

**GUÍA PARA**

# **INTERVENCIONES DE SEGURIDAD VIAL:**

## **EVIDENCIA DE LO QUE FUNCIONA Y LO QUE NO FUNCIONA**

Divulgación pública autorizada

Divulgación pública autorizada

Divulgación pública autorizada

Divulgación pública autorizada



FINANCIADO  
POR





# AGRADECIMIENTOS

Este informe ha sido redactado por Blair Turner (Fondo Mundial para la Seguridad Vial), Soames Job (Jefe del Fondo Mundial para la Seguridad Vial (GRSF) y Responsable de Seguridad Vial Global, Banco Mundial) y Sudeshna Mitra (GRSF). También han realizado valiosas aportaciones Monjurul Hoque Mohammad Arif Uddin, y otros colegas del GRSF.

El informe ha sido revisado por Said Dahdah, Especialista Sr. en Transporte; Tawia Addo-Ashong, Especialista Sr. en Transporte; y John Shaw, Investigador en Seguridad Vial de la Universidad Estatal de Iowa, que aportaron útiles recomendaciones. Christopher R. Bennett, especialista principal en transporte; y Gerald Ollivier, especialista principal en transporte, aportaron otros comentarios útiles.

Este informe se ha elaborado con el apoyo financiero de la UK Aid en el marco de la Fase 3 del Fondo Fiduciario Multidonante financiado por la Oficina de Asuntos Exteriores, Commonwealth y Desarrollo (FCDO, por sus siglas en inglés) del Reino Unido y el Departamento de Salud y Asistencia Social (DHSC, por sus siglas en inglés), a través de los proyectos integrales de investigación para mejorar la Seguridad Vial Mundial de GRSF, gestionado por Sudeshna Mitra y Natalya Stankevich.



## RESUMEN EJECUTIVO

Los siniestros de tráfico provocan aproximadamente 1,35 millones de muertes y 50 millones de heridos al año en todo el mundo, de los cuales más del 90 % se producen en países de renta media-baja (PRMB). Al margen del dolor y el sufrimiento obvios que esta situación causa a las personas y las comunidades, dichas muertes y lesiones también suponen una gran carga financiera, sobre todo para los PRMB, al ralentizar el crecimiento económico.

La magnitud de la respuesta actual a esta crisis continua no corresponde con las dimensiones del problema. Asimismo, los limitados recursos destinados a la seguridad vial se gastan a menudo en intervenciones ineficaces o que no alcanzan el nivel óptimo. Aunque los conocimientos sobre seguridad vial han mejorado en las últimas décadas, sigue siendo necesario mejorar la toma de decisiones a la hora de seleccionar y aplicar intervenciones eficaces de seguridad vial basadas en evidencia. Las intervenciones eficaces son aquellas que reducen las lesiones mortales y graves.

El Fondo Mundial para la Seguridad Vial (GRSF) ha elaborado esta guía basada en evidencia sobre «**Lo que funciona y lo que no funciona**» en seguridad vial en respuesta a la necesidad crítica de soluciones eficaces basadas en evidencia. Esta guía se ha elaborado para ayudar a los lectores a comprender que no todas las intervenciones de seguridad vial son igual de eficaces y que lo que parecen ser enfoques de «sentido común» para seleccionar las intervenciones de seguridad vial a menudo no serán las mejores. Si bien algunas aportan beneficios, otras tienen efectos muy limitados o incluso negativos, a pesar de ser comúnmente —y erróneamente— recomendadas o aceptadas. La guía ofrece una serie de recomendaciones centradas en las intervenciones en los PRMB, aunque la información también puede ser relevante para todos los países. Su contenido será valioso para quienes trabajan en seguridad vial a nivel político o profesional, incluidos los jefes de equipos técnicos del Banco Mundial y otras personas que tratan de establecer, ampliar o mejorar programas de seguridad vial en los PRMB.

La guía establece los conocimientos sobre las intervenciones basadas en evidencia dentro de un contexto de «Sistema Seguro», proporcionando asesoramiento sobre cada uno de los pilares del Sistema Seguro (gestión de la seguridad vial, carreteras seguras, velocidades seguras, vehículos seguros, usuarios de la carretera seguros y atención posterior a la colisión), al tiempo que reconoce que las soluciones basadas en evidencia deben extraerse de todos los pilares para producir resultados eficaces en materia de seguridad vial. El núcleo de este documento es una tabla resumen con una visión general de las intervenciones beneficiosas y no beneficiosas basadas en evidencias científicas sólidas. A continuación, se ofrece información más detallada que incluye estudios de casos y referencias sobre la base de evidencia que apoya al resumen.

Se recomienda la adopción de numerosas intervenciones viales seguras, entre las que se incluyen el transporte público integrado, los sistemas de barreras centrales y laterales, las medianas, la infraestructura de apoyo a la velocidad operativa adecuada para los usuarios de la carretera, las rotondas, la separación de pendientes y las intervenciones para reducir la exposición al riesgo en las intersecciones, los pasos y cruces peatonales, las instalaciones separadas para bicicletas y motocicletas, las señales de tráfico y la demarcación (incluida la demarcación audiotáctil). Algunas de ellas son muy eficaces, con una reducción de hasta el 70 % u 80 % de las muertes y lesiones graves (por ejemplo, las barreras de seguridad y las rotondas).

Diversas intervenciones relacionadas con la velocidad también producen beneficios significativos, y algunas son capaces de eliminar casi por completo las muertes y lesiones graves. Entre los ejemplos de intervenciones efectivas en materia de velocidad se incluyen la “pacificación” o el “calmado” del tráfico (incluyendo badenes y chicanas), rotondas, cruces elevados, tratamientos de acceso o transición, límites de velocidad más bajos (incluyendo zonas de 30 km/h (20 mph) para peatones) y radares de velocidad.

Durante muchos años se han llevado a cabo diversas intervenciones basadas en los usuarios de las vías, con ejemplos eficaces que incluyen una vigilancia extensiva en carreteras y/o sistemas de permiso de conducir gradual como parte del sistema de obtención del permiso de conducir, el aumento de la edad para obtener el permiso de conducir, formación y pruebas de percepción del peligro, educación pública y campañas de comunicación como parte de una estrategia integrada (especialmente comunicando la aplicación de la ley para aumentar la disuasión general), aplicación de la ley, sanciones, dispositivos de bloqueo por alcohol, control de la fatiga y la velocidad, y el aumento de la tasa de uso del casco.

Las intervenciones clave basadas en los vehículos incluyen la aplicación de normas mínimas de seguridad y clasificación de los vehículos (a través del Programa Mundial de Evaluación de Automóviles Nuevos, o «NCAP»), cinturones de seguridad, mantenimiento periódico de los vehículos, luces de circulación diurna, dispositivos/protecciones antiempotramiento en camiones, control electrónico de estabilidad y otras tecnologías avanzadas para vehículos.

Una mejor asistencia tras la colisión también puede producir mejores resultados en materia de seguridad vial, incluyendo sistemas para mejorar el tiempo de respuesta en caso de emergencia, una mejor atención de urgencia, la mejora de las técnicas de primeros auxilios para el público y una mejor atención hospitalaria.

No menos importante es el hecho de que el informe también identifica ejemplos claros en los que las intervenciones no son eficaces. Las peores son aquellas intervenciones que aumentan el riesgo. Entre ellas se incluyen el aumento de la velocidad de viaje sin mejorar la calidad de la infraestructura en términos de seguridad, la mayoría de las formas de educación y formación de conductores y motociclistas posteriores a la obtención del permiso de conducir y muchas (pero no todas) las formas de educación regular de los conductores en las escuelas (como las que pretenden aumentar las habilidades para manejar el coche). El aumento del riesgo suele deberse a que tales iniciativas incrementan el nivel de confianza, lo que conduce a un aumento de la asunción de riesgos. Deben evitarse otras intervenciones que no han demostrado beneficios para la seguridad. Entre ellas se incluyen los sistemas de obtención del permiso de conducir mediante solicitud o pago, los programas de formación o educación dentro de las escuelas que pretenden mejorar los conocimientos sobre seguridad vial (incluidas las visitas ad hoc de expertos o entusiastas de la seguridad vial) y las campañas de educación realizadas de forma aislada.

Existen intervenciones alternativas eficaces para cada una de ellas, tal y como se describe en este documento, y estas deberían aplicarse en su lugar. En materia de seguridad vial, es sumamente importante que no se malgasten recursos en intervenciones ineficaces, sino que se empleen intervenciones de seguridad vial basadas en evidencia.

Existe una gran variedad de documentos disponibles sobre la cuestión de la eficacia de las intervenciones de seguridad vial, a muchos de los cuales se hace referencia aquí. Sin embargo, la presente guía presenta algunos puntos clave de diferencias y valor añadido, como una síntesis de la evidencia sobre una amplia gama de intervenciones y un contraste entre las intervenciones eficaces y las que no lo son, lo que permite a los lectores comparar las opciones. En los casos en los que se identifican intervenciones no eficaces, se indican intervenciones eficaces viables, apoyando así la toma de decisiones. La guía también ofrece asesoramiento directo a quienes trabajan en los PRMB, recurriendo a fuentes de información clave cuando se dispone de ellas. Es importante destacar que se proporcionan evidencias concisas y sólidas en cada uno de los pilares del Sistema Seguro.

Es necesario seguir construyendo la base de conocimientos sobre intervenciones eficaces en materia de seguridad vial, especialmente en los PRMB, en los que existen varias lagunas de conocimiento. El contenido de esta guía constituye un resumen útil y actualizado de los conocimientos existentes para su aplicación.

# CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN EJECUTIVO	iv
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 LA SEGURIDAD VIAL Y EL BANCO MUNDIAL	2
1.3 PREPARAR EL TERRENO EN EL CONTEXTO DE UN SISTEMA SEGURO	2
1.4 NECESIDAD DE UN ENFOQUE BASADO EN EVIDENCIA EN MATERIA DE SEGURIDAD VIAL	2
1.5 APLICABILIDAD DE LAS EVIDENCIA EN LOS PRMB	4
<b>2. RESUMEN DE LO QUE FUNCIONA Y LO QUE NO FUNCIONA</b>	<b>6</b>
2.1 INTRODUCCIÓN	6
2.2 CARRETERAS Y ARCENES SEGUROS	7
2.3 VELOCIDADES SEGUROS	8
2.4 USUARIOS SEGUROS	9
2.5 VEHÍCULOS SEGUROS	11
2.6 ATENCIÓN SEGURA TRAS UN SINIESTRO DE TRANSITO	11
<b>3. OBSERVACIONES FINALES</b>	<b>12</b>
<b>ANEXO A - ¿CUÁLES SON LAS EVIDENCIAS?</b>	<b>14</b>
<b>A.1 CARRETERAS Y ARCENES SEGUROS</b>	<b>14</b>
A.1.1 INTRODUCCIÓN	14
A.1.2 TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO	16
A.1.3 SISTEMAS DE BARRERAS LATERALES DE CARRETERA	17
A.1.4 SISTEMAS CENTRALES DE BARRERA	18
A.1.5 MEDIANAS	18
A.1.6 INFRAESTRUCTURAS QUE PERMITAN UNA VELOCIDAD ADECUADA PARA LOS USUARIOS DE LA CARRETERA	19
A.1.7 ROTONDAS	19
A.1.8 SEPARACIÓN DE RASANTES EN LAS INTERSECCIONES	19
A.1.9 REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL RIESGO EN LAS INTERSECCIONES	19
A.1.10 SENDEROS PEATONALES	20
A.1.11 PASOS DE PEATONES	21
A.1.12 INSTALACIONES SEPARADAS PARA BICICLETAS	22

A.1.13	INSTALACIONES SEPARADAS PARA MOTOCICLETAS .....	22
A.1.14	OTRAS MEJORAS EN LAS INTERSECCIONES.....	23
A.1.15	SEÑALIZACIÓN Y DEMARCACIÓN .....	23
A.1.16	DEMARCACIÓN AUDIOTÁCTIL.....	24
A.1.17	MEJORAR EL ASFALTADO DE LAS CARRETERAS DE MALA CALIDAD SIN MEJORAR LAS INFRAESTRUCTURAS ADICIONALES.....	25
<b>A.2</b>	<b>VELOCIDAD SEGURA.....</b>	<b>27</b>
A.2.1	INTRODUCCIÓN .....	27
A.2.2	PACIFICACIÓN DEL TRÁFICO, INCLUIDOS BADENES Y CHICANAS.....	29
A.2.3	ROTONDAS .....	30
A.2.4	INTERSECCIONES SOBREELEVADAS .....	30
A.2.5	PASOS ELEVADOS.....	30
A.2.6	TRATAMIENTOS DE ACCESO O TRANSICIÓN .....	31
A.2.7	LÍMITES DE VELOCIDAD MÁS BAJOS .....	31
A.2.8	ZONAS DE 30 KM/H (20 MPH) PARA PEATONES .....	32
A.2.9	RADARES DE VELOCIDAD.....	32
A.2.10	AUMENTAR LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO SIN MEJORAR LA CALIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS .....	33
<b>A.3</b>	<b>USUARIOS SEGUROS .....</b>	<b>34</b>
A.3.1	INTRODUCCIÓN .....	34
A.3.2	SISTEMAS DE PERMISOS DE CONDUCIR QUE INCLUYAN UNA AMPLIA PRÁCTICA SUPERVISADA EN CARRETERA.....	35
A.3.3	SISTEMAS DE PERMISOS DE CONDUCIR GRADUALES.....	36
A.3.4	PERMISO MEDIANTE SOLICITUD O PAGO .....	36
A.3.5	AUMENTAR LA EDAD DE OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CONDUCIR .....	36
A.3.6	FORMACIÓN Y EVIDENCIA DE PERCEPCIÓN DE RIESGOS .....	36
A.3.7	FORMACIÓN Y ADIESTRAMIENTO DE CONDUCTORES Y MOTORISTAS TRAS LA OBTENCIÓN DEL PERMISO .....	37
A.3.8	EDUCACIÓN Y FORMACIÓN EN LAS ESCUELAS .....	39
A.3.9	EDUCACIÓN PÚBLICA Y CAMPAÑAS.....	40
A.3.10	APLICACIÓN .....	41
A.3.11	SANCIONES .....	42
A.3.12	BLOQUEOS DE ARRANQUE POR ALCOHOLEMIA.....	43
A.3.13	CONTROL DE LA FATIGA .....	44
A.3.14	CONTROL DE VELOCIDAD.....	44

A.3.15 AUMENTO DEL USO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD .....	44
A.3.16 AUMENTO DEL USO DEL CASCO .....	44
<b>A.4 VEHÍCULOS SEGUROS .....</b>	<b>45</b>
A.4.1 INTRODUCCIÓN .....	45
A.4.2 NORMAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD .....	46
A.4.3 CINTURONES DE SEGURIDAD .....	47
A.4.4 MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS .....	47
A.4.5 LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA PARA TURISMOS Y CAMIONES.....	48
A.4.6 LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA PARA VEHÍCULOS DE DOS O TRES RUEDAS .....	48
A.4.7 SISTEMAS ANTIEMPOTRAMIENTO EN CAMIONES .....	48
A.4.8 CONTROL ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD .....	49
A.4.9 TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA VEHÍCULOS, INCLUIDOS LOS VEHÍCULOS TOTAL O PARCIALMENTE AUTOMATIZADOS 49	49
<b>A.5 ATENCIÓN TRAS UN SINIESTRO DE TRANSITO .....</b>	<b>51</b>
A.5.1 INTRODUCCIÓN .....	51
A.5.2 SISTEMAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA, INCLUIDOS NÚMERO ÚNICO NACIONAL Y APOYO LOGÍSTICO .....	51
A.5.3 MEJORA DE LA ATENCIÓN DE EMERGENCIA .....	51
A.5.4 MEJORA DE LAS TÉCNICAS DE PRIMEROS AUXILIOS DIRIGIDAS AL PÚBLICO.....	52
A.5.5 MEJORA DE LA ATENCIÓN HOSPITALARIA.....	52

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

Esta guía se ha elaborado para ayudar a los lectores a comprender que no todas las intervenciones de seguridad vial revisten la misma eficacia. Algunas aportan beneficios sustanciales, mientras que otras tienen efectos positivos muy limitados o incluso nulos, pero a pesar de ello pueden recomendarse o aceptarse erróneamente. Algunas intervenciones que siguen utilizándose tienen incluso efectos perjudiciales para la seguridad vial.

Los conocimientos sobre seguridad vial han mejorado sustancialmente en las últimas décadas, pero siguen siendo una ciencia relativamente nueva. La base empírica sobre las intervenciones eficaces en materia de seguridad vial es cada vez mayor, y se añaden nuevos datos con regularidad. Cuando se implementan correctamente, algunas intervenciones son conocidas por su gran eficacia a la hora de reducir los siniestros mortales y graves. Sin embargo, las mismas intervenciones pueden producir solo beneficios limitados cuando se aplican de forma incorrecta. Otras intervenciones tienen beneficios limitados independientemente de cómo se apliquen, mientras que se ha demostrado que un pequeño número son perjudiciales.

Las intervenciones ineficaces se han adoptado y se siguen aplicando por diversas razones. Entre ellas se incluyen la creencia errónea de que funcionarán basándose en suposiciones de «sentido común», la facilidad de aplicación, la aceptación política, el bajo coste y la popularidad. En ciertos casos, existen pruebas de investigación deficientes que proporcionan resultados engañosos. **Reviste una profunda importancia el hecho de no malgastar recursos en estas intervenciones ineficaces en favor de la seguridad vial, sino más bien utilizar intervenciones de seguridad vial estrictamente basadas en evidencias de los proyectos del Banco Mundial y de otros organismos, así como en la elección de acciones en cualquier programa de seguridad vial.**

Esta guía ofrece asesoramiento sobre «lo que funciona y lo que no funciona» en materia de seguridad vial, centrándose en las intervenciones que pueden utilizar quienes trabajan en países de renta baja y media (PRMB). Aunque el público al que va dirigida es principalmente el que trabaja en los PRMB, la información será probablemente de interés y relevancia en todos los demás países. El contenido será valioso para quienes trabajan en seguridad vial a nivel de políticas o de profesionales, incluidos los jefes de equipos técnicos del Banco Mundial y quienes, en países clientes, pretenden establecer o ampliar programas de seguridad vial.

La guía ofrece una introducción al tema de las intervenciones de seguridad vial, un resumen de las conclusiones y referencias para obtener información más detallada. El documento sitúa los conocimientos en el contexto de un «Sistema Seguro» y subraya la necesidad de un enfoque basado en evidencia en todos los componentes del Sistema Seguro. El elemento central de esta guía es un cuadro resumen con una visión general de las intervenciones beneficiosas y no beneficiosas. En un anexo se ofrece información más detallada, incluidos estudios de casos y referencias a la base de evidencia que respaldan el resumen.

En esta guía, las intervenciones eficaces se definen como aquellas que reducen las lesiones mortales y graves. Las intervenciones más eficaces son aquellas que reducen sustancialmente o eliminan estas lesiones. Por lo tanto, las intervenciones ineficaces son por tanto, las intervenciones ineficaces son aquellas que no reducen estas lesiones. La guía se centra en la eficacia de la intervención en términos de esta reducción de lesiones mortales y graves, y no en cuestiones como el coste, la aceptabilidad pública, el periodo de beneficio (tratamiento o vida útil) o cuestiones relacionadas. Aunque la eficacia de las intervenciones debe ser una de las principales motivaciones a la hora de seleccionar soluciones

de seguridad vial, también deben tenerse en cuenta estas otras cuestiones.<sup>1</sup> Por ejemplo, un análisis económico que compare los costes de las intervenciones y sus probables beneficios (o el ahorro en los costes de los siniestros) es importante para garantizar que las intervenciones sean rentables y que los recursos limitados se inviertan en las soluciones más beneficiosas. En esta guía no se ha facilitado información sobre este aspecto de la eficacia, ya que este análisis depende del contexto (por ejemplo, el coste de las intervenciones puede variar sustancialmente entre países o incluso entre distintos entornos viarios dentro de un mismo país).

Existe una gran variedad de documentos disponibles sobre el tema de la eficacia de las intervenciones, a muchos de los cuales se hace referencia en este documento, pero hay algunas diferencias clave en esta guía, entre ellas que:

- Se centra tanto en lo que es eficaz como en lo que no lo es, lo que es único en el contexto de la seguridad vial.
- Ofrece un contraste entre las intervenciones eficaces y las que no lo son, lo que permite a los lectores hacer comparaciones, orientando así la toma de decisiones.
- Proporciona información sobre intervenciones eficaces en todos los pilares del Sistema Seguro de seguridad vial y tiene en cuenta el concepto de sistemas seguros.
- Ofrece consejos directos a quienes trabajan en PRMB.
- Es concisa, pero aborda las principales intervenciones en materia de seguridad vial respaldadas por una sólida base empírica en cada pilar.

## 1.2 LA SEGURIDAD VIAL Y EL BANCO MUNDIAL

La dilatada preocupación del Banco Mundial por la seguridad vial en el mundo se ha visto revitalizada por los recientes avances. Los importantes efectos de las muertes y lesiones causadas por los siniestros de tráfico en el crecimiento económico de los PRMB son cada vez más conocidos. Las muertes y lesiones por siniestros de tráfico causan sufrimiento humano, dolor, pérdida y discapacidad. Los análisis del Fondo Mundial para la Seguridad Vial (GRSF) del Banco Mundial muestran que las víctimas mortales y los heridos en siniestros de tráfico también cuestan a las economías de los PRMB 1,7 billones de dólares y más del 6,5 % del PIB todos los años,<sup>2</sup> lo que supone un retraso en el crecimiento económico de estos países.<sup>3</sup> Los siniestros también conducen a las familias a la pobreza debido a la pérdida de los ingresos familiares por fallecimiento o discapacidad.<sup>4</sup> <sup>5</sup> Por lo tanto, la mejora de la seguridad vial incide directamente en el doble objetivo del Banco de reducir la pobreza y aumentar la prosperidad compartida, así como en su atención al crecimiento del capital humano. Estas consideraciones también son válidas para otros bancos multilaterales de desarrollo. Desde 2018, el Marco medioambiental y social del Banco Mundial incluye la seguridad vial, a través de la Norma medioambiental y social 4 (ESS4).<sup>6</sup> El Banco Mundial también ha elaborado una Nota sobre buenas prácticas para los requisitos de seguridad vial del Marco medioambiental y social.<sup>7</sup>

---

<sup>1</sup> Para obtener más detalles, véase Turner, B., Styles, T., & Jurewicz, J. (2012) *Investigation of Black Spot Treatments*, in *Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics [Investigación de tratamientos de puntos negros, en Oficina de Infraestructuras, Transporte y Economía Regional] (BITRE), 2012, Evaluation of the National Black Spot Program Volume 3 [Evaluación del Programa Nacional de Puntos Negros Volumen 3] BITRE Informe 126, Canberra ACT.*

<sup>2</sup> Banco Mundial (2019). *Guide for Road Safety Opportunities and Challenges: Low- and Middle-Income Countries Country Profiles [Guía de oportunidades y retos para la seguridad vial: Perfiles de países de ingresos bajos y medios.]*. Washington, D.C., EE. UU.: Banco Mundial.

<sup>3</sup> Banco Mundial (2017). *The High Toll of Traffic Injuries: Unacceptable and Preventable [El alto precio de las lesiones de tráfico: Inaceptables y evitables]. Un estudio del Banco Mundial. Informe técnico P155310 de Advisory Services and Analytics.* Washington, D.C.: Banco Mundial.

<sup>4</sup> Bodrum, L., Tucker, P., Sakashita, S., Kinyanjui, P., & Man, L. (2020). *The Day Our World Crumbled: The Human Impact of Inaction on Road Safety [El día en que nuestro mundo se desmoronó: El impacto humano de la inacción en la seguridad vial]*. Alianza Global de ONG para la Seguridad Vial

<sup>5</sup> Aeron-Thomas, A., Jacobs, G. D., Sexton, B., Gururaj, G., & Rahman, F. (2004). La implicación y el impacto de los siniestros de tráfico en los pobres: Estudios de caso de Bangladesh e India. *Laboratorio de investigación del transporte, informe de proyecto publicado, PPR010.*

<sup>6</sup> Para consultar los recursos del Marco social y medioambiental del Banco Mundial: <https://projects.worldbank.org/en/projects-operations/environmental-and-social-framework/brief/environmental-and-social-framework-resources>

<sup>7</sup> Banco Mundial (2019). *Nota sobre buenas prácticas: Environment & Social Framework for IPF Operations Road Safety [Marco medioambiental y social para las operaciones de la IPF Seguridad vial]*. Washington D.C.: Banco Mundial. <http://pubdocs.worldbank.org/en/648681570135612401/Good-Practice-Note-Road-Safety.pdf>

## 1.3 PREPARAR EL TERRENO EN EL CONTEXTO DE UN SISTEMA SEGURO

El Sistema Seguro ha sido adoptado en todo el mundo, incluso por el Banco Mundial, y ha cambiado significativamente la forma en que se gestiona y se ofrece la seguridad vial, creando resultados de seguridad vial muy mejorados para muchos países.<sup>8</sup> Se trata de un enfoque en el que los riesgos para el tráfico y la seguridad vial se abordan a nivel de todo el sistema. Este enfoque reconoce que los usuarios de la carretera son seres humanos que inevitablemente cometen errores que pueden provocar un siniestro. El cuerpo humano únicamente puede soportar cierto nivel de energía cinética antes de que un choque provoque la muerte o lesiones graves. Por lo tanto, el sistema vial debe ser indulgente y tener en cuenta esta vulnerabilidad para evitar lesiones graves o la muerte en caso de colisión.<sup>9 10 11</sup>

Un Sistema Seguro comprende varios componentes esenciales que, en conjunto, reflejan una visión holística de la seguridad vial. El sistema depende de que estos componentes trabajen juntos para reducir, y finalmente eliminar, las muertes y las lesiones graves. Los componentes clave del sistema incluyen:

- Gestión de la seguridad vial
- Carreteras y arcones seguros
- Velocidades seguras
- Seguridad vial
- Vehículos seguros
- Atención eficaz tras un siniestro<sup>12</sup>

Estos componentes actúan conjuntamente (es decir, como un sistema) para producir un entorno que permita reducir y, en última instancia, eliminar las lesiones mortales y graves. Las intervenciones deben provenir de todos estos pilares para obtener resultados del Sistema Seguro.

En esta nota se utilizan estos componentes del Sistema Seguro para estructurar un debate relativo a las intervenciones eficaces en materia de seguridad vial, al tiempo que se reconoce que es necesario un enfoque que abarque todos los pilares.

## 1.4 NECESIDAD DE UN ENFOQUE DE SEGURIDAD VIAL BASADO EN LA EVIDENCIA

La financiación para obtener resultados en materia de seguridad vial es limitada, y esto es relevante en todos los países. Por tanto, es necesario invertir en soluciones que aporten el mayor beneficio. Como se ha indicado anteriormente, el objetivo es reducir y, en última instancia, eliminar las víctimas mortales y los heridos graves. Para cumplir este objetivo lo más rápida y eficazmente posible, es necesario disponer de una base empírica sólida sobre las intervenciones eficaces. Cada vez hay más evidencia de la eficacia de las intervenciones en materia de seguridad vial. Esta base empírica se ha establecido utilizando una metodología de evaluación rigurosa. En muchos casos hay evidencia clara de los beneficios de algunos tratamientos. Como se señala más adelante, los beneficios pueden ser sustanciales, y algunas intervenciones pueden casi eliminar las muertes y lesiones graves.

<sup>8</sup> Mooren, L, Grzebieta, R., Job, R.F.S. Williamson, A. (2011). Safe System – International Comparisons of this Approach [ Sistema seguro - Comparaciones internacionales de este enfoque]. A *Safe System-making it happen: Proceedings of the Australasian College of Road Safety Conference [Un sistema seguro: ponerlo en práctica: Actas de la Conferencia del Colegio Australiano de Seguridad Vial, Melbourne]* Septiembre de 2011. <http://acrs.org.au/wp-content/uploads/Mooren-et-al-Safe-System-%E2%80%93-Comparisons-of-this-Approach-in-Australia.pdf>.

<sup>9</sup> Job, RFS. Re-invigorating and refining Safe System advocacy [Revigorizar y perfeccionar la defensa del sistema seguro]. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, Vol. 28, N.º 1, Feb 2017: 64-68.

<sup>10</sup> Turner, B, Breen, J & Howard, E, 2015, *Road safety manual: a manual for practitioners and decision makers on implementing safe system infrastructure [Manual de seguridad vial: manual para profesionales y responsables de la toma de decisiones sobre la implantación de infraestructuras de sistemas seguros]*; 2ª ed, Asociación Mundial de la Carretera París, Francia.

<sup>11</sup> Turner, B Cairney, P Jurewicz, C & McTiernan, D (2010) Recent progress in implementing the safe system approach [Avances recientes en la aplicación del enfoque de sistema seguro]. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 21, 1, 17-19.

<sup>12</sup> Existen variantes sobre estos pilares y, en ocasiones, sobre la terminología utilizada. Esta lista procede del Plan de acción mundial para la seguridad vial (Grupo de colaboración de las Naciones Unidas para la seguridad vial (2011). Plan Mundial para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020. Organización Mundial de la Salud [www.who.int/roadsafety/decade\\_of\\_action](http://www.who.int/roadsafety/decade_of_action).), con la adición de un pilar de velocidad (para la justificación de esta inclusión, véase Wambulwa, WM. & Job, S. (2020). *Guide for road safety opportunities and challenges: Low- and middle-income country reports [Guía de oportunidades y retos para la seguridad vial: Informes de países de renta baja y media]*. Washington, D.C.: Fondo Mundial para la Seguridad Vial, Banco Mundial.

En otros casos, las evidencias son menos claras. Esto puede deberse a que aún no hemos evaluado completamente una intervención, quizá porque es relativamente nueva. El Fondo Mundial para la Seguridad Vial (GRSF) anima a seguir investigando para garantizar la evaluación de las intervenciones y la difusión de los resultados de las buenas prácticas.

En algunos casos, puede ser muy difícil determinar un beneficio claro, ya sea porque la intervención no ha tenido un impacto claro o porque no se dispone de los recursos necesarios para llevar a cabo una evaluación. Sin embargo, existen muchas intervenciones eficaces evaluadas exhaustivamente que deben preferirse a las intervenciones de impacto desconocido.

A veces se financian intervenciones con beneficios mínimos, aunque no sean las soluciones más eficaces de que disponemos. En cualquier caso, únicamente debería producirse cuando sea necesario como parte de una estrategia a más largo plazo, para lograr el apoyo/aceptabilidad política necesarios para llevar a cabo acciones más eficaces, es decir, únicamente como un componente adicional junto con intervenciones muy eficaces. La adopción de intervenciones ineficaces sin la aplicación de las intervenciones más eficaces no debería ser la práctica habitual.

Ahora sabemos claramente que **algunas intervenciones que se han utilizado para mejorar la seguridad pueden provocar un aumento de las colisiones graves**. Lo que puede parecer una buena idea a primera vista puede no resistir el escrutinio científico. Esta situación se da en diversos ámbitos de decisión de las políticas públicas, y no solo en el de la seguridad vial. El ejemplo del estudio de caso 1 pertenece a un ámbito político ajeno a la seguridad vial, concretamente al de la justicia penal. Este ejemplo bien documentado muestra cómo algunas iniciativas políticas pueden producir resultados contrarios a la intuición. Más adelante se muestran ejemplos similares procedentes de la seguridad vial.

## ESTUDIO DE CASO 1- PROGRAMA “SCARED STRAIGHT” PARA LA PREVENCIÓN DE CONDUCTAS DELICTIVAS EN JÓVENES DELINCUENTES

Los programas «Scared Straight» («Derecho al miedo») consistían en visitas organizadas a prisiones por parte de jóvenes delincuentes. El objetivo era exponer a los jóvenes delincuentes a cárceles y reclusos reales con la esperanza de disuadirles (o «asustarles») de seguir delinquir. A primera vista, parece un enfoque útil. Sin embargo, se han llevado a cabo muchas evaluaciones de estos programas, y una sólida revisión de la cuestión concluyó que «no solo no consigue disuadir de la delincuencia, sino que en realidad conduce a un mayor comportamiento delictivo»<sup>13</sup>). Las razones por las que el programa no tuvo éxito no están del todo claras, pero es probable que los jóvenes delincuentes no crean que serán capturados, o que no adopten una perspectiva a largo plazo respecto a las consecuencias de sus actos, o puede que tengan menos miedo a la cárcel porque les resulta familiar.<sup>14</sup>

Además, pueden verse influidos por sus compañeros más desviados que participan en el programa. Por desgracia, el programa «Scared Straight» sigue siendo popular entre los responsables políticos, quizá porque intuitivamente parece un buen enfoque, es barato de aplicar y es políticamente popular, ya que ofrece una solución aparentemente útil a un problema importante. Lo importante es que todavía no se cree en la evidencia, por lo que se está haciendo más daño que bien con este tipo de programa. De hecho, la revisión referida anteriormente también informó de que la respuesta política a este hallazgo negativo no fue dejar de ejecutar la intervención, sino dejar de financiar la investigación.

<sup>13</sup> Petrosino, A., Turpin-Petrosino, C., & Buchler, J. 2009, «Scared Straight» and other juvenile awareness programs for preventing juvenile delinquency (Review) [«Scared Straight» y otros programas de concienciación juvenil para prevenir la delincuencia juvenil (Revisión)], The Cochrane Collaboration, John Wiley & Sons.

<sup>14</sup> Se trata de un efecto bien establecido en psicología, en el que la simple exposición a una situación reduce el miedo y aumenta el agrado: Anand, P. y Sternthal, B. (1991). Perceptual fluency and affect without recognition [Fluidez perceptiva y afecto sin reconocimiento]. *Memory and Cognition* [Memoria y cognición], 13, 293-300; Zajonc, R. B. (1968). Attitudinal effects of mere exposure [Efectos actitudinales de la mera exposición]. *Journal of Personality and Social Psychology Monographs*, 9(2, Pt. 2), 1-27.

## 1.5 APLICABILIDAD DE LAS EVIDENCIAS EN LOS PRMB

La política de seguridad vial en los PRMB se crea a veces sin tener en cuenta la sólida base de evidencias existente. Una de las razones para ello es la opinión de que las evidencias procedentes de otros países, especialmente de los países de ingresos altos (PRA), no son aplicables en los PRMB. De hecho, gran parte de la evidencia disponible sobre lo que funciona proceden de los PRA. Puede resultar difícil obtener evidencias similares sobre la eficacia de una intervención en los PRMB porque a menudo no se dispone de datos de choque y otros datos relevantes o no se comunican de forma fiable.<sup>15</sup> Esto hace que las evaluaciones rigurosas de las intervenciones en los PRMB sean todo un reto (en los casos en los que hemos encontrado ejemplos procedentes de los PRMB se señalan en las evidencias justificativas del Anexo A.1). Por este motivo, a veces se descarta la aplicación de las evidencias de los PIA a los PRMB. Otro reto es que los hallazgos de la investigación y la aplicación pueden no difundirse adecuadamente entre quienes trabajan en los PRMB, ya que la información se presenta en revistas académicas o en costosos manuales. A menudo se elaboran en inglés, lo que supone una barrera adicional para quienes trabajan en los PRMB, donde el inglés no siempre se entiende bien.

Aunque un análisis más profundo muestra que esta desestimación es a menudo engañosa, la desestimación de la aplicabilidad puede considerarse acertada, basándose en las diferencias visibles entre los PRMB: los PRA suelen tener mejores vehículos, una aplicación más eficaz de la ley y procesos sancionadores más rigurosos, mejores carreteras, límites de velocidad urbanos más bajos y una mejor atención tras el siniestro de tránsito, con ambulancias y servicios de urgencias bien equipados. Además, cada país tiene características culturales distintas, a menudo combinadas con diferencias geográficas, políticas y religiosas. Las numerosas diferencias existentes se consideran a veces una base sólida para no plantearse la adopción de soluciones que se sabe que funcionan en otros países, especialmente en los países de renta alta. Sin embargo, descartar soluciones probadas en otros países puede ser demasiado precipitado y provocar la pérdida de oportunidades de salvar muchas vidas y prevenir discapacidades en varios PRMB. Hay buenas razones para no descartar la aplicabilidad de las evidencias sin un profundo análisis específico. A pesar de nuestra extraordinaria diversidad, **en materia de seguridad vial nos unen más cosas de las que nos separan**. Nuestros puntos en común críticos y relevantes incluyen:

- Las leyes físicas de aplicación universal que determinan las fuerzas de choque, y los efectos de la velocidad sobre la fuerza y el tiempo de reacción permitido;
- Tenemos cuerpos fundamentalmente similares y, por tanto, todos somos vulnerables a la fuerza física que puede matarnos o generar discapacidades en los choques;
- Todos cometemos errores y todos somos vulnerables a los efectos perjudiciales de las drogas, el alcohol, la fatiga y las distracciones;
- Todos los países tienen velocidades de circulación que permiten fuerzas físicas que pueden causar muertes y discapacidades en caso de siniestro de tránsito;
- Todos los países tienen carreteras en las que se mezclan vehículos y usuarios vulnerables;
- Todos los países tienen carreteras que permiten los choques frontales empleando solo finas líneas de pintura o incluso menos para separar el tráfico que viene en sentido contrario;

---

<sup>15</sup> Se calcula que en los PRMB no figura el 84 % de las muertes en las bases de datos oficiales de siniestros por países, mientras que en los PIA no figura el 51 %. Véase: Banco Mundial (2019). *Guide for Road Safety Opportunities and Challenges: Low- and Middle-Income Countries Country Profiles [Guía de oportunidades y retos para la seguridad vial: Perfiles de países de ingresos bajos y medios.]*. Washington, D.C., EE. UU.: Banco Mundial.

- Compartimos psicologías similares: la mayoría de nosotros tenemos un exceso de confianza en nuestra conducción y un optimismo poco realista sobre nuestro futuro, lo que nos genera sentimientos de invulnerabilidad ante los siniestros graves.<sup>16 17 18</sup>

Por tanto, y a pesar de nuestras diferencias, muchas intervenciones mejoran inevitablemente la seguridad vial, como las infraestructuras para reducir la velocidad (especialmente cuando hay usuarios vulnerables), la separación del tráfico en sentido contrario con barreras, hacer que los peatones caminen por las aceras en lugar de por la calzada y utilizar la disuasión general para desalentar los comportamientos inseguros. Para lograr estas intervenciones, resulta necesario que todos los países destinen recursos financieros efectivos a la seguridad vial. No obstante, la cultura, la religión, la geografía y otras circunstancias distintivas siguen siendo de vital importancia para la seguridad vial. El arte en la aplicación de una política y unos programas de seguridad vial sólidos reside en aceptar las evidencias válidas vitales procedentes de otros lugares, utilizar esas pruebas para dar prioridad a las intervenciones más eficaces a la hora de abordar los retos locales en materia de seguridad vial, pero comprendiendo las circunstancias locales distintivas, y perfeccionar la aplicación, las narrativas y las comunicaciones para abordar estas circunstancias locales distintivas.

**Las intervenciones deben elegirse basándose en la evidencia. Sin embargo, las intervenciones y/o los mensajes empleados para apoyarlas en la comunidad deben adaptarse a la cultura y las creencias locales.**

---

<sup>16</sup> Job, RFS (1990). The application of learning theory to driving confidence: The effect of age and the impact of random breath testing [La aplicación de la teoría del aprendizaje a la confianza en la conducción: El efecto de la edad y el impacto de las pruebas aleatorias de alcoholemia]. *Accident Analysis and Prevention [Análisis y prevención de siniestros]*, 22, 97-107.

<sup>17</sup> Svenson, O. (1981). Are we all less risky and more skilful than our fellow drivers? [¿Somos todos menos arriesgados y más hábiles que nuestros compañeros conductores?] *Acta Psychologica*, 47 (2) páginas 143-148.

<sup>18</sup> Weinstein, ND. (1984) Why it won't happen to me: Perceptions of risk factors and susceptibility [Por qué no me va a pasar a mí: Percepciones de los factores de riesgo y susceptibilidad]. *Health Psychology*, 3(5), 431-457.

## 2. RESUMEN DE LO QUE FUNCIONA Y LO QUE NO FUNCIONA

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Esta sección ofrece un resumen sobre la eficacia de las intervenciones utilizadas en seguridad vial. Se facilita información sobre cada uno de los pilares del Sistema Seguro. La gestión de la seguridad vial es un factor clave para llevar a cabo intervenciones de seguridad. Los enfoques utilizados para gestionar la seguridad vial se prestan menos a la evaluación empírica. Por el contrario, los siguientes son elementos de gestión de la seguridad vial generalmente aceptados como buenas prácticas:<sup>19</sup>

- Adoptar un enfoque de Sistema Seguro para abordar la seguridad vial
- Empezar una revisión de la capacidad de gestión de la seguridad vial y aplicar las conclusiones
- Aportar un fuerte liderazgo en seguridad vial a través de una «agencia líder»
- Establecimiento de un marco de gestión de la seguridad vial con indicadores clave de rendimiento (KPI, por sus siglas en inglés), incluido el requisito de estrategias de recopilación de datos para planificar y supervisar eficazmente la actividad y los resultados de la seguridad vial
- Crear capacidades de seguridad vial en todo el sector
- Desarrollar y adoptar estrategias ambiciosas y objetivos de seguridad vial con informes periódicos sobre los progresos realizados.

Este informe se centra en el resto de los pilares del Sistema Seguro (carreteras y arcenes seguros, velocidades seguras, vehículos seguros, usuarios de la carretera seguros y atención posterior a los siniestros) utilizándolos como estructura para este debate. A lo largo de varias décadas se ha desarrollado un enfoque basado en la evidencia sobre las intervenciones relacionadas con cada uno de estos pilares.

La información que sigue resume la eficacia potencial de los distintos tipos de intervenciones de seguridad vial. Cada intervención se califica en términos de eficacia. Una reducción esperada de las colisiones superior al 30% se ha clasificado como «altamente eficaz», mientras que las intervenciones con beneficios inferiores al 30% se han clasificado como «eficaces».<sup>20</sup> Algunas intervenciones se han clasificado como «no eficaces» porque no han mostrado ningún beneficio para la seguridad en la bibliografía. También hay varias intervenciones que se han destacado por provocar un aumento de las colisiones.

Incluso en el caso de las intervenciones muy eficaces, es posible que, si no se aplican siguiendo los principios de las mejores prácticas, los beneficios no se produzcan, e incluso podría ser perjudicial para la seguridad vial. Como ejemplo, las rotondas, cuando están bien diseñadas y son adecuadas para su contexto local, pueden producir beneficios sustanciales. Sin embargo, existen ejemplos de mal diseño, y en estas situaciones los beneficios se verán muy reducidos (véase el Anexo A.1.1).

Hay un pequeño número de excepciones a la información proporcionada, sobre todo en relación con las intervenciones en los usuarios de la carretera (analizadas en el Anexo A.1). Además, como ya se ha comentado, una ejecución deficiente de las intervenciones producirá beneficios sustancialmente inferiores, por lo que estos resultados indican en general una eficacia potencial máxima, aunque hay excepciones en las que los beneficios pueden ser mayores.

<sup>19</sup> B Bliss, A, Breen, J. (2013) Road Safety Management Capacity Reviews and Safe System Projects Guidelines (Updated Edition), Fondo mundial para la Seguridad Vial/Banco Mundial, Washington D.C.

<sup>20</sup> Esta cifra variará en función del nivel de gravedad y del tipo de colisión objetivo (es decir, peatones o vehículos motorizados). A menos que se indique lo contrario, esta cifra se refiere a la reducción de colisiones con víctimas entre todos los usuarios de la vía pública porque es sobre lo que informan la mayoría de las pruebas disponibles. Puede resultar difícil comparar la eficacia de las intervenciones, ya que algunas se aplican a cambios en tramos discretos de las carreteras y otras a políticas de aplicación general.

La lista de intervenciones que se ofrece en este capítulo no es exhaustiva, sino que proporciona una selección de las más utilizadas en los PRMB. La base empírica que sustenta cada una de estas evaluaciones puede consultarse en el Anexo A.1, o haciendo clic en el hipervínculo correspondiente a cada intervención.

## 2.2 CARRETERAS Y ARGENES SEGUROS

INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	EFICACIA POTENCIAL
<b>TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO</b>	Prestación de servicios organizados de autobús, <sup>21</sup> tren ligero y tren pesado	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>SISTEMAS DE BARRERAS LATERALES DE CARRETERA</b>	Barreras de hormigón, acero y/o cable metálico que constriñen a los vehículos cuando abandonan la calzada	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>SISTEMAS CENTRALES DE BARRERA</b>	Barrera de hormigón, acero y/o cable metálico que constriñe a los vehículos cuando salen de la calzada y cruzan al tráfico contrario	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>MEDIANAS</b>	Separación de los vehículos que circulan en sentidos opuestos, ya sea mediante zonas de separación construidas o pintadas	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>INFRAESTRUCTURA DE APOYO ADECUADA VELOCIDAD PARA LOS USUARIOS DE LA CARRETERA</b>	Véase «Velocidad segura»	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>ROTONDAS</b>	Medida de control de la intersección aplicada para reducir la velocidad, el ángulo de impacto y los puntos de conflicto de los usuarios de la carretera	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>SEPARACIÓN DE RASANTES EN LAS INTERSECCIONES</b>	Construcción de pasos superiores o inferiores con rampas de entrada y salida	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL RIESGO EN INTERSECCIONES</b>	Impedir físicamente los giros de tráfico transversal en las intersecciones, o cerrar las intersecciones de baja calidad y redirigir el tráfico hacia instalaciones de alta calidad	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>SENDEROS PEATONALES</b>	Una sección libre de la calzada utilizada por los peatones	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>PASOS DE PEATONES</b>	Punto de cruce que da prioridad a los peatones, incluidos los pasos señalizados o los pasos a distinto nivel (paso subterráneo peatonal o pasarela, paso elevado peatonal). <sup>22</sup>	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>INSTALACIONES SEPARADAS PARA BICICLETAS</b>	Carril para bicicletas separado físicamente del tráfico motorizado	<b>EFICACES</b>
<b>INSTALACIONES SEPARADAS PARA MOTOCICLETAS</b>	Carriles para motocicletas separados del resto del tráfico mediante líneas o separación física.	<b>EFICACES</b>
<b>OTRAS MEJORAS EN LAS INTERSECCIONES</b>	Semáforos y carriles de giro	<b>EFICACES</b>

<sup>21</sup> Los servicios informales de minibuses y camiones de pasajeros no entran en esta categoría.

<sup>22</sup> Véase también «Cruce elevado» en la sección «Velocidad»

<b>SEÑALIZACIÓN Y DEMARCACIÓN</b>	Señales de advertencia, direccionales y otras señales de tráfico y señalización de líneas	<b>EFICACES</b>
<b>MARCADO DE LÍNEAS AUDIOTÁCTIL</b>	Tramos de carretera elevados o fresados (cortados), colocados a lo largo de la carretera (en el borde o en el centro) o a través de la carretera, para advertir a los usuarios de los peligros	<b>EFICACES</b>
<b>MEJORAR EL REVESTIMIENTO DE SUPERFICIES DE MALA CALIDAD CARRETERAS SIN MEJORA ADICIONAL DE LAS INFRAESTRUCTURAS</b>	Proporcionar un firme de alta calidad (es decir, asfaltar una carretera de tierra) en una carretera de mala calidad (es decir, con una alineación y anchura deficientes) <sup>23</sup> .	<b>NO EFICACES: AUMENTO DEL RIESGO</b>

## 2.3 VELOCIDADES SEGURAS

<b>INTERVENCIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>EFICACIA POTENCIAL</b>
<b>PACIFICACIÓN DEL TRÁFICO, INCLUIDOS LOS BADENES, CHICANAS</b>	Reducir la velocidad del tráfico, especialmente en las zonas de mayor riesgo (es decir, presencia de usuarios vulnerables; infraestructura de mala calidad; entrada en una zona urbanizada por una carretera rural)	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>ROTONDAS</b>	Medida de control de la intersección aplicada para reducir la velocidad, el ángulo de impacto y los puntos de conflicto de los usuarios de la carretera	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>INTERSECCIONES ELEVADAS</b>	Sección elevada de la calzada en la aproximación y/o a través de una intersección	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>PASOS ELEVADOS</b>	Sección elevada de la calzada en un paso de peatones	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>TRATAMIENTOS DE ACCESO O TRANSICIÓN</b>	Señales utilizadas con otras medidas (incluido el estrechamiento físico o pintado del carril) para crear un umbral, acceso o transición entre entornos de alta y baja velocidad	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>LÍMITES DE VELOCIDAD MÁS BAJOS</b>	Límites de velocidad máximos obligatorios para los vehículos, más eficaces cuando se fijan para proporcionar una movilidad segura a todos los usuarios de la carretera y se apoyan en un diseño adecuado de las infraestructuras	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>ZONAS DE 30 KM/H (20 MPH) PARA PEATONES</b>	Entornos viarios diseñados para reducir la velocidad a 30 km/h (20 mph) o a una velocidad inferior.	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>RADARES DE VELOCIDAD</b>	Cámaras móviles o fijas que pueden detectar la velocidad de los vehículos en un punto determinado o a lo largo de una carretera	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>AUMENTAR LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO SIN MEJORA DE LA CALIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS</b>	Aumento de la velocidad del tráfico sin mejoras adecuadas en las infraestructuras <sup>24</sup>	<b>NO EFICACES: PUEDE AUMENTAR EL RIESGO</b>

<sup>23</sup> De este modo aumentará la velocidad de los vehículos sin apoyar a los usuarios de la carretera con una infraestructura mejorada. Consulte también las intervenciones de «Velocidad segura» sobre este tema.

<sup>24</sup> Entre los ejemplos de mejora de las infraestructuras cabe citar la atención a los usuarios vulnerables de la carretera (por ejemplo, cruces y aceras), la mejora de la alineación y las secciones transversales de la carretera, y el control y la gestión de los accesos.

## 2.4 USUARIOS SEGUROS

INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	EFICACIA POTENCIAL
<b>SISTEMAS DE PERMISOS DE CONDUCIR QUE INCLUYEN EXTENSAS PRÁCTICAS EN CARRETERA</b>	Permiso estructurado que implica una amplia formación supervisada en carretera y un examen exhaustivo de la capacidad del conductor	<b>EFICACES</b>
<b>SISTEMAS DE PERMISOS DE CONDUCIR GRADUALES</b>	Sistemas para conductores noveles que limiten las situaciones en las que pueden conducir (es decir, limitando los pasajeros; tolerancia cero de alcohol; restringiendo los vehículos que se pueden conducir)	<b>EFICACES</b>
<b>PERMISO MEDIANTE SOLICITUD O PAGO <sup>25</sup></b>	Sistemas para la obtención del permiso de conducir que no requieren una amplia formación en carretera ni exámenes estrictos, sino que se obtienen a través de una solicitud (incluso mediante pagos ilegales).	<b>NO EFICACES</b>
<b>AUMENTAR LA EDAD PARA OBTENER EL PERMISO DE CONDUCIR ELEGIBILIDAD</b>	Aumentar la edad mínima de acceso para los nuevos conductores	<b>EFICACES</b>
<b>FORMACIÓN SOBRE PERCEPCIÓN DEL PELIGRO Y LA EVIDENCIA</b>	Formar a los conductores noveles para que anticipen y perciban mejor los peligros como parte de los rigurosos regímenes de permisos de conducir	<b>EFICACES</b>
<b>DESPUÉS DE LA OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CONDUCIR EDUCACIÓN Y FORMACIÓN <sup>26 27</sup></b>	Formación posterior a la obtención del permiso para conductores o motoristas	<b>NO EFICACES: ALGUNAS CONLLEVAN UN MAYOR RIESGO</b>
<b>EDUCACIÓN ESCOLAR Y FORMACIÓN <sup>28</sup></b>	Programas de formación o educación dentro del sistema escolar que enseñen técnicas de conducción a estudiantes de secundaria	<b>NO EFICACES: ALGUNAS CONLLEVAN UN MAYOR RIESGO</b>
<b>EDUCACIÓN PÚBLICA Y CAMPAÑAS <sup>29</sup></b>	Campañas exhaustivas y continuas de educación pública vinculadas en su contenido y calendario a los regímenes de aplicación y sanción	<b>EFICACES</b>
<b>APLICACIÓN</b>	Incluye la vigilancia en carretera de la conducción bajo los efectos del alcohol, la vigilancia de la velocidad (en carretera o mediante cámaras automáticas), el uso del cinturón de seguridad y del casco	<b>EFICACES</b>

<sup>25</sup> En favor de esta opción deberían utilizarse otros sistemas de obtención de permisos. Los efectos de crear la conducción «dentro del sistema» (en lugar de empezar fuera de cualquier sistema) pueden tener beneficios, junto con el valor de la amenaza de retirar los privilegios de conducir.

<sup>26</sup> Como se indica en el Anexo A.1, se ha descubierto que algunos programas de formación basados en habilidades aumentan el riesgo de los conductores, muy probablemente a través de una mayor confianza, lo que lleva a un aumento de la asunción de riesgos. En su lugar, se recomiendan mejoras en los sistemas de concesión de permisos.

<sup>27</sup> Es probable que la formación para vehículos especializados y conductores profesionales (es decir, determinados tipos de camiones) sea eficaz, pero no se han realizado evaluaciones de impacto debido a que los grupos de muestra son muy pequeños.

<sup>28</sup> Como se destaca en el Anexo A.1, esto incluye actividades educativas ad hoc, como visitas de expertos o entusiastas de la seguridad vial. Hay excepciones a esta categoría en raras situaciones en las que se ha enseñado a los niños cómo y por dónde cruzar la carretera a una edad adecuada. Hay que tener cuidado de que no aumente la confianza de los niños en su capacidad para cruzar la carretera por sí solos o, del mismo modo, que no se induzca a los padres a creer que los niños son seguros para cruzar la carretera por sí solos después de dicha formación, hasta que alcancen una edad adecuada. Dadas las deficientes condiciones de seguridad en torno a muchas escuelas de los PRMB (como se indica en el Anexo A.1), la mejora de las infraestructuras viarias debería considerarse un mecanismo viable para mejorar la seguridad infantil.

<sup>29</sup> No son eficaces las campañas educativas que enseñan conocimientos o habilidades que no están vinculadas a regímenes de aplicación y sanción, o en las que no se ofrecen comportamientos alternativos más seguros. En su lugar, deberían utilizarse la educación pública y las campañas que se utilizan como parte de una estrategia integrada que se vincula con la aplicación de la ley y los regímenes de sanciones.

<b>SANCIONES</b>	Multas (mejor si son inevitables y no están sujetas a corrupción) y puntos de demérito (sistemas de permiso de conducir por puntos)	<b>EFICACES</b>
<b>BLOQUEOS DE ARRANQUE POR ALCOHOLEMIA <sup>30</sup></b>	Los dispositivos de bloqueo de arranque por alcoholemia comprueban el nivel de alcohol en el conductor y, si está instalado, impiden que el vehículo arranque. Las versiones modernas también exigen la repetición de las pruebas y pueden distinguir los labios humanos de una bomba para minimizar el riesgo de que el sistema sea eludido.	<b>EFICACES</b>
<b>CONTROL DE LA FATIGA <sup>31</sup></b>	Sistemas diseñados para controlar la fatiga al volante mediante sistemas integrados en el vehículo que reconocen los signos de fatiga y proporcionan advertencias e intervenciones directas para evitar que se siga conduciendo	<b>EFICACES</b>
<b>CONTROL DE VELOCIDAD <sup>31</sup></b>	Sistemas diseñados para controlar la velocidad de conducción mediante sistemas integrados en el vehículo y proporcionar advertencias e intervenciones directas para evitar el exceso de velocidad continuado	<b>EFICACES</b>
<b>AUMENTO DEL USO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD</b>	Medidas para aumentar la tasa de uso del cinturón de seguridad	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>AUMENTO DEL USO DEL CASCO</b>	Uso del casco en motocicletas y bicicletas	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>

<sup>30</sup> Únicamente eficaces cuando están instalados

<sup>31</sup> Se trata de una intervención relativamente nueva con una tecnología innovadora. Las pruebas realizadas en laboratorio y en carretera indican que es probable que esta intervención sea eficaz cuando se aplique, pero aún está por determinar la reducción de colisiones mediante evaluaciones a gran escala.

## 2.5 VEHÍCULOS SEGUROS

INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	EFICACIA POTENCIAL
<b>NORMAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD</b>	Garantizar que los vehículos nuevos y usados cumplen las normas mínimas de seguridad	<b>EFICACES</b>
<b>CINTURONES DE SEGURIDAD</b>	Cinturón o correa para sujetar con seguridad al ocupante de un vehículo durante una colisión	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS</b>	Inspección periódica del vehículo y controles de mantenimiento en carretera	<b>EFICACES</b>
<b>FAROS DIURNOS PARA COCHES Y CAMIONES</b>	Uso automatizado de los faros para aumentar la visibilidad de los vehículos a cualquier hora del día y de la noche	<b>EFICACES</b>
<b>LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA PARA VEHÍCULOS DE TRES RUEDAS</b>	Uso automatizado de los faros para aumentar la visibilidad de los vehículos a cualquier hora del día y de la noche	<b>EFICACES</b>
<b>SISTEMAS ANTIEMPOTRAMIENTO EN CAMIONES</b>	Dispositivos instalados en la parte delantera y lateral de los camiones para evitar atropellos a usuarios vulnerables de la vía pública	<b>EFICACES</b>
<b>CONTROL ELECTRÓNICO DE ESTABILIDAD</b>	Aplicación automática de frenado a ruedas individuales por parte del vehículo para evitar la pérdida de control	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>
<b>TECNOLOGÍAS AVANZADAS PARA VEHÍCULOS INCLUIDOS LOS VEHÍCULOS TOTAL O PARCIALMENTE AUTOMATIZADOS</b>	Tecnologías emergentes que reducen o evitan que los vehículos colisionen con otros vehículos o usuarios vulnerables de la vía pública, incluidos los sistemas de mantenimiento de carril y el frenado autónomo de emergencia	<b>ALTAMENTE EFICACES</b>

## 2.6 ATENCIÓN SEGURA TRAS UNA COLISIÓN

INTERVENCIÓN	DESCRIPCIÓN	EFICACIA POTENCIAL
<b>SISTEMAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA, INCLUIDOS NÚMERO ÚNICO NACIONAL Y APOYO LOGÍSTICO</b>	Sistemas para garantizar una respuesta rápida en caso de emergencia, incluidos números de teléfono específicos y apoyo logístico	<b>EFICACES</b>
<b>MEJORA DE LA ATENCIÓN DE EMERGENCIA</b>	Mejora del equipamiento y los conocimientos de los primeros respondientes y otras unidades de respuesta a emergencias	<b>EFICACES</b>
<b>MEJORA DE LAS TÉCNICAS DE PRIMEROS AUXILIOS DIRIGIDAS AL PÚBLICO</b>	Mejora de los conocimientos de los ciudadanos que pueden prestar primeros auxilios en el lugar del siniestro de tránsito	<b>EFICACES</b>
<b>MEJORA DE LA ATENCIÓN HOSPITALARIA</b>	Mejora del equipamiento y las competencias de las unidades de traumatología de los hospitales	<b>EFICACES</b>

### 3. OBSERVACIONES FINALES

Esta guía ha puesto en evidencia que la base de conocimientos sobre lo que funciona en materia de seguridad vial está creciendo, y que hay algunas intervenciones beneficiosas que deben adoptarse más ampliamente como parte de los proyectos del Banco Mundial y de otros organismos. Hay muchas intervenciones eficaces en cada uno de los pilares del Sistema Seguro. Cuando se utilizan de forma combinada (especialmente entre pilares como parte de un sistema), las intervenciones eficaces pueden producir resultados significativos en materia de seguridad vial.

Las intervenciones altamente eficaces (definidas como aquellas que producen beneficios de reducción de colisiones del 30% o más) se destacan en la tabla siguiente, teniendo en cuenta que es difícil comparar directamente diferentes tipos de intervención:<sup>32</sup>

CARRETERAS Y ARCENES	VELOCIDADES	USUARIOS	VEHÍCULOS	ATENCIÓN TRAS UN SINIESTRO
Transporte público integrado	Pacificación del tráfico	Aumento del uso del casco	Cinturones de seguridad	—
Sistemas de barrera	Rotondas	Aumento del uso del cinturón de seguridad	Control electrónico de estabilidad	
Medianas	Intersecciones elevadas		Tecnologías avanzadas para vehículos	
Soluciones de infraestructura para soportar velocidades adecuadas	Pasos elevados			
Rotondas	Tratamientos de acceso o transición			
Separación de niveles	Límites de velocidad más bajos			
Reducir la exposición al riesgo en las intersecciones	Zonas peatonales de 30 km/h (20 mph)			
Senderos peatonales	Radares de velocidad			
Pasos de peatones				

También hay una variedad de medidas de seguridad vial de apoyo en todos los pilares de la seguridad vial que aportarán beneficios en la reducción de colisiones. Cuando se utilizan en combinación (como suele hacerse en la ejecución de programas de seguridad<sup>33</sup>), estos pueden ser sustanciales.

Es importante señalar que también hay algunos ejemplos claros en los que las intervenciones no son eficaces. Las peores son las intervenciones que aumentan el riesgo. Entre ellas se incluyen:

<sup>32</sup> Algunas intervenciones operan a un nivel muy local (como los tratamientos relacionados con la carretera y la velocidad) y pueden producir grandes reducciones de colisiones en estos lugares. Otros operan a nivel de población o en una zona geográfica más amplia (como las normas mínimas para vehículos o las mejoras de la asistencia sanitaria) y pueden producir beneficios porcentuales de reducción de colisiones más modestos, pero en conjunto producen ganancias sustanciales de seguridad.

<sup>33</sup> En el caso de los tratamientos de las infraestructuras viarias, Turner & Roberts observaron que cuatro de cada cinco lugares de colisión tratados utilizaban más de una intervención (véase Roberts, P & Turner, B (2007), Estimación del factor de reducción de colisiones a partir de múltiples contramedidas de ingeniería vial, Conferencia Internacional sobre Seguridad Vial, Perth, Australia Occidental).

- Aumentar la velocidad de desplazamiento sin mejorar la calidad de la infraestructura
- La mejora del firme en carreteras de mala calidad sin una mejora adicional de la seguridad de la infraestructura
- La mayoría de las formas de educación y formación de conductores y motoristas tras la obtención del permiso de conducir
- La formación regular de los conductores en las escuelas.

Existen otras alternativas que proporcionan beneficios de seguridad demostrados y que deberían utilizarse en su lugar. Otras intervenciones que deben evitarse y que no han demostrado beneficios para la seguridad son:

- Regímenes de permisos mediante solicitud o pago
- Programas de formación o educación en las escuelas para mejorar los conocimientos sobre seguridad vial
- Campañas educativas realizadas de forma aislada

También existen alternativas para cada una de ellas y deberían utilizarse en su lugar.

Como ya se ha subrayado, **resulta de gran importancia el hecho de no malgastar recursos en estas intervenciones ineficaces en favor de la seguridad vial, sino más bien utilizar intervenciones de seguridad vial estrictamente basadas en la evidencia tanto en los proyectos del Banco Mundial como en otros organismos.**

También es notable que incluso las intervenciones eficaces o muy eficaces pueden tener beneficios disminuidos si no se utilizan de la manera adecuada (por ejemplo, algunas intervenciones de seguridad vial aplicadas en el lugar equivocado o no ejecutadas correctamente). En caso de duda, debe solicitarse asesoramiento sobre la correcta aplicación de estas intervenciones.

El GRSF anima a que se realicen más evaluaciones sólidas sobre la eficacia de las intervenciones de seguridad vial, especialmente las utilizadas en los PRMB. Para más información, o para tratar cualquiera de los temas de este documento, póngase en contacto con el equipo del GRSF ([GRSF@worldbank.org](mailto:GRSF@worldbank.org)).

## ANEXO A - ¿CUÁLES SON LAS EVIDENCIAS?

Esta sección presenta la base empírica sobre la eficacia de las distintas intervenciones en materia de seguridad vial. La información facilitada se basa en la evaluación de documentos sólidos y de fácil acceso. Cuando se disponía de ellas, se han incluido revisiones sistemáticas o metaanálisis de estudios existentes. Cuando no se dispone de ellas, se ofrece una selección de referencias sólidas. Al igual que en los cuadros del informe principal, las intervenciones están ordenadas por pilares del Sistema Seguro.

### A.1 CARRETERAS Y ARCENES SEGUROS

#### A.1.1 INTRODUCCIÓN

Hay muchas intervenciones de infraestructura diferentes que pueden aplicarse para mejorar los resultados de seguridad. Algunas de ellas pueden tener beneficios sustanciales para la seguridad, eliminando casi por completo las muertes y lesiones graves, mientras que otras tienen repercusiones más leves.

Las intervenciones que reducen la gravedad de los siniestros suelen ser las más beneficiosas, ya que reducen hasta en un 80 % el número de víctimas mortales y heridos graves. Entre ellas se incluyen los sistemas de barreras centrales y en los márgenes de las carreteras de alta velocidad, las infraestructuras que favorecen los entornos de menor velocidad (especialmente para los usuarios vulnerables de la carretera, que se tratan con más detalle en «Velocidades seguras» en la sección 2.3) y las rotondas en las intersecciones (menor velocidad de impacto y ángulo de impacto). Las intervenciones que reducen la exposición al riesgo también son muy beneficiosas. Estas intervenciones incluyen el control/gestión del acceso, la separación de los usuarios vulnerables de otros usuarios de la vía pública (es decir, proporcionando un sendero peatonal bien diseñado que se mantenga libre de obstrucciones, comercio y aparcamientos, y garantizando así que la senda peatonal sea utilizable por los peatones) y diseños que impidan los movimientos de giro cruzados (prohibiendo los movimientos de entrada o salida a la izquierda en las intersecciones para los que circulan por el lado derecho). Las intervenciones también pueden reducir la probabilidad de que se produzca un siniestro. Esta clase de intervención tiene resultados más variados. A modo de ejemplo, cabe citar la señalización y el trazado de líneas (menores beneficios para la seguridad), las señales de tráfico (beneficios moderados) y las infraestructuras que favorecen la reducción de la velocidad (beneficios elevados; véase «Velocidades seguras»).

Las intervenciones en infraestructuras pueden producir un impacto inmediato y también beneficios continuos. Una vez instalados, seguirán funcionando a un nivel similar (aunque es posible que requieran cierto mantenimiento).

Para todas las intervenciones en infraestructuras, la ejecución de las mejoras es de vital importancia. **Incluso las mejores intervenciones pueden causar daños si se seleccionan para un lugar inadecuado o si están mal diseñadas, instaladas o mantenidas.** La selección y aplicación adecuadas de soluciones de infraestructura requieren el asesoramiento de expertos. Hay muchos ejemplos de intervenciones bien establecidas que se han utilizado de forma inadecuada, lo que ha provocado una reducción de los beneficios o incluso un aumento del riesgo. El estudio de caso 2 ofrece un ejemplo de rotondas.

## ESTUDIO DE CASO 2 - ROTONDAS

Las rotondas bien diseñadas pueden aportar considerables beneficios a la seguridad vial, con reducciones de víctimas mortales y heridos graves de entre el 70% y el 80%. La razón de este éxito es que las rotondas:

- Reducen el número de puntos conflictivos dentro de una intersección en comparación con otros tipos de intersección.
- Reducen la velocidad de entrada de los vehículos, así como la velocidad a través de la rotonda, ya que los vehículos se ven obligados a tomar una trayectoria serpenteante en lugar de viajar en línea recta a través de la intersección.
- Reducen el ángulo de impacto (y, por tanto, la fuerza y gravedad del impacto) si se produce una colisión, convirtiendo de hecho los conflictos de cruce más graves en conflictos de incorporación y desviación.

Sin embargo, no todas las rotondas están diseñadas con un alto nivel de calidad. Si no se siguen los principios básicos de diseño, no es probable que se obtengan los beneficios en materia de seguridad. Un fallo clave del diseño de algunas rotondas es que no hay suficiente «deflexión» a través de la rotonda, lo que significa que pueden producirse colisiones a alta velocidad y con ángulos de impacto elevados. Para solucionar este problema, el proceso de diseño debería incluir la comprobación de que la trayectoria más rápida posible a través de la rotonda está por debajo del objetivo de velocidad de circulación. Las dos imágenes siguientes ponen de manifiesto esta situación. Del mismo modo, en las zonas en las que haya usuarios vulnerables de la vía pública, deben preverse instalaciones para atenderles, ya que de lo contrario pueden aumentar los riesgos para estos usuarios.



*Buena deflexión (Fuente: GRSF)*



*Mala deflexión (Fuente: GRSF)*

Las intervenciones en infraestructuras también incluyen el diseño de la propia carretera. El diseño de las carreteras puede repercutir en la seguridad vial a través de las carreteras de nueva construcción, pero también a través de las mejoras de las carreteras. Sin embargo, el **diseño y la construcción de carreteras de acuerdo con las directrices no producirán necesariamente resultados seguros.**<sup>34</sup> El motivo es que las directrices no son un recetario, sino que proporcionan amplios principios de diseño, así como detalles técnicos. Para diseñar de forma segura, es decir, evitando la adopción de normas de diseño mínimas y la incoherencia en el diseño de las carreteras, se requieren unos conocimientos técnicos considerables.

<sup>34</sup> Austroads (2019), *Guía de Seguridad Vial Parte 6: Road Safety Audit*, AGRS06-19, Austroads, Sídney, Australia.

Incluso cuando se diseñan de acuerdo con las mejores normas exigidas en la mayoría de los países, muchos usuarios de la carretera mueren o resultan gravemente heridos porque los diseños no proporcionan un Sistema Seguro. A este respecto, la Guía australiana para el diseño de carreteras<sup>35</sup> establece que:

**«Todos los proyectos de carreteras son singulares y nunca pueden repetirse con exactitud. No existen soluciones «estandarizadas» que resuelvan por completo todas las situaciones encontradas, y es poco probable que la aplicación rígida e irreflexiva de gráficos, tablas y cifras conduzca a un resultado de diseño satisfactorio. Un buen diseño requiere una aportación creativa basada en la experiencia y una sólida comprensión de los principios. Sin embargo, cada situación es diferente y, por lo tanto, los requisitos de diseño también lo serán».**

Debido a la complejidad del diseño de las carreteras, se han desarrollado herramientas adicionales para ayudar a identificar el riesgo para la seguridad y maximizar el potencial de seguridad a través del diseño. Estas herramientas incluyen la auditoría/inspección de la seguridad vial y la evaluación del impacto, las evaluaciones de la seguridad de las infraestructuras viarias (incluido el Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP) y la Herramienta de Evaluación y Detección de la Seguridad Vial (RSSAT) y la Evaluación de Sistemas Seguros).<sup>36</sup> Además, se está prestando mayor atención a la aplicación de los parámetros de seguridad pertinentes en la planificación y el diseño de los proyectos, lo que garantiza un enfoque basado en los resultados que maximiza los beneficios en materia de seguridad.

En esta sección se ofrece un breve resumen de la eficacia de algunas intervenciones clave en materia de seguridad vial, respaldadas por evidencia de investigación. Hay otros recursos disponibles sobre la eficacia de las soluciones de infraestructura, a menudo con información estadísticamente sólida. Entre otros ejemplos se incluyen:

- El iRAP Road Safety Toolkit (<http://toolkit.irap.org/>), que ofrece información adaptada a los países de renta baja y media (PRMB) e incluye una herramienta para evaluar las repercusiones del diseño de las carreteras.
- Orientaciones de Austroads (p. ej. <https://www.onlinepublications.austroads.com.au/items/AP-R422-12>) de Australia
- El centro de intercambio de información CMF (<http://www.cmfclearinghouse.org/>) de EE. UU

## A.1.2 TRANSPORTE PÚBLICO INTEGRADO

Existen evidencias fehacientes de que el cambio de los usuarios de la carretera a formas de transporte más seguras produce resultados positivos en materia de seguridad, al igual que la reducción general del tráfico en las ciudades. La oferta de un transporte público integrado y bien diseñado (seguro) es una forma eficaz de conseguirlo. Esto puede tener el efecto de desplazar a los usuarios de la carretera de modos de desplazamiento que pueden ser de mayor riesgo (como las motocicletas y los servicios informales de transporte público como los minibuses y los taxis compartidos – véase la Figura A.1) por opciones de transporte masivo más seguras (Figura A.2).

<sup>35</sup> Austroads (2015), *Guide to Road Design Part 1*, AGRD01-15, Austroads, Sídney, Australia).

<sup>36</sup> Turner, B, Howard, E & Breen, J (2015), *Road safety manual: a manual for practitioners and decision makers on implementing safe system infrastructure* [Manual de seguridad vial: manual para profesionales y responsables de la toma de decisiones sobre la implantación de infraestructuras de sistemas seguros]. AIPCR, París, Disponible en <https://roadsafety.piarc.org/en>.



Figura A.1: Servicio informal de autobuses Mutatu, Kenia. (Fuente: John Barrell)



Figura A.2: BRT, Lagos. (Fuente: Autoridad de Transporte del Área Metropolitana de Lagos (LAMATA))

Duduta et al (2013)<sup>37</sup> sugiere que el transporte público bien diseñado es el modo más seguro de desplazamiento urbano, y esto se ve respaldado por una serie de estudios que citan. Los estudios identificaron una reducción de más del 50 % en el número de víctimas mortales gracias al sistema de transporte rápido por autobús (BRT) TransMilenio en Bogotá; una reducción del 46 % en el número de siniestros en Guadalajara (México) gracias al BRT Macrobus; y una reducción del 55 % en el número de víctimas mortales gracias al sistema BRT Janmarg en Ahmedabad. Este dato representa el beneficio combinado de un gran paquete de mejoras de la seguridad que se aplicaron todas al mismo tiempo que el despliegue del sistema BRT. Es muy difícil aislar los efectos específicos de la infraestructura del BRT. Los autores señalan que no debe suponerse que todos los BRT tendrán un impacto positivo, y que el beneficio en materia de seguridad dependerá en gran medida de la provisión de seguridad como parte del diseño. Normalmente, conlleva la instalación de infraestructuras viarias seguras, por lo que este tratamiento podría incluirse igualmente en ese pilar. Sin una infraestructura vial adecuada (por ejemplo, instalaciones de cruce seguras para los peatones que se desplazan hacia y desde el transporte público), los beneficios se verán muy reducidos y, en algunos casos, el riesgo global puede incluso aumentar.

### A.1.3 SISTEMAS DE BARRERAS LATERALES DE CARRETERA

Las barreras se utilizan para proteger a los vehículos errantes de los peligros. Pueden utilizarse a lo largo de la mediana (barreras centrales) para prohibir el movimiento del tráfico a través de la mediana o en los bordes de la carretera para proteger a los vehículos de los peligros de la carretera, como se muestra en la Figura A.3.



Figura A.3: Barreras de carretera en Nepal (Fuente: GRSF)

<sup>37</sup> Duduta, N, Adriaola-Steil, C & Hidalgo, D (2013), Saving lives with Sustainable Transport Traffic safety impacts of sustainable transport policies [Salvar vidas con el transporte sostenible Repercusiones de las políticas de transporte sostenible en la seguridad vial], World Resources Institute, Washington D.C.

Están diseñadas para redirigir un vehículo que impacta y, en algunos casos, para disipar las fuerzas del choque de forma controlada, reduciendo así la gravedad de las colisiones en las que se ven implicados vehículos fuera de control.

A grandes rasgos, las barreras se dividen en tres categorías: barreras flexibles (por ejemplo, barreras de seguridad de cable metálico), barreras semirrígidas (por ejemplo, de vigas de acero) y barreras rígidas (por ejemplo, de hormigón). Todos los tipos de barreras presentan diversas ventajas y limitaciones que las hacen adecuadas para algunos lugares, pero inadecuadas para otros. Las barreras también deben instalarse correctamente y utilizar tratamientos finales adecuados. Conviene buscar orientación sobre estas cuestiones.

Los beneficios derivados de la instalación de sistemas de barreras apropiados y de garantizar su mantenimiento adecuado pueden ser considerables, con reducciones de hasta el 80 % en los resultados de colisiones graves.<sup>38 39 40</sup>

## A.1.4 SISTEMAS CENTRALES DE BARRERA

Véase «Sistemas de barreras laterales de carretera».

## A.1.5 MEDIANAS

Las medianas proporcionan cierto grado de segregación entre los vehículos que circulan en direcciones opuestas y son eficaces para reducir las colisiones frontales, sobre todo en entornos de alta velocidad. Pueden construirse (medianas elevadas como en la Figura A.4) mediante la colocación de bordillos, o mediante la señalización de líneas centrales anchas (Figura A.5, y a menudo en asociación con la señalización audiotáctil - véase la sección A.1.16).



Figura A.4: Mediana construida en carretera de alta velocidad (Fuente: B P Deepu, EPS)



Figura A.5: Mediana pintada/eclosión central. (Fuente: iRAP)

También pueden utilizarse en zonas urbanas, incluso para ayudar a los peatones a escalonar su movimiento de cruce (sobre todo cuando se utilizan en asociación con cruces formales). Hay que tener cuidado cuando se instalen medianas pintadas de que no sean utilizadas por los vehículos como carriles de adelantamiento o adicionales. Este comportamiento puede desalentarse mediante el uso de postes flexibles o islas de tráfico intermitentes.

Las medianas construidas tienden a producir un mayor beneficio para la seguridad que las pintadas, con una reducción de las colisiones de alrededor del 50% frente a una reducción de alrededor del 15%.<sup>41</sup>

<sup>38</sup> Woolley, J, Stokes, C, Turner, B & Jurewicz, C (2018), *Towards Safe System Infrastructure: A Compendium of Current Knowledge [Hacia una infraestructura de sistemas segura: Un compendio de los conocimientos actuales]*. Austroads, Sídney, NSW.

<sup>39</sup> Ray, M, Silvestri, C, Conron, C & Mongiardini, M (2009), «Experience with cable median barriers in the United States: design standards, policies, and performance [Experiencia con barreras medianas de cable en Estados Unidos: normas de diseño, políticas y rendimiento]», *Journal of Transportation Engineering*, vol. 135, n.º 10, pp. 711-20.

<sup>40</sup> Carlsson, A 2009, *Evaluation of 2+1 roads with wire rope barrier: final report [Evaluación de carreteras 2+1 con barrera de cable metálico: informe final]*, Informe VTI 636A, Swedish National Road and Transport Research Institute, Linköping, Suecia.

<sup>41</sup> Turner, B, Steinmetz, L, Lim, A & Walsh, K (2012) Effectiveness of road safety engineering treatments [Eficacia de los tratamientos de ingeniería de seguridad vial], AP-R422-12, Austroads, Sídney, NSW.

Evidencias recientes con líneas centrales anchas pintadas y marcas audiotáctiles han producido resultados iniciales prometedores, con reducciones que se acercan a las observadas con medianas construidas.

## **A.1.6 INFRAESTRUCTURAS QUE PERMITAN UNA VELOCIDAD ADECUADA PARA LOS USUARIOS DE LA CARRETERA**

Para obtener más información sobre este tema, véase el contenido de Velocidad segura (Anexo A.2).

### **A.1.7 ROTONDAS**

Una rotonda es una calzada unidireccional alrededor de una isla central circular. Los vehículos que entran en una rotonda suelen estar controlados y obligados a «ceder el paso» a los vehículos que ya se encuentran en ella. La velocidad de los vehículos se reduce en la aproximación (mediante la disposición de islas o aceras elevadas) y/o en la propia rotonda (mediante la geometría de la isla central). Los ángulos de interacción entre los vehículos dentro de la rotonda se reducen debido a la geometría de la misma, lo que se traduce en resultados de menor gravedad cuando los vehículos colisionan. También se reducen los puntos de conflicto. Se pueden proporcionar características adicionales para permitir una navegación segura de los peatones por las rotondas (incluyendo islas divisorias en la aproximación y pasos de peatones elevados). Las rotondas con varios carriles y velocidades más altas son menos seguras para motociclistas y ciclistas.

Las rotondas bien diseñadas pueden proporcionar considerables beneficios en materia de seguridad, con reducciones de hasta el 80 % en colisiones graves.<sup>42 43</sup>

### **A.1.8 SEPARACIÓN DE RASANTES EN LAS INTERSECCIONES**

La separación de rasantes consiste en la construcción de un paso elevado o un intercambiador que permite que el tráfico siga fluyendo sin necesidad de detenerse o interactuar en las intersecciones. Una de las formas más eficaces de mejorar la seguridad en una intersección es separar los movimientