacitación. La capacitación debe ser interdisciplinaria, de modo de permitir una respuesta eficaz de múltiples organismos ante los accidentes de tránsito. Las mejoras en estas áreas pueden contribuir a reducciones significativas de víctimas, como en el caso de la República de Moldavia, en que la asistencia de FIRE AID con equipo y capacitación para servicios de emergencia ya ha salvado muchas vidas (véase <http://fire-aid.org/projects/republic-moldova>).

La prestación de asistencia de salud debería organizarse e integrarse en todo el espectro, desde la prevención de lesiones hasta la atención prehospitalaria, hospitalaria y de rehabilitación. La efectividad de tal cadena y los resultados para los heridos dependen de la fuerza de cada uno de sus eslabones. Los supervivientes de accidentes de tránsito también pueden experimentar Trastorno de Estrés Postraumático (TEPT), que no sólo aumenta su sufrimiento (y el de sus familias), sino que también puede afectar su capacidad productiva y, por tanto, aumentar las consecuencias económicas de las lesiones. Por lo tanto, la respuesta ante accidentes debería incluir la gestión del estrés agudo y la pena, el apoyo psicosocial profesional permanente, el manejo del TEPT y grupos de apoyo.

### ***Proceso y beneficios de la respuesta tras accidentes***

Es habitual distinguir entre lesiones fatales y no fatales y diferenciar tres fases en las que se puede producir la muerte por traumatismos provocados por accidentes de tránsito (OCDE, 1999; Sasser et al.,

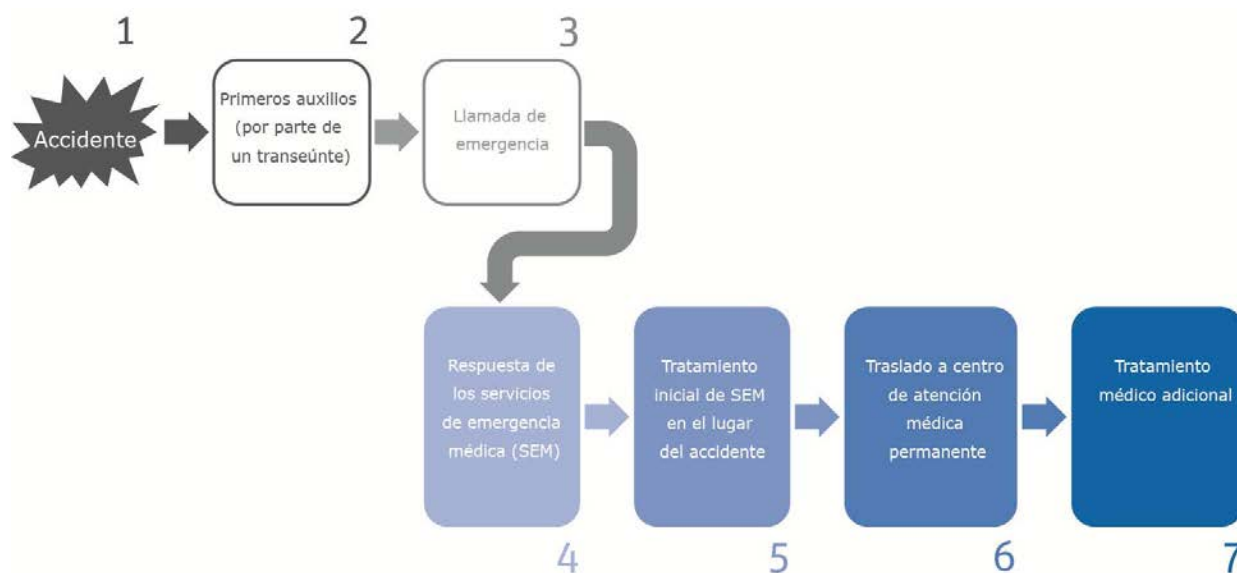
2005). La primera fase comienza inmediatamente, en los segundos y minutos que siguen a la lesión, cuando la muerte se produce en forma inmediata o con rapidez debido a una lesión de suma gravedad. La muerte en este período suele deberse a lesiones del cerebro, sistema nervioso central, corazón, la aorta u otros vasos sanguíneos importantes. Sólo en unos pocos de estos pacientes el tratamiento resulta exitoso y, por lo general, sólo en las grandes urbes, que cuentan con transporte y tratamiento de emergencia muy rápidos.

La segunda fase crítica ocurre una o dos horas después del incidente. La muerte en estos casos es producto de lesiones graves en la cabeza, el pecho, abdominales, fémur y pelvis fracturados, o lesiones múltiples asociadas a pérdida importante de sangre. Las tasas de supervivencia durante este período dependen claramente de una intervención médica adecuada en una etapa temprana (OCDE, 1999).

La tercera fase, en que generalmente se producen muertes producto de las lesiones, corresponde a varios días o semanas después de la lesión inicial. Las principales causas de muerte en esta fase incluyen la muerte cerebral, insuficiencia sistémica y sepsis generalizada. Que mejoren las tasas de supervivencia durante este período depende, principalmente, de la calidad del tratamiento hospitalario. Por ejemplo, un estudio nacional de evaluación llevado a cabo en Estados Unidos concluyó que el riesgo ajustado de muerte en los centros traumatológicos fue significativamente menor que en los centros que no contaban con dicha especialidad (MacKenzie et al., 2006).

Por lo tanto, existe la posibilidad de reducir las muertes mediante un tratamiento médico temprano y adecuado, al menos para los pacientes de la segunda y tercera fases posteriores al accidente. Resumiendo las estimaciones publicadas, Hakkert et al. (2007) concluyeron que entre el 35 y el 50% de los casos podrían ser considerados como "tratables", es decir, que ocurren durante las fases dos o tres y, por lo tanto, pueden ser influenciados (y parcialmente reducidos) por un mejor sistema GM.

Figura 5.8. Cadena de eventos posteriores al accidente



Fuente: Hakkert et al. (2007).

En la Figura 5.8 se muestra una típica cadena de eventos posteriores al accidente. Los factores de riesgo en la fase prehospitalaria incluyen la falta de servicios de emergencia efectivos y oportunos, la falta de comunicación (por ejemplo, celulares) y la falta de seguro de salud en los países que carecen de servicios

universales básicos de salud. Los factores de riesgo hospitalarios incluyen la falta de personal médico debidamente capacitado, particularmente en medicina de emergencia y manejo de traumatismos, y la falta de equipo médico adecuado. Si bien estos factores varían entre los países de ingresos bajos y altos, también varían según los países y entre las zonas urbanas y rurales.

Los sistemas "Mayday" tienen por objetivo reducir el tiempo entre el accidente y la prestación de los servicios médicos. Al mejorar la transferencia de información entre médico de atención traumatológica y el servicio médico de emergencia, también buscan un tratamiento más rápido y adecuado. Las llamadas automáticas de notificación de accidentes, que actualmente se implementan en Europa (véase Recuadro 5.4), hacen extensivos los beneficios de los sistemas Mayday al proporcionar a quienes atienden los casos de emergencia datos sobre la ubicación y gravedad del accidente y la naturaleza de las lesiones sufridas (ERSO, 2006-4). Se estima que este sistema reducirá entre el 4 y el 8% de las muertes producto de accidentes de tránsito y entre 5 y 10% de las muertes de pasajeros de vehículos en Finlandia (OCDE, 2008).

Otras contramedidas eficaces en la fase prehospitalaria incluyen la capacitación del personal de servicios de emergencia en manejo de traumatismos. Los servicios de helicópteros en países de ingresos más altos están demostrando ser rentables, sobre todo en un radio de 200 km de los principales hospitales, ya que proporcionan un transporte rápido de larga distancia al centro de tratamiento médico especializado y evitan retrasos asociados a la congestión vehicular.

La atención hospitalaria puede mejorarse capacitando equipos de manejo de traumatismos con el curso de Apoyo vital avanzado en casos de traumatismos del Colegio Estadounidense de Médicos Cirujanos, ampliamente reconocido como estándar para este tipo de capacitación. También es esencial disponer de fondos suficientes para los recursos físicos, incluidos los equipos y suministros médicos, y para la formación del personal médico. Los avances en técnicas quirúrgicas, el manejo de los traumatismos y la tecnología, todos ellos informados por la investigación, también están mejorando la atención hospitalaria de las víctimas de accidentes y otros traumatismos. Las reseñas de los paneles indican una reducción promedio del 50% en muertes que, médicamente, podrían haberse evitado y los estudios de registro de traumatismos señalan una reducción de alrededor del 15-20% (OCDE, 2008).

Resumiendo las conclusiones de los estudios sobre traumatismos específicos (presentados en Hakkert et al., 2007) y otras pruebas sobre los cambios en las muertes por accidentes de tránsito antes y después de introducir cambios en la atención traumatológica (Chiara et al 2002; McDermott et al., 2007), se puede afirmar que entre el 5 y el 10% de las muertes pueden catalogarse como definitivamente evitables y un mayor porcentaje de las muertes, como posiblemente evitable gracias a un mejor manejo traumatológico.



### Recuadro 5.3. Estudio de caso: Modernización de caminos autoexplicables en Nueva Zelanda

Point England, un suburbio de Auckland (Nueva Zelanda), posee un alto índice de accidentes de tránsito. La falta de diferenciación entre "la apariencia y sensación" de los caminos locales y las vías colectoras dio origen al exceso de velocidad y el uso de calles locales como atajos. Asimismo, existían grandes variaciones de velocidad en todos los tipos de caminos.

Luego de un extenso análisis y como resultado del compromiso público y proceso de diseño, se creó una plantilla de Caminos Autoexplicables (SER, por sus siglas en inglés) del área. El objetivo era crear caminos locales y vías colectoras claramente diferenciadas (como se muestra a continuación) con límites de velocidad de 30 km/h en los caminos locales y 40 km/h en vías colectoras. Otros resultados deseados eran una menor variación en la velocidad de circulación y entornos más atractivos para caminar, andar en bicicleta y socializar. Dentro del área del proyecto se trataron aproximadamente 11 kilómetros de caminos.

En los caminos locales, las velocidades medias se redujeron considerablemente a unos 30 km/h, mientras que las de las vías colectoras se mantuvieron en unos 50 km/h. La variación de velocidad en todos los caminos tratados es ahora mucho menor, lo que refleja el comportamiento esperado en cada uno de los distintos tipos de caminos. En los caminos locales, ahora hay menos tránsito y más movimiento de peatones. Los datos de vídeo revelan que los peatones también parecen estar menos constreñidos y que los vehículos a menudo ceden su preferencia a los peatones. Los residentes ahora otorgan una mayor calificación al aspecto y sensación de su vía que antes de crearse SER. En los cinco años siguientes al término del proyecto SER, el número de accidentes ha disminuido en un 43% y los costos de los accidentes en un 50%, y sólo se han producido accidentes leves durante este período.

Figura 5.9. Caminos autoexplicables en Auckland, Nueva Zelanda



Izquierda, camino local; derecha, vía colectora.

Un beneficio clave del proyecto SER en Point England es que se cumplió a un costo similar al de los tradicionales reductores de velocidad, que son generalmente menos efectivos y gozan de menos popularidad entre los residentes. Es probable que un mayor desarrollo del proceso SER y su aplicación práctica dé como resultado mayores ahorros e incluso mejores diseños. Basándose en la experiencia de Point England, se está implementando un nuevo proyecto en Auckland, llamado "Future Streets" (Calles futuras), que lleva aún más lejos el concepto SER al hacer los caminos comunitarios más seguros y brindar más facilidades para caminar y andar en bicicleta. Comprendiendo los posibles beneficios para la seguridad vial, la salud y el medio ambiente, un grupo de medidas en las áreas de tratamiento y control incluyen víctimas, velocidad de circulación, caminar y andar en bicicleta, interacción con los usuarios viales, encuesta a residentes (actividad física, patrones de viaje, percepciones del vecindario) y la contaminación atmosférica. La elaboración ya se encuentra en curso y el estudio a corto plazo se completará a más tardar el 2018.

#### Recuadro 5.4. Notificación automática de accidentes vía eCall en Europa

El 28 de abril de 2015, el Parlamento Europeo votó a favor de la norma eCall, la cual exige que todos los vehículos nuevos estén equipados con tecnología eCall a partir de abril de 2018. Para esa fecha, eCall planea funcionar a la perfección en toda la Unión Europea (UE).

En caso de accidente, los vehículos equipados con eCall establecerán automáticamente una conexión con el centro de emergencias más cercano. Incluso si ningún pasajero es capaz de hablar, se transmitirá un "conjunto mínimo de datos", incluida la ubicación del sitio del accidente. Los servicios de emergencia se informan así en tiempo real del accidente y de su localización. eCall también se puede activar pulsando un botón, es decir, desde un coche equipado con eCall cuyo conductor sea testigo de un accidente.

Así, eCall puede reducir los tiempos de respuesta de los servicios de emergencia en un 50% en las zonas rurales y en un 60% en las zonas edificadas. Se espera que la rapidez de la respuesta ahorre cientos de vidas en la UE cada año. La gravedad de las lesiones se reducirá considerablemente en decenas de miles de casos. eCall no permite realizar un seguimiento de vehículos en condiciones normales de conducción.

### Adoptar un enfoque aplicable a todo el sistema para abordar los principales tipos de accidentes

Las personas por lo general fallecen y resultan gravemente heridas en cuatro principales tipos de accidentes: 1) usuarios vulnerables de la vía (incluidos peatones, ciclistas y motociclistas) golpeados por vehículos motorizados; 2) accidentes en intersecciones (por lo general, impactos laterales); 3) accidentes por salirse de la vía (y, típicamente, colisionar con objetos peligrosos en el borde de la vía); y 4) accidentes frontales. Estos accidentes ocurren en las redes viales de todo tipo, desde caminos residenciales locales hasta calles comerciales, corredores de la ciudad a rutas interurbanas. El manejo de estos tipos de accidentes prioritarios es fundamental para desarrollar un Sistema Seguro. Las secciones que siguen indicarán cómo utilizar diferentes partes y combinaciones de partes del sistema para combatirlas.

#### *Accidentes con peatones y ciclistas*

Mejorar la seguridad de peatones y ciclistas requiere poner atención al diseño de vehículos, infraestructura vial y el control de la velocidad, áreas en que se enfoca el Sistema Seguro. Se deberían realizar investigaciones sobre su seguridad desde un punto de vista sistémico para permitir el análisis de los diversos factores que representan un riesgo para ellos, tales como la velocidad del vehículo, un deficiente diseño vial y la falta de instalaciones seguras (segregadas). Los países de bajos y medianos ingresos también deben evitar los errores cometidos por muchos países de altos ingresos que diseñaron caminos pensando principalmente en vehículos motorizados, sin prestar la debida atención a los usuarios viales vulnerables. A medida que aumenta el parque vehicular en los países, se deben introducir mejoras a la infraestructura de los usuarios vulnerables, así como para los vehículos, en lugar de centrarse únicamente en medidas conductuales. FIT (2012) y la OMS (2013b) son manuales integrales en materia de seguridad de los peatones e incluyen referencias al Sistema Seguro. Asimismo, se han publicado otras guías de seguridad para ciclistas (véase por ejemplo FIT, 2013a). Sin perjuicio de éstas, el control de velocidad en entornos peatonales y ciclistas constituye una de las mayores oportunidades inmediatas para mejorar los índices de seguridad de estos usuarios viales vulnerables.

En un estudio de simulación de conducción que relacionaba la carga de trabajo del conductor, la elección de velocidad por parte de este, la complejidad visual del entorno del camino y los tiempos de respuesta del conductor, Edquist, Rudin-Brown y Lenné (2012) descubrieron que los conductores que viajaban en

una zona de velocidad de 60 km/h intentaron compensar los efectos de una mayor complejidad disminuyendo la velocidad. Sin embargo, las reducciones de velocidad observadas fueron insuficientes para compensar las reducciones en el tiempo de respuesta del conductor que se requerían para evitar un aumento del riesgo de accidentes (y lesiones). Esta conclusión apoya los argumentos a favor de reducir la velocidad de conducción para ayudar a los conductores en ambientes de tráfico complejos, tales como áreas con alto flujo peatonal/comercial y para tomar decisiones seguras y oportunas cuando sus habilidades de procesamiento de información se ven comprometidas.

Johansson determinó que los conductores son menos propensos a ceder el paso a los peatones que utilizan pasos formales cuando las velocidades de viaje son mayores. Se concluyó que la conducta óptima de los conductores en cuanto a ceder el paso se observaba a alrededor de 30 km/h. Esta investigación también señaló que a velocidades de alrededor de 30 km/h, se da con mayor frecuencia un "intercambio social" entre el conductor y el peatón, lo que parece conducir a un comportamiento más seguro del conductor respecto de los peatones. Corben (2006) determinó que el riesgo de que un peatón muera en un accidente puede reducirse en un 75% cuando el conductor opta por viajar a 40 km/h en lugar de 50 km/h y en más del 90% cuando se opta por viajar a 30 km/h en vez de 50 km/h. Otras investigaciones realizadas en Francia (Dommes, 2013) demostraron que los errores de juicio al cruzar una calle son similares para los adultos jóvenes y los ancianos cuando el tráfico circula a 30 km/h, pero 19 veces mayor en los ancianos cuando el tráfico circula a 50 km/h.

Por lo tanto, para que los peatones y ciclistas se mezclen en forma segura con el tráfico motorizado, las velocidades deben mantenerse por debajo de los 30 km/h. Incluso a esta velocidad, los accidentes con vehículos de mayor masa, como camiones, autobuses y tranvías pueden provocar la muerte y, muy probablemente, lesiones graves. Además, los sistemas de seguridad para peatones con que cuentan los vehículos son más eficaces a alrededor de 30-40 km/h.

Las medidas de diseño de la infraestructura, como reductores de velocidad y plataformas, áreas de baja velocidad como Woonerven (nombre de las "calles vivibles" en los Países Bajos, usando técnicas de moderación del tránsito, incluidas calles compartidas y límites de velocidad reducidos) y rotondas bien diseñadas pueden controlar físicamente la velocidad dentro de los límites de un Sistema Seguro. A velocidades superiores a los 30 km/h, los peatones y ciclistas deberían ser físicamente separados de los vehículos motorizados mediante vías separadas para peatones y ciclistas. Las instalaciones para peatones separadas por tiempo en las intersecciones señalizadas y los pasos de peatones señalizados a mitad de cuadra pueden dar lugar a lesiones graves de los peatones o ciclistas cuando los usuarios viales cometen errores o los conductores se pasan las luces rojas. Las plataformas elevadas en estos puntos de cruce pueden ayudar a controlar la velocidad en estos casos. En entornos de mayor velocidad, se requieren pasos a niveles separados para una mejor y más eficiente separación.

Las plataformas elevadas para peatones que reducen considerablemente la velocidad de circulación parecen ser una respuesta eficaz de la infraestructura a las víctimas de lesiones graves en los pasos peatonales. En combinación con sistemas que pueden frenar un vehículo de forma automática y partes frontales menos peligrosas para los peatones, el efecto de la seguridad puede ser aún mayor (véase sección "Vehículos seguros"). En forma aislada, cada medida puede tener algún efecto beneficioso, pero en conjunto, maximizan el beneficio de la seguridad.

Se ha desarrollado una serie de aplicaciones del Sistema Cooperativo de Transporte Inteligente (C-ITS) para satisfacer las necesidades y los problemas de transporte específicos que enfrentan los usuarios viales vulnerables, incluidos peatones, ciclistas y motociclistas. Esta clase de aplicaciones tiene por objeto mejorar la seguridad de los usuarios viales vulnerables alertando a los conductores de su presencia,

especialmente si están fuera del campo de visión del conductor, y darles preferencia de paso en los cruces para que tengan menos posibilidades de conflicto con los vehículos. Estas incluyen:

#### Recuadro 5.5. Estudio de caso: Control de la velocidad en Japón

En Japón, las secciones viales con un límite de velocidad de 30 km/h no son nada inusuales. Sin embargo, en comparación con otros países como Francia o Alemania, éstas a menudo enfrentan problemas específicos que reflejan patrones persistentes en el desarrollo histórico de la infraestructura de transporte en Japón. En especial, algunas partes de Japón carecen de una distinción funcional entre los ejes troncales y los caminos comunitarios. Las zonas comunitarias y los bordes de la vía se desarrollaron de manera poco estructurada y aleatoria, lo que ha dificultado la introducción de un régimen urbanístico, incluidas las zonas de velocidad de 30 km/h ("Zona 30") pues, a menudo, el tránsito directo y el tránsito comunitario se entremezclan en el mismo camino.

Esta mezcla da como resultado tasas de mortalidad en accidentes especialmente altas para los peatones y ciclistas, quienes representan alrededor del 50% del total de las muertes por accidente en Japón. En respuesta, las autoridades japonesas introdujeron el 2011 el principio de Zona 30. A finales de marzo de 2014, existía un total de 1 110 zonas de este tipo, las cuales se complementan con zonas con límites de velocidad aún más bajos. Reflejando la importancia de esta política, la implementación de estas zonas involucró la cooperación de la policía, los responsables de la gestión vial, los representantes de los residentes locales y otras partes interesadas.

Este enfoque "de abajo hacia arriba" para mejorar la seguridad vial en las vías comunitarias es respaldado por el uso de macrodatos. Mediante el análisis de velocidades de los vehículos, ahora es posible definir medidas apropiadas de control de velocidad, incluidos reductores de velocidad y límites de velocidad realistas para determinadas rutas.

- **Detección de peatones** (una variedad de aplicaciones para detectar usuarios viales vulnerables más allá del campo de visión de los conductores).
- **Señales de tránsito peatonal inteligentes** (detectan peatones, inician y ajustan los tiempos de cruce).
- **Seguridad cooperativa para ciclistas en intersecciones** (detecta a los ciclistas fuera del campo de visión y envía mensajes al conductor sobre la posición y la velocidad del ciclista y alerta sobre posibles accidentes).

#### *Accidentes con motociclistas*

Los accidentes que involucran a conductores de vehículos motorizados de dos ruedas (PTW) pueden dividirse en dos grupos: los que ocurren en entornos urbanos edificados y los accidentes de alta velocidad en caminos rurales. En el medio urbano, controlar velocidades inferiores a 30 km/h en situaciones de conflicto potencial puede reducir la gravedad de las lesiones. Se están construyendo pistas separadas para motociclistas en diversos países con niveles muy altos de circulación de motocicletas (véase Recuadro 5.6). Las fases de viraje totalmente controladas en intersecciones controladas, rotondas u otros medios de control de velocidad y el ángulo de impacto en las intersecciones constituyen otras iniciativas de infraestructura. Sin embargo, las rotondas siguen siendo un lugar con número elevado de lesiones graves de conductores de PTW, pues representan un entorno complejo donde los conductores no ven a los PTW (y ciclistas). Las rotondas señalizadas brindan la oportunidad de mejorar esta situación. Se ha demostrado que los programas de uso obligatorio de casco y de fiscalización, así como la ropa de protección de conductores de PTW (y, nuevamente, de ciclistas) son eficaces para reducir las lesiones de estos usuarios.

### Recuadro 5.6. Estudio de caso: Seguridad de pistas exclusivas para motociclistas en Malasia

Los registros de accidentes en Malasia para el período 2005-14 muestran que las muertes de motociclistas representan el 60% de todas las muertes en la vía pública, con un promedio de 3 975 motociclistas y pasajeros traseros muertos cada año. Además, las muertes en motocicletas aumentaron en aproximadamente un 16% durante este período, pasando de 3 591 muertes en 2005 a 4 179 en 2014 (Royal Malaysia Police, 2014).

En un sistema de tránsito mixto, los motociclistas comparten el camino con vehículos más grandes, lo que resulta en diferentes velocidades de cruce y conflictos de flujo mixto. Una forma de abordar los riesgos es segregar las motocicletas de otros vehículos de mayor tamaño a través de vías exclusivas para motocicletas (EMCL, por sus siglas en inglés). En Malasia, las EMCL están completamente separadas de la calzada y se pueden encontrar en diversas carreteras. La salida (camino para salir de la pista de motocicletas) y el ingreso (camino para entrar en la pista de motocicletas) es uno de los elementos principales de las EMCL. Permite el acceso y la salida de la pista exclusiva y, por lo tanto, proporciona movilidad de un destino a otro. Un camino de salida o ingreso, en sí mismo, también podría ser visto como la ubicación más peligrosa de una EMCL, pues los motociclistas están obligados a tomar una decisión vital: unirse o abandonar un flujo vehicular (Norfaizah et al., 2015).

La primera EMCL fue construida a lo largo de la Carretera Federal F02 entre Kuala Lumpur y Klang a principios de los años 70, con el apoyo del Banco Mundial. La longitud total de la EMCL a lo largo de la F02 es de aproximadamente 30 km por sentido. Diversos estudios se efectuaron para evaluar la eficacia de las EMCL. Según una conclusión preliminar, se logró una reducción general significativa del número de accidentes en la vía principal (34%) y de accidentes de motocicletas (39%) (Radin Umar, 1995; Radin Umar et al., 2000). Asimismo, Radin Umar y Barton (1997) demostraron que la relación costo-beneficio preliminar de las vías exclusivas para motocicletas varía entre 3.3-5.2, dependiendo de los supuestos utilizados para calcular los costos de los accidentes en motocicleta y la capacidad de la EMCL. El estudio indicó que, pese al costo oneroso de construcción de vías exclusivas para motocicletas, el beneficio logrado es, por lo menos, tres veces mayor que el costo de construcción y, por lo tanto, constituye un enfoque eficiente en función de los costos para abordar los problemas de seguridad de las motocicletas en Malasia.

Las motocicletas y otras PTW presentan un desafío particular en un Sistema Seguro cuando utilizan caminos rurales. Esto se debe, en gran parte, a que los motociclistas y los pasajeros de atrás no tienen el nivel de protección de quienes utilizan otros vehículos motorizados y, por lo tanto, las transferencias de energía típicas del Sistema Seguro asociadas con impactos laterales, impactos con objetos y accidentes frontales rara vez les son aplicables. En ambientes de alta velocidad, las barreras al borde de la vía diseñadas para mejorar la seguridad de otros usuarios de vehículos motorizados, ya sea que absorban impactos, sean fragmentables o no, pueden ser peligrosas para los motociclistas que se salen del camino (aunque, normalmente, no son más peligrosas que los objetos al borde de la vía que protegen). En lugares de alto riesgo, deberían considerarse barreras seguras para motociclistas. Las medianas ayudan a proteger a los motociclistas contra los accidentes frontales y el sellado de grava ayuda a evitar la pérdida de control. En muchos países, es probable que las intervenciones del Sistema Seguro en materia de motociclistas provengan de áreas de Vehículos más Seguros, Uso Seguro y Velocidad Segura, con especial énfasis en los sistemas de protección para motociclistas y pasajeros y en sistemas de frenado antibloqueo (ABS). Asimismo, se están desarrollando aplicaciones C-ITS para motociclistas. Éstas usan la comunicación vehículo a vehículo para advertir al conductor de un vehículo o de una camioneta que, desde cualquier dirección, se aproxima un motociclista.

El FIT ha publicado recientemente un informe de investigación exhaustivo titulado *Improving Safety for Motorcycle, Scooter and Moped Riders (Mejorando la seguridad de conductores de motocicletas, bicimotos y ciclomotores)* (FIT, 2015a). Este estudio contiene una sección específica sobre seguridad de PTW en el contexto de un Sistema Seguro. Los PTW proporcionan algunos retos únicos, particularmente el de brindar protección suficiente en accidentes con otros vehículos u objetos fijos. Las contramedidas

recomendadas adoptan un enfoque de sistema integral en cuanto al uso de caminos (conductas y equipos), vehículos e infraestructura.

### *Accidentes en intersecciones*

Las ubicaciones de los accidentes en áreas urbanas a menudo se asocian a mayores flujos de circulación y con frecuencia ocurren en las intersecciones. Esto incluye intersecciones señalizadas y, por lo tanto, a menudo involucran a los usuarios viales vulnerables. Existe cierta ironía en lo anterior: las intersecciones señalizadas son los lugares donde los encargados del tránsito ejercen mayor control sobre los usuarios viales, diciéndoles cuándo pasar, cuándo parar y qué maniobras realizar. Si bien podrían tener una tasa de accidentes relativamente baja en vista de la exposición, se asocian a un alto riesgo de lesiones cuando efectivamente se producen accidentes. Durante mucho tiempo, las autoridades viales aparentemente han sido incapaces de abordar los principales factores de los accidentes, que, a menudo, involucran pasarse la luz roja o virajes sin protección.

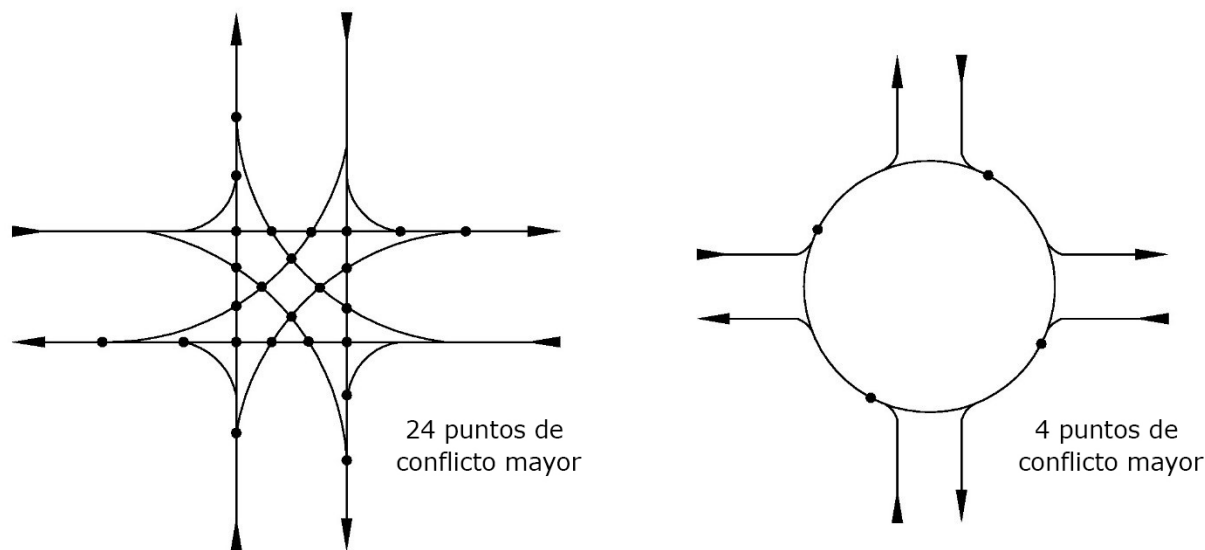
Un gran número de pruebas científicas y la experiencia indican que muchos de los diseños de intersecciones existentes no se ajustan al Sistema Seguro. Se basan, más bien, en los juicios de los conductores de vehículos y motocicletas al aceptar las distancias adecuadas, no controlar la velocidad, no tener en cuenta las obstrucciones visuales dinámicas y permitir los impactos laterales, es decir, donde los sistemas de protección del vehículo son más débiles.

Las rotondas constituyen ejemplos de cómo guiar al usuario vial hacia una forma segura de comportarse y mitigar las consecuencias de los errores humanos usuales (véase Figura 5.10). Es un ejemplo de cómo las capacidades y limitaciones del ser humano son, en gran medida, consideradas al diseñar el sistema de transporte vial, tanto desde el punto de vista psicológico como fisiológico. Sin embargo, incluso las rotondas pueden tener implicaciones en materia de seguridad, relacionadas con la pérdida de control de un solo vehículo, a menos que hubieran sido cuidadosamente diseñadas. Las rotondas con múltiples pistas han resultado ser problemáticas para ciclistas y motociclistas. Las rotondas señalizadas pueden abordar algunos de dichos problemas. Controlar la velocidad en la zona de intersección a través de plataformas elevadas es una respuesta de infraestructura.

Según el Sistema Seguro, una intersección segura es una intersección en que los usuarios viales no son objeto de lesiones graves o muerte, incluso si cometen un simple error. La mayoría de las intersecciones actuales no cumplen con esta ambición pues las fuerzas de impacto y los niveles de energía cinética son, a menudo, superiores a los que una estructura vehicular típica puede resistir, y muy superiores a la tolerancia biomecánica del cuerpo humano. Este desequilibrio entre la velocidad, la tolerancia biomecánica humana y la resistencia al choque de los vehículos es especialmente notorio en las zonas rurales donde los límites de velocidad suelen ser altos. Además, una intersección del Sistema Seguro debe tener como objetivo prevenir que se combinen errores o comportamientos inadecuados en forma simultánea. Ello puede lograrse con diseños de intersección que, intuitivamente, sean fáciles de entender y de usar, es decir, autoexplicables.

Las restricciones fundamentales de un diseño de intersección conforme al Sistema Seguro pueden definirse conforme a las leyes de la física (Corben et al., 2015, Candappa et al., 2015). La física dicta los niveles de energía cinética de los vehículos que conducen a velocidades cercanas al límite de velocidad fijado, la rapidez con que un conductor puede frenar para evitar una colisión, las fuerzas de impacto que los vehículos ejercen sobre los demás y las fuerzas de impacto que transfieren al ser humano en caso de accidente. El ángulo de los caminos que se cruzan y el ángulo en el que los vehículos colisionan es uno de los principales factores al determinar la gravedad de las lesiones sufridas (véase figura 5.11).

Figura 5.10. Puntos de conflicto en distintos tipos de intersecciones



Nota: Izquierda, intersección controlada por prioridad; derecha, rotonda.

Candappa describe los siguientes Principios de Diseño Seguro de Intersecciones (SIDPs), definidos en el Estudio de Intersecciones MUARC (Corben et al., 2010):

- **Principio 1:** limitar las velocidades en intersecciones a 50 km /h (principio clave)
- **Principio 2:** evitar ángulos de impacto de 90 grados (principio importante)
- **Principio 3:** separar físicamente a los usuarios viales vulnerables o establecer velocidades inferiores a 30 km/h (principio importante)
- **Principio 4:** limitar los puntos de conflicto (principio complementario)
- **Principio 5:** promover la responsabilidad mutua activa en las intersecciones (principio complementario).

Varios países están empezando a investigar diseños de intersecciones alternativos e innovadores del Sistema Seguro. Los futuros diseños también deben reconocer los factores humanos asociados al envejecimiento de la población. Los sistemas del tipo ITS, tales como límites de velocidad variables activados por los vehículos que se aproximan en las vías laterales; límites de velocidad variables activados por vehículos que viran y cruzan tránsito en sentido contrario en la intersección: sistemas de advertencia y las cámaras en las luces rojas son otras iniciativas que pueden reducir con éxito la gravedad de los accidentes en las intersecciones. Las tecnologías vehículo a vehículo que detectan vehículos que ingresan en posibles zonas de accidente y alertan a los usuarios viales o adoptan medidas, como el frenado, también pueden reducir el número de accidentes.



### *Accidentes por salida del camino*

Históricamente, los encargados de la vialidad se han centrado en mantener los vehículos en el camino por medio de un diseño geométrico (alineación y peraltes). Sin embargo, muchos vehículos todavía se salen del camino por todo tipo de razones, incluida la fatiga del conductor y la falta de atención. Incluso en vías públicas de muy buena calidad, los accidentes viales con un solo vehículo siguen siendo la principal causa de lesiones graves. Ello se debe, en gran medida, a que los bordes de la vía no están diseñados para las salidas del camino, a menudo cumpliendo con los límites de velocidad. En los últimos 50 años, las medidas empleadas para reducir la gravedad de estos incidentes se han centrado en el diseño vial, la gestión de peligros viales y un ancho cada vez mayor de la zona de seguridad.

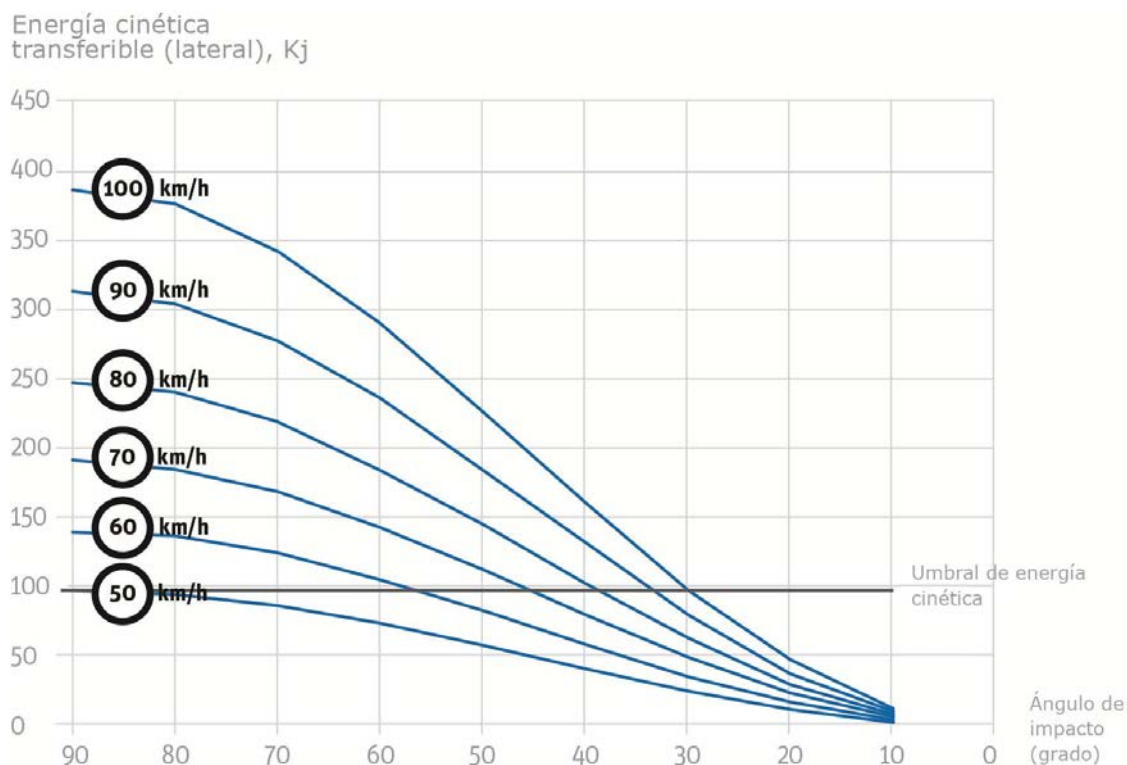
Investigaciones recientes, en particular en Australia (Doecke et al., 2010; 2011) y el informe *Mejorando la Seguridad Vial* (Austroads, 2014) cuestionan la eficacia de este enfoque. De hecho, muestran que salvo en las salidas de ángulo muy bajo, algunos vehículos recorrerían un trecho muy superior al del ancho de la zona de seguridad diseñada. Las velocidades establecidas en los límites típicos de las zonas de seguridad diseñadas excederían las velocidades de impacto del Sistema Seguro. En zonas de seguridad anchas, los vehículos también tienden a darse vuelta, provocando lesiones graves. El informe de Austroads determinó que la menor tasa de lesiones fatales y graves (FSI, por sus siglas en inglés) por accidente provenía de impactos contra barreras flexibles de cables y cuerdas. Se concluyó que el sistema de barreras flexibles era el que se aproximaba más a un Sistema Seguro, principalmente por su capacidad para capturar vehículos –incluso a velocidades de diseño y de masas muy superiores a las del sistema– y minimizar el número de volcamientos. Sin embargo, estas conclusiones se asocian a países con índices de automóviles y camiones y pueden no relacionarse con países en que exista un gran porcentaje de motocicletas. Los estudios europeos sobre accidentes viales por salidas del camino en la vía Nápoles-Candela en Italia y los 2 000 kilómetros de autopistas francesas también respaldan la conclusión de que los sistemas de barrera bien diseñados producen menores tasas de lesiones y lesiones graves que las carreteras no protegidas.

Actualmente, los sistemas con que cuentan los vehículos también desempeñan un papel cada vez más importante en que los vehículos se mantengan en la vía. El control electrónico de estabilidad (ESC) es un sistema de asistencia al conductor que reduce el riesgo de que el vehículo pierda su tracción. Aunque el ESC no siempre puede evitar que el derrape se convierta en un accidente, puede limitar el riesgo de lesiones en algunas configuraciones de accidente reduciendo la cantidad de energía que se intercambia en la colisión. Ello se consigue mediante una configuración más favorable ya que se minimiza el riesgo de que el vehículo reciba un golpe lateral de vehículos que conduzcan en sentido contrario o de otros obstáculos. El control de la velocidad, ya sea mediante el diseño de la infraestructura o límites de velocidad adecuados, ofrece grandes oportunidades para reducir el número y la gravedad de los accidentes producidos por la salida del camino. Charlton (2013) determinó que los conductores subestiman en gran manera el riesgo de muchos peligros viales y, por lo tanto, no modifican su velocidad como debieran.

La probabilidad de que se produzcan lesiones graves en los accidentes frontales aumenta significativamente al superarse los 70 km/h, lo que sugiere que en un Sistema Seguro todas las vías públicas no divididas deberían tener velocidades operativas inferiores a este umbral. Los análisis de Suecia, Australia y Nueva Zelanda sugieren que el número de víctimas graves en accidentes frontales es un problema importante en volúmenes de circulación muy por debajo de los umbrales típicos requeridos para la instalación de medianas, a menudo entre 4 000 a 7 000 vehículos por día.



Figura 5.11. Influencia del ángulo de impacto en la energía cinética transferible



### Accidentes frontales

Una respuesta de la infraestructura del Sistema Seguro a los accidentes frontales en vías públicas a más de 70 km/h es introducir vías en un solo sentido, medianas muy anchas o un sistema de barreras tolerante. Stigson (2009) concluyó que los caminos divididos eran el factor más importante en la eliminación de víctimas fatales entre los pasajeros de vehículos. Los problemas con diseños de medianas anchas son, a menudo, los mismos que con las zonas de seguridad mencionadas en los accidentes por salida del camino, con vehículos a alta velocidad, ángulos de salida altos que se conducen más allá del ancho de la mediana o que se vuelcan. Una vez que el vehículo ha traspasado la mediana y alcanzado la calzada opuesta, llegando incluso a velocidades muy bajas, se pueden producir lesiones graves, debido a la alta velocidad y el flujo de vehículos en sentido contrario. Como tal, los sistemas de barrera bien diseñados son invariablemente más eficaces.

Suecia es uno de los países que lidera la prevención de accidentes frontales en entornos de alta velocidad con una estrategia de sistemas flexibles de barrera en cables y cuerdas instalados en calzadas no divididas de 13 metros, con pistas alternadas (sistema 2 + 1) y, más recientemente, en sus calzadas de nueve metros con un sistema 1 + 1. Es la construcción de la mediana que resulta crítica para lograr un Sistema Seguro, en lugar de la necesidad de tener la sección de tres pistas alternadas. Sin embargo, diversos países también han modernizado con éxito las medianas en un espacio relativamente estrecho para abordar el riesgo de accidentes frontales. Un ejemplo de Nueva Zelandia se describe en el Recuadro 5.7. Es probable que los beneficios en materia de seguridad de las medianas de cable sean mayores en los países con menor uso de PTW. Se están construyendo e instalando sistemas alternativos de barreras tolerantes en lugares que presentan problemas respecto del uso de barreras de cable y cuerdas para PTW y vehículos pesados, costos de mantenimiento, y seguridad de los trabajadores de vialidad, etc.

Muchos países han construido vías de tres pistas para permitir un adelantamiento más seguro y reducir los accidentes frontales. Con el tiempo, se reconoció la necesidad de separación física entre pistas con sentido opuesto en caminos de alta circulación. Producto de las dudas sobre los posibles riesgos para los motociclistas, la necesidad de mantener los vehículos pesados y minimizar los costos de mantención, se adoptaron otros sistemas de barrera menos flexibles, tales como vigas de acero semirrígidas o barreras rígidas de hormigón.

### Argumentos comerciales para invertir en un sistema seguro

El gasto aproximado en el transporte terrestre es de aproximadamente el 0,7% del PIB anual en la mayoría de los países (FIT, 2013b). Suponiendo una inversión mundial similar y un PIB mundial equivalente a US\$ 75 592 mil millones (Banco Mundial, 2015), el gasto de la industria vial en el mundo se estima, aproximadamente, en US\$ 530 mil millones al año. Suponiendo que las intervenciones en seguridad vial sean equivalentes al 2-5% de los presupuestos totales, la inversión en seguridad de la infraestructura vial en la región asciende, aproximadamente, a entre 10 y 26 mil millones de dólares al año. Ello significa que la inversión mundial en seguridad de la infraestructura vial es de aproximadamente el 0,5% al 1,4% del costo global estimado de los accidentes con resultado de muerte y lesiones graves (US\$ 1 851 mil millones), o un centavo de inversión por cada dólar del costo de los traumatismos viales (McInerney et al. Al., 2015).

Con este financiamiento básico como punto de partida, los organismos encargados de la vialidad generalmente han establecido estándares de diseño, garantías y niveles de inversión para trabajar dentro de estas limitaciones de financiamiento. Este enfoque ha llevado a la construcción de vías de alta velocidad no divididas, bordes de la vía peligrosos, cruces de alta velocidad y asentamientos urbanos sin aceras, todos los cuales se consideran acordes a las normas en ciertos volúmenes de circulación y, por lo tanto, aceptables para los organismos e ingenieros de vialidad. En muchos casos, la creencia de que los accidentes de tránsito son culpa de los usuarios viales se ha convertido en una excusa conveniente para que los organismos de financiamiento, políticos e ingenieros mantengan el statu quo. Es decir, dentro de las limitaciones de los presupuestos disponibles, las autoridades de vialidad han tenido que hacer concesiones en materia de seguridad vial y aceptar un nivel de muertes y lesiones en la red vial.

Asociada a los beneficios éticos, de salud y comunitarios de reducir los traumatismos producto de accidentes viales, los argumentos comerciales a favor de invertir en un Sistema Seguro resultan muy convincentes. Basándose en estimaciones reales de inversiones rentables en caminos más seguros y de la reducción prevista de los traumatismos causados por accidentes de tránsito, así como en los costos económicos determinados en el marco de las evaluaciones de iRAP a nivel mundial, en todo el mundo se han planteado argumentos comerciales a favor de la inversión vial. El análisis sugiere que una inversión adicional de US\$ 681 mil millones (o menos del 0,1% del PIB anual mundial durante diez años) podría evitar alrededor de 40 millones de muertes y lesiones graves en 20 años, con un retorno de la inversión de ocho dólares por cada dólar invertido (véase Tabla 5.5). Si bien no se mide específicamente el costo que implica lograr los resultados del Sistema Seguro, el análisis destaca que invertir en la reducción de traumatismos producto de accidentes de tránsito constituye una inversión que satisface a todas las partes.

La clave para un nivel adecuado de inversión en mayor seguridad vial es reconocer quiénes se benefician con la reducción de los traumatismos producto de accidentes de tránsito (servicios de emergencia, hospitales, sistemas de salud y bienestar, compañías de seguro, empresas y tesorería), en contraposición a las organizaciones tradicionales a cargo de financiar y administrar la red vial (organismos de vialidad).

### Recuadro 5.7. Estudio de caso: Instalación de medianas en Nueva Zelanda

En los nueve años anteriores a que se instalara una mediana en la carretera Centennial de Nueva Zelanda (2005), hubo ocho accidentes fatales y cuatro accidentes frontales graves. Desde la construcción de la mediana de cable y cuerdas y la reducción del límite de velocidad de 100 km/h a 80 km/h, no se han producido muertes ni lesiones graves. Desde que se instaló la mediana no ha habido accidentes fatales o graves ni colisiones frontales.

Las cámaras de vigilancia de la mediana mostraron que, por lo general, los vehículos sufrieron daños relativamente leves cuando chocaron contra la barrera y, a menudo, se observó que se alejaban después del impacto. Los conductores también tendían a conducir más por el centro de la pista cuando la mediana estaba en su lugar. Las imágenes de la cámara muestran numerosas situaciones en las que los vehículos chocaron contra la barrera frente a vehículos en sentido contrario, incluidos motociclistas, evitando así lo que seguramente se hubieran convertido en accidentes frontales.

Figura 5.12. Mediana de cable y cuerdas en la Carretera Centennial, Nueva Zelanda



Fuente: Marsh F et al. (2010).

En todo el mundo se está explorando activamente el potencial de los llamados Bonos de Impacto Social u otros productos de "inversión de impacto" para proporcionar los mecanismos que cierren esta brecha. FIA Foundation, iRAP, la Comisión de Accidentes de Tránsito de Victoria (VicRoads), Australian Road Research Board (ARRB) y Royal Automobile Club of Victoria (RACV) en Victoria, Australia, están llevando a cabo un estudio piloto con el objeto de crear una calculadora de bonos de impacto social y medir los ahorros financieros que todas las partes interesadas podrían realizar invirtiendo en caminos más seguros (McInerney et al., 2015). El enfoque puede dar origen a un cambio radical en la movilización de recursos para combatir al mayor asesino de jóvenes a nivel mundial. También quitaría una enorme carga a los sistemas de salud y personas naturales de todo el mundo y crearía un “ganar-ganar-ganar”. Otros ejemplos de argumentos comerciales en favor de la inversión en un Sistema Seguro son el Programa de Infraestructura Vial del Sistema Seguro de TAC (véase el Recuadro 5.8) y el plan de negocios para el programa "Seguridad Sostenible" de los Países Bajos (véase el Recuadro 5.9).

Tabla 5.5. Argumentos comerciales en favor de invertir en seguridad vial

Posibles logros	Países de bajo ingreso	Países de ingreso medio bajo	Países de ingreso medio alto	Países de alto ingreso	Todos
Mejorar 10% de las vías de mayor riesgo	108 000 km	610 000 km	992 000 km	1 546 000 km	3 255 000 km
Construir contramedidas viables (US\$)	8 mil millones	61 mil millones	149 mil millones	464 mil millones	681 mil millones
Reducir el número de muertes en 20 años	384 000	1 483 000	1 528 000	283 000	3 678 000
Reducir el número de muertes y lesiones graves en 20 años	4 224 000	16 313 000	16 808 000	3 113 000	40 458 000
Beneficio económico en 20 años (US\$)	83 mil millones	663 mil millones	2 766 mil millones	2 202 mil millones	5 715 mil millones
Costo-beneficio	11	11	19	5	8

Fuente: iRAP (2014): Argumentos comerciales de caminos más seguros.

Cabe señalar en este contexto que no se requiere de financiamiento específico o adicional del Sistema Seguro cuando los principios de dicho Sistema se integran al proceso de construcción de nueva infraestructura desde el inicio. Esto realmente ahorrará dinero a largo plazo, tanto en el sistema de salud como en el sistema de transporte, al evitar su adaptación.

### Desafíos en la aplicación de un Sistema Seguro

La implementación de un Sistema Seguro plantea muchos desafíos, lo que puede ser atestiguado por los países que ya han emprendido ese camino. Se centran en el cambio de paradigma que elimina la culpa del conductor, en el debate y la compensación entre seguridad y eficiencia, la falta de directrices y normas, y el temor de costos más elevados.

El caso de Suecia, un líder en la concepción e implementación del Sistema Seguro, es ilustrativo. Después de que el Parlamento sueco aprobara "Visión Cero" por unanimidad y se encomendara al Ejecutivo aplicar esta nueva visión, muchos profesionales de la seguridad vial permanecieron escépticos y vacilantes, sentimientos que se expresaron en tres líneas principales de resistencia.

En primer lugar, el arraigado énfasis en el análisis de costo-beneficio hizo que la idea de lograr cero muertes fuese casi ridícula a ojos de muchos profesionales de la seguridad vial. Sugerir que este sistema pudiera convertirse en un objetivo de la política nacional y en una política sólida desde el punto de vista económico resultaba relativamente absurdo, ya que de seguro el costo marginal de reducir las muertes en accidentes de tránsito más allá de cierto nivel sería muy costoso y, por tanto, prohibitivo. Esta línea de resistencia fue contrarrestada, en parte, por los argumentos éticos y la pregunta retórica de cuántos muertos y heridos serían, en esa visión tradicional, "óptimos" y más "beneficiosos" para la sociedad. Sin embargo, las críticas también se abordaron con cifras duras que muestran el costo económico real de los caminos inseguros. Un último pilar de los defensores de "Visión Cero" fueron los proyectos piloto, que demostraron que una reducción considerable en el número de muertes por accidentes de tránsito no necesariamente requería de costosas inversiones. Más bien, aplicar en forma coherente la concepción del

Sistema Seguro podría conducir a soluciones sencillas y fáciles de implementar, y, aun si se requiriera de grandes inversiones, podía demostrarse que eran eficientes en función del costo.

#### Recuadro 5.8. Estudio de caso: Programa de Infraestructura Vial del Sistema Seguro de Victoria (SSRIP)

La Comisión de Accidentes de Tránsito de Victoria (TAC, por sus siglas en inglés) es la única compañía de seguros del estado encargada de los reclamos de indemnización por lesiones sufridas en accidentes de tránsito. En asociación con VicRoads, la autoridad del estado en materia de vialidad, TAC tiene un importante historial de inversiones efectivas y rentables en programas que mejoran la seguridad de la red vial existente. En respuesta a la adopción formal del Sistema Seguro por parte de Australia y el creciente compromiso mundial para con el concepto de Sistema Seguro en general, el ex Programa de Infraestructura Vial más Segura (SRIP) se ha transformado en el Programa de Infraestructura Vial Sistema Seguro (SSRIP, por sus siglas en inglés), el cual se centra en tres tipos de accidentes, los que siguen dominando los traumatismos graves productos de accidentes de tránsito en Victoria:

- accidentes de intersección (44% de todos los lesionados graves)
- accidentes por salida de pista (más del 33% de todos los lesionados graves)
- accidentes con peatones y ciclistas (19% de todos los lesionados graves).

La inversión estratégica del SSRIP está enfocada en:

- Transformación de las intersecciones en Sistema Seguro: construcción masiva de rotondas; diseños innovadores del Sistema Seguro en intersecciones señalizadas.
- Transformación en Sistema Seguro para erradicar las víctimas de salidas de pista: autopistas y principales carreteras rurales divididas, mediante la construcción de barreras continuas y medianas y bordes de la vía tolerantes; carreteras rurales no divididas, inicialmente probando tratamientos acordes al Sistema Seguro, tales como diseños 2 + 1 y soluciones similares; carreteras rurales menores, mediante tratamientos de seguridad localizados y un mayor control de la velocidad, dada la actual velocidad máxima establecida en 100 km/h en zonas rurales.
- Transformaciones en Sistemas Seguros para peatones y ciclistas: rutas de ciclovías; áreas comerciales y rutas para peatones y ciclistas.

Para mantener los beneficios actuales durante la transición a la inversión del Sistema Seguro, se destinará un porcentaje cada vez menor de los recursos a formas de inversión en seguridad convencionales y efectivas en función de los costos (relaciones costo-beneficio de al menos tres) durante los primeros años de financiamiento del SSRIP. Sin embargo, ahora se está considerando reducirlo a la mitad (1,5) en el caso de los tratamientos acordes al Sistema Seguro.

Una segunda crítica a "Visión Cero" provino de los científicos conductuales de la comunidad de la seguridad vial, quienes sostuvieron que el enfoque era tecnocrático e ignoraba la importancia del comportamiento humano. Su principal argumento era que el 90% de todos los accidentes de tránsito eran producto del comportamiento humano y que la solución era erradicar ese comportamiento "malo". Los partidarios del Sistema Seguro respondieron que, de hecho, "Visión Cero" era muy antropocéntrica: reconocía la fragilidad y la falibilidad humana, basando todo su enfoque en la noción de que no es posible esperar que los seres humanos puedan, en todo momento, hacer frente a las complejas demandas del tránsito, sean éstas físicas, cognitivas o psicológicas. Los resultados de la investigación que destacan que el control de la velocidad, la infraestructura y las soluciones de vehículos pueden evitar la mayoría de las muertes producto de dichos accidentes también ayudó a explicar el papel del Sistema Seguro en el contexto de la conducta humana.



### Recuadro 5.9. Estudio de caso: Elaborar argumentos comerciales a favor de la seguridad sostenible en los Países Bajos

Los trabajos destinados a implementar un Sistema Seguro en los Países Bajos comenzaron en 1998 con el Programa de puesta en marcha de la Seguridad Sostenible. Diez años después del lanzamiento, el Instituto Holandés de Investigación en Seguridad Vial (SWOV) evaluó el avance de la implementación de medidas en apoyo del concepto de Seguridad Sostenible y sus efectos en el desempeño de la seguridad vial. Entre las múltiples medidas de seguridad vial implementadas en el marco del Programa de Puesta en Marcha, muchas de ellas tenían como objetivo mejorar la seguridad de la infraestructura, siendo las más importantes la categorización de las redes viales y la construcción de zonas con velocidad de circulación de entre 30 y 60 km/h. Además, se construyeron más de 2 300 rotondas entre 1998 y 2007. En conjunto, estas medidas de infraestructura han evitado desde entonces una cifra estimada de 120 a 145 muertes anuales.

En el marco del Programa de Puesta en Marcha, el cumplimiento de las normas de tránsito también mejoró debido a la introducción de equipos regionales de control. Estos equipos están integrados por aproximadamente 30 miembros de jornada completa por región policial o 750 miembros de jornada completa en total, quienes trabajan exclusivamente haciendo cumplir las normas en las siguientes áreas prioritarias: uso de casco en vehículos motorizados de dos ruedas, uso de cinturón de seguridad, luces rojas, conducción bajo la influencia del alcohol y exceso de velocidad. El aumento de los controles de tránsito en combinación con campañas de información pública probablemente contribuyó a que disminuyera el porcentaje de consumo de alcohol entre los conductores y aumentara el uso del cinturón de seguridad. A su vez, estas mejoras en el comportamiento resultaron en la prevención de alrededor de 65 y 55 muertes por año, respectivamente.

La seguridad de los vehículos también mejoró durante el Programa de Puesta en Marcha, pero debido, en gran parte, a las regulaciones e iniciativas europeas de la industria automovilística (impulsadas por el Programa Europeo de Evaluación de Automóviles Nuevos EuroNCAP). No obstante, dichas regulaciones e iniciativas son compatibles con el concepto de "Seguridad Sostenible".

A nivel global, las medidas emprendidas en el marco del Programa de Puesta en Marcha mostraron efectos positivos. La tasa global de letalidad de los accidentes de tránsito en los Países Bajos disminuyó de 7,3 muertes por mil millones de kilómetros recorridos en 1998 a 4,7 muertes en 2007. La disminución anual promedio progresó en casi más de tres veces la disminución alcanzada en los diez años anteriores. Mientras que entre 1989 y 1998 el número de víctimas fatales de accidentes de tránsito disminuyó en un 1,8% anual en promedio, entre 1998 y 2007 se redujo en un promedio anual de 5,3%. Desde una perspectiva de costo-beneficio, las medidas también fueron eficaces, con beneficios monetarios de aproximadamente cuatro veces los costos (Weijemars y Wegmann, 2011).

En tercer lugar, entre los ingenieros viales existía la creencia generalizada de que la única manera de construir un camino seguro era construir grandes y costosas autopistas. También tendían a opinar que habían diseñado y construido caminos de alta calidad y que era responsabilidad de los usuarios viales que hicieran un uso correcto de ellos. Esta opinión fue refutada mediante un proyecto demostrativo, el primer camino 2 + 1 de Suecia. Se demostró que, por una fracción del costo de una autopista, era posible alcanzar un nivel muy alto de seguridad con capacidad suficiente. Al mismo tiempo, el proyecto arrojó pruebas claras de que los caminos tradicionales de categoría inferior a las autopistas (caminos de 13 metros de ancho sin mediana) eran muy inseguras en comparación con éstas.

## Conclusiones

Cuando se implementa un Sistema Seguro, los profesionales o autoridades encargadas a menudo hacen preguntas tales como "¿qué debemos cambiar?" o "enséñeme lo que significa un Sistema Seguro". Aunque nos queda mucho que aprender a este respecto, este capítulo muestra cómo se puede fortalecer cada parte del sistema vial, pero, más importante aún, cómo se pueden controlar en forma colectiva, de modo de contribuir a un Sistema Seguro. Este capítulo no repite la gran variedad de intervenciones de seguridad vial con éxito demostrado que pueden encontrarse en manuales como el Manual de Seguridad Vial de PIARC (2015), Elvik (2012), o herramientas en línea como las proporcionadas por CMF Clearinghouse ([www.cmfclearinghouse.org](http://www.cmfclearinghouse.org)), o el kit de herramientas de seguridad vial de iRAP ([www.toolkit.irap.org](http://www.toolkit.irap.org)). Más bien, se centra en los tratamientos del sistema primario que, si se gestionan en forma eficiente, contribuirán a avanzar significativamente hacia un Sistema Seguro.

El punto de partida de todas las prácticas del Sistema Seguro es entender los puntos en que falla el sistema y cómo abordarlos retrospectivamente para intervenir en la etapa más temprana posible y evitar accidentes, controlar los accidentes para minimizar cualquier daño que pudiere ocurrir y optimizar la respuesta tras los accidentes. Un Sistema Seguro exige comprender las fuerzas involucradas en caso de accidente, y cómo manejar estas fuerzas dentro de la tolerancia humana para evitar muertes y lesiones graves. Estas fuerzas de choque normalmente se explican de mejor manera a través de los límites de velocidad del Sistema Seguro en los tipos de accidentes más comunes.

La prevención de las fallas del sistema y la gestión de las fuerzas de choque pueden lograrse fomentando el uso seguro, construyendo vías y bordes de la vía autoexplicables y tolerantes, mejorando los sistemas de prevención de accidentes de los vehículos y los sistemas de protección de pasajeros y, principalmente, controlando la velocidad. Si una parte del sistema falla, otras partes deben intervenir, incluida la respuesta tras un accidente.

Con el tiempo, el diseño de caminos y vehículos y las nuevas tecnologías que promueven y apoyan una conducción segura desempeñarán un papel aún mayor en la creación de un Sistema Seguro. Mientras tanto, no está de más insistir en la importancia de controlar la velocidad para controlar la energía cinética en caso de accidente. Si bien puede resultar difícil lograr la aceptación pública y encontrar apoyo político, el control de la velocidad es una medida rápida de implementar, de bajo costo y altamente eficaz.

Aunque los principios fundamentales del Sistema Seguro son sencillos y deben ser fáciles de implementar, no siempre resulta así. Muchas guías de diseño, procesos y marcos de financiamiento tradicionales no son compatibles con este enfoque y deben ser actualizados o cuestionados. Los argumentos comerciales que demuestran claramente los incuestionables beneficios de un Sistema Seguro pueden ser de ayuda para este fin.

El Sistema Seguro aún se encuentra en desarrollo y existe una serie de áreas, relacionadas en particular con los usuarios viales vulnerables, en que se requiere de más investigación, desarrollo e innovación. No obstante, en muchas áreas existe un vasto conocimiento de lo que funciona y lo que no funciona. Las prácticas y herramientas que permiten avanzar proactivamente hacia la creación de un Sistema Seguro están listas para su uso.

## Referencias

- Aarts, L. et al. (2009), *Safe Speeds and Credible Speed Limits*, Compendio de documentos, 88<sup>th</sup> Annual Meeting of Transportation Research Board (TRB), Washington D.C., 11-15 de enero 2009.
- Anderson RWG and Searson DJ (2014), “Use of Age-Period-Cohort models to estimate effects of vehicle age, year of crash and year of vehicle manufacture on driver injury and fatality rates in single vehicle crashes in New South Wales, 2003-2010”, en la revista *Accident Analysis & Prevention*, 75, pp 202-210
- Austrroads (2014), *Improving Roadside Safety, Summary Report*, AP-R437-14, Austrroads, Sídney, Australia.
- Austrroads (2015), *Safe System Assessment Framework*, AP-R509-16, Austrroads, Sídney, Australia.
- BITRE (2012), *Evaluation of National Black Spot Program*, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics, Canberra, Australia.
- Brennan, P.W., E.R. Everest and W. M. Griggs (2002), “Risk of death among cases attending South Australian major trauma services after severe trauma”, en la revista *Journal of Trauma – Injury Infection and Critical Care*, Vol. 53, pp. 333-339.
- Cameron, M.H. and R. Elvik (2010), “Nilsson’s Power Model connecting speed and road trauma: Applicability by road type and alternative models for urban roads”, en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 42, pp. 1908-1915.
- Candappa, N., D. Logan, N. Van Nes and B. Corben B. (2015), “An exploration of alternative intersection designs in the context of Safe System” en la revista *Accident Analysis and Prevention*, 74, pp. 314-332.
- Carnis, L. and E. Blais (2013), “An assessment of the safety effects of the French speed camera program” en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 51, pp. 301-309. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aap.2012.11.022>
- Carnis, L. (ed) (2012), *International Comparison of Automated Speed Enforcement Systems (ICASES)*, Grant n° 09 MT CV 04, Ministère de l’écologie, du développement durable, des transports et du logement, PREDIT, Operational Group 2.
- Carnis, L. (2009), “Une analyse économique du dispositif de contrôle automatisé de la vitesse en France”, *Proceedings of the 19th Canadian Multidisciplinary Road Safety Conference*, Saskatoon, Saskatchewan, 8-10 de junio 2009, Documento de evaluación de pares, pp. 1-17.
- Carnis, L. (2007), “The French Automated Speed Enforcement Programme: First Results and Analysis”, *Proceedings of the 2007 Australasian Road Safety Conference Research Policing Education Conference*, 17-19 de octubre, Documento de evaluación de pares, Crown Promenade, Melbourne, Victoria, Australia, [www.roadsafetyconference2007.com.au/finalpapers.php](http://www.roadsafetyconference2007.com.au/finalpapers.php)



- CEC (2003), “European road safety action programme: Halving the number of road accident victims in the European Union by 2010: A shared responsibility”. Comisión de las Comunidades Europeas (CEC), Comunicado de la Comisión (2003) 311 final.
- Charlton, S.G., N.J. Starkey, J.A. Perrone and R.B. Isler (2013), *Reading the Risk of New Zealand Roads: A Comparison of Actual and Perceived Driving Risk*. TARS Research Report, Centre for Road Safety, Universidad de Waikato, Hamilton.
- Chiara, O., J. Scott J. and S. Cimbanassi (2002), “Trauma deaths in an Italian urban area: an audit of prehospital and in-hospital trauma care”, en la revista *Injury*, Vol. 33, pp. 553-562.
- Corben, B., N. van Nes, N. Candappa, D. Logan, D. and J. Archer, J. (2010), Intersection Study Task 3 Report: Development of the kinetic energy management model and safe intersection design principles.
- Corben, B., A. D’Elia, and D. J. Healy (2006), “Estimating Pedestrian Fatal Crash Risk” en *Proceedings of the 2006 Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference*, octubre de 2006. Gold Coast, Australia.
- Dahlstedt, S. (1999), “Icke-användares motiv för att inte använda bilbältet”, en *VTI rapport 417*. Linköping, Suecia.
- Delorme, R. and S. Lassarre (2009), “Les régimes français et britannique de régulation du risque routier, La vitesse d’abord”, en la revista *Les collections de l’INRETS*, n°57, pp.201-232, Institut national de recherche sur les transports et leur sécurité (INRETS)
- Department of Health (2014), *Victorian State Trauma Registry*, Summary Report, Victoria, Australia.
- Doeke, S., and J. Woolley (2011), “Further investigation into the effective use of clear zones and barriers in a Safe System context”, en *Proceedings of the 2011 Australian Road Safety Research, Policing and Education Conference*, Perth, Australia.
- Doeke, S., and J. Woolley (2010), “Effective use of clear zones and barriers in a Safe System context,” en *Proceedings of the 2010 Australian Road Safety Research, Policing and Education Conference*, Canberra, Australia.
- Dommes, A., V. Cavallo and J. A. Oxley (2013), “Functional deadlines as predictors of risky street crossing decisions in older pedestrians” en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 59, pp. 135-143.
- ECMT (2006), *Speed Management*, OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103784-en>
- Edquist, J., C. M. Rudin-Brown and M.G. Lenne (2012), “The effects of on-street parking and road environment visual complexity on travel speed and reaction time”, en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 45, pp. 759-765.
- Elvik, R. (2013), “A re-parameterisation of the Power Model of the relationship between the speed of traffic and the number of accidents and accident victims” en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 50, pp. 854-860.

- Elvik, R., A. Høy, T. Vaa and M. Sørensen (2009), *The Handbook of Road Safety Measures*, segunda edición, Emerald Group, Bingley, Reino Unido.
- ETSC (2015), “Position paper in revision of the General Safety Regulation”, Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte, Bruselas.
- ETSC (2014), *Ranking EU Progress on Car Occupant Safety*, PIN Flash Report 27, Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte, Bruselas <http://etsc.eu/ranking-eu-progress-on-car-occupant-safety-pin-flash-27/>
- ETSC (2001), *Transport Safety Performance Indicators*. Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte, Bruselas.
- ETSC (1999), *Reducing the Severity of Road Injuries through Post Impact Care*. Consejo Europeo de Seguridad en el Transporte, Bruselas.
- Eugensson, A. et al. (2011), “Cars are driven on road, joint visions and modern technologies stress the need for co-operation” en *22nd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV)*, [www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv22/22ESV-000352.pdf](http://www-nrd.nhtsa.dot.gov/pdf/esv/esv22/22ESV-000352.pdf)
- EuroRAP (2011), “Roads that Cars Can Read: A Consultation Paper”, <http://www.eurorap.org/wp-content/uploads/2015/04/20110629-Roads-That-Cars-Can-Read-June-2011.pdf>
- European Road Safety Observatory (ERSO) (2006-04), *Post impact care*, [www.erso.eu](http://www.erso.eu)
- Fitzharris et al. (2010), “ESC Effectiveness summary: Regulation impact statement for the control of light commercial vehicle stability”, Department of Infrastructure and Transport, Canberra, Australia.
- GRSP (2016), *Advocacy Resource Centre*, <http://advocacy.grsproadsafety.org/>
- Hakkert, A.S., V. Gitelman and M.A. Vis, M.A. (eds.) (2007), “*Road Safety Performance Indicators: Theory*”, Entregable D3.6 del proyecto FP6 de la UE, SafetyNet.
- Highway Loss Data Institute (2012), “Predicted availability of safety features in registered vehicles”, en *Bulletin*, Vol 28/26.
- Highways England (2014), *5-Year Strategy Business Plan 2015-2020*.
- HLDI (2012), *Motorcycle ABS and time to claim*, Highway Loss Data Institute, Bulletin, Vol. 29, No. 4: abril de 2012.
- IIHS (2016), “Crashes avoided: front crash protection clashes police reported rear end crashes”, Insurance Institute for Highway Safety, Status Report Vol. 51/1.
- iRAP (2015), *Vaccine for Roads*, third edition, International Road Assessment Programme. [www.irap.org/vaccine\\_for\\_roads\\_3.pdf](http://www.irap.org/vaccine_for_roads_3.pdf)
- iRAP (2014), *Business Case for Safer Roads*, International Road Assessment Programme [www.irap.org/en/about-irap-2/a-business-case-for-safer-roads](http://www.irap.org/en/about-irap-2/a-business-case-for-safer-roads)

- FIT (2015a), *Improving Safety for Motorcycle, Scooter and Moped Riders*, OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282107942-en>
- FIT (2015b), *Automated and Autonomous Driving: Regulation Under Uncertainty*, Corporate Partnership Board Report, [www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb\\_autonomousdriving.pdf](http://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/15cpb_autonomousdriving.pdf)
- FIT (2015c), *Road Safety Annual Report 2015*, OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/irtad-2015-en>
- FIT (2013a), *Cycling, Health and Safety*, OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282105955-en>
- FIT (2013b), *Spending on Transport Infrastructures, 1995-2011*, Foro Internacional de Transporte, París.
- FIT (2012), *Pedestrian Safety, Urban Space and Health*, OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282103654-en>
- FIT (2008), *Towards Zero: Ambitious Road Safety Targets and the Safe System Approach*, OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789282101964-en>
- Johansson, C. (2006), “Safe pedestrian crossings for children and elderly”, en la revista *Accident Analysis and Prevention* 38(2), pp. 289-94, DOI: 10.1016/j.aap.2005.09.012.
- Jurewicz, C., A. Sobhani J. Woolley, J. Dutschke and B. Corben (2016), “Exploration of Vehicle Impact Speed - Injury Severity Relationships for Application to Safer Road Design”, en la revista *Transport Research Arena, Science Direct*, pp. 4247-4256.
- Kahane, C.J. (2015), “Lives Saved by Vehicle Safety Technologies and Associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012: Passenger Cars and LTVs, with Reviews of 26 FMVSS and the Effectiveness of Their Associated Safety Technologies in Reducing Fatalities, Injuries, and Crashes”, Report No. DOT HS 812 069, National Highway Traffic Safety Administration, Washington, D.C.
- Kroyer, H.R., T. Jonsson and A. Varhelyi (2014), “Relative risk curve to describe the effect of change in the impact speed on fatality risk pedestrians struck by a motor vehicle”, en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 62, pp. 143-152.
- Larsson M., N. Candappa and B. Corbin (2003), “Flexible barrier systems along high-speed roads”, Monash University.
- Leveson, N.G. (2011), “Applying systems thinking to analyse and learn from events”, en la revista *Safety Science*, Vol. 49, pp. 55-64.
- Lie, A., M. Krafft, A. Kullgren and C. Tingvall, C. (2008), “Intelligent seat belt reminders – do they change driver seat belt use in Europe?”, en la revista *Traffic Injury Prevention*, Oct. 2008, Vol. 9/5, pp. 446-449.
- MacKenzie, E.J., F.P. Rivara, G. J. Jurkovich et al. (2006), “A National Evaluation of the Effect of Trauma Center Care on Mortality,” en la revista *New England Journal of Medicine*, Vol. 354/4, pp. 366-378.

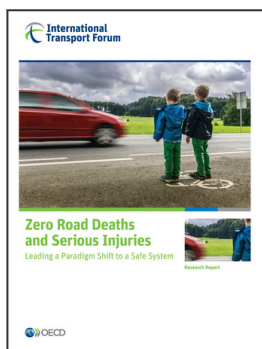
- Mann N., and R. Mullins (1999), “Population-based research assessing the effectiveness of trauma systems”, en la revista *Journal of Trauma*, Vol. 47, pp. 59-66.
- Marsh, F. and M. Pilgrim (2010), “Evaluation of a narrow median wire rope barrier installation on Centennial Highway, New Zealand”, en la revista *Journal of the Australasian College of Road Safety*, mayo de 2010, pp. 34-41.
- Martin J.-L., C. Mintsá-Eya and Goubel C. (2013), “Long-term analysis of the impact of longitudinal barriers on motorway safety”, en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 59, pp. 443-451.
- McDermott, F., S. Corder S., D. Cooper and V. Winship (2007), “Management deficiencies and death preventability of road traffic fatalities before and after a new trauma care system in Victoria, Australia”, en la revista *Journal of Trauma*, Vol. 63/2, pp. 331-338.
- McInerney, R., H. Alavi and B. Bui (2015), “Road Safety Impact Bonds – A financial business case.” Congreso PIARC, Corea.
- Norfaizah, M.K., M. J. Nusayba, A. M. Muhammad Marizwan, and J. S. Ho (sin fecha), Safety Evaluation of Egress and Ingress of Exclusive Motorcycle Lane at Federal Road 2, Kajang, Selangor.
- OECD (1999), *Safety Strategy for Rural Roads*. OECD Publishing, París. DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264172913-en>
- Peden, M. et al. (2004), *World Health Report on Road Traffic Injury Prevention*, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza.
- PIARC (2015), *Road Safety Manual* (segunda edición).
- Radin Umar, R. S. (2006), “Motorcycle safety programmes in Malaysia: How effective are they?” en la revista *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, Vol. 13/2, pp. 71–79. DOI: <http://doi.org/10.1080/17457300500249632>
- Radin Umar, R.S., M.G. Mackay and B.L. Hills (2000), “Multivariate Analysis of Motorcycle Accidents and the Effects of Exclusive Motorcycle Lanes in Malaysia,” en la revista *Journal of Crash Prevention and Injury Control*, Vol. 2, pp. 11-17. <http://doi.org/10.1080/10286580008902549>
- Radin Umar, R. S. and E. V. Barton (1997), “Preliminary Cost Benefit Analysis of the Exclusive Motorcycle Lane in Malaysia”, en la revista *Journal of the Road Engineering Association of Asia and Australasia* (REAAA), pp. 1-6.
- Radin Umar, R.S., M.G. Mackay and B.L. Hills (1995), “Preliminary Analysis of Exclusive Motorcycle Lanes along the Federal Highway F02, Shah Alam, Malaysia”, en *International Association of Traffic and Safety Sciences (IATSS) Research*, Vol. 19/2, pp. 93-98.
- Read, G., P. Salmon and M. Lenné (2013), “Sounding the warning bells: The need for a systems approach to understanding behaviour at rail level crossings”, en la revista *Applied Ergonomics*, Vol. 44/5, pp. 764-774.

- Rosen, E., H. Stigson H. and U. Sander (2011), “Literature Review of Pedestrian Fatality Risk as a Function of car impact speed”, en la revista *Accident Analysis and Prevention*, Vol. 43.
- Royal Malaysia Police (2014), *Laporan Tahunan PDRM 2014*. Kuala Lumpur.
- SAE (2014), J3016 Taxonomy and Definitions for terms related to on-road Motor Vehicle Automated Driving Systems, Society of Automotive Engineers.
- Sasser, S., M. Varghese, A. Kellermann and J.D. Lormand (2005), *Prehospital Trauma Care Systems*. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.
- Stigson, H., A. Kullgren and M. Kraft (2011), “Use of Car Crashes Resulting in Injuries to Identify System Weaknesses”, 22<sup>nd</sup> International Conference on the Enhanced Safety Vehicles, Washington D.C.
- Stigson, H., M. Kraft and C. Tingvell (2008), “Use of fatal real-life crashes to analyse a safe road transport system model, including the road user, the vehicle and the road”, en la revista *Traffic Injury Prevention*, 9.
- SWOV (2012), “Towards Credible Speed Limits”, hoja de datos, Dutch Institute for Road Safety Research (SWOV) [www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS\\_Credible\\_limits.pdf](http://www.swov.nl/rapport/Factsheets/UK/FS_Credible_limits.pdf)
- Teoh, E. (2011), “Effectiveness of antilock braking systems in reducing motorcycle fatal crash rates”, en la revista *Traffic Injury Prevention*, Vol. 12, pp. 169-73.
- Ternier, M. (2003), *La politique de sécurité routière, les systèmes locaux de contrôle-sanction*, rapport de l’instance d’évaluation, Conseil national de l’évaluation, Commissariat général du plan.
- Transport and Mobility Leuven (2014), *Study on the effectiveness and on the improvement of the EU legislative framework on road infrastructure safety management (Directive 2008/96/EC) - Ex-Post Evaluation*, <http://www.tmleuven.com/project/roadinfrastructuresafetymngt/home.htm> (último acceso el 26 de julio de 2016).
- Turner, B., M. Tziotis, P. Carney and C. Jurewicz (2009), *Safe System Infrastructure – National Roundtable Report*, Research Report ARR 370, ARRB Group, Victoria, Australia.
- Weijermars, W. and F. Wegman (2011), “Ten Years of Sustainable Safety in the Netherlands. An Assessment”, en la revista *Transportation Research Record*, 2213, pp 1-8.
- WHO (2013a), *International Perspectives on Spinal Cord Injury*, [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94192/1/WHO\\_NMH\\_VIP\\_13.03\\_eng.pdf](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/94192/1/WHO_NMH_VIP_13.03_eng.pdf)
- WHO (2013b), *Global Status Report on Road Safety 2015*, tabla A3, pp.272-275.
- World Bank (2015), World Bank national accounts data and OECD National Accounts data files, <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD> (último acceso el 27 de julio de 2016).
- Wrangborg, P. (2005), “A new approach to a safe and sustainable Traffic Planning and Street Design for Urban Areas”, document presentado en la Conferencia sobre Seguridad Vial para Cuatro Continentes, Varsovia, Polonia.

## Notas

<sup>1</sup> El Acuerdo de 1958 cuenta con 58 países como Partes Contratantes (PC) y ha establecido 129 Regulaciones de la ONU. El Acuerdo de 1998 cuenta con 33 países como PC y ha establecido 12 Regulaciones Globales Técnicas de la ONU (GTR, por sus siglas en inglés). Véase <http://www.unece.org/trans/main/welcwp29.html>

<sup>2</sup> El Informe OCDE/ECMT de 2006 es un documento exhaustivo sobre gestión de la velocidad que esboza el efecto de la velocidad y los diversos mecanismos para controlarla mediante el diseño en infraestructura, límites de velocidad, educación, aplicación, y tecnologías vehiculares. Johnson (2014) ofrece información más actualizada sobre la importancia de la gestión de velocidad en un Sistema Seguro. No es el cometido de este informe repetir información sino reconfirmar la importancia de controlar la velocidad en la consecución de un Sistema Seguro.



**From:**  
**Zero Road Deaths and Serious Injuries**  
Leading a Paradigm Shift to a Safe System

**Access the complete publication at:**  
<https://doi.org/10.1787/9789282108055-en>

**Please cite this chapter as:**

International Transport Forum (2017), “Prácticas y herramientas de un Sistema Seguro”, in *Zero Road Deaths and Serious Injuries: Leading a Paradigm Shift to a Safe System*, OECD Publishing, Paris.

DOI: <https://doi.org/10.1787/9789282108253-7-es>

El presente trabajo se publica bajo la responsabilidad del Secretario General de la OCDE. Las opiniones expresadas y los argumentos utilizados en el mismo no reflejan necesariamente el punto de vista oficial de los países miembros de la OCDE.

This document and any map included herein are without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area.

You can copy, download or print OECD content for your own use, and you can include excerpts from OECD publications, databases and multimedia products in your own documents, presentations, blogs, websites and teaching materials, provided that suitable acknowledgment of OECD as source and copyright owner is given. All requests for public or commercial use and translation rights should be submitted to [rights@oecd.org](mailto:rights@oecd.org). Requests for permission to photocopy portions of this material for public or commercial use shall be addressed directly to the Copyright Clearance Center (CCC) at [info@copyright.com](mailto:info@copyright.com) or the Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC) at [contact@cfcopies.com](mailto:contact@cfcopies.com).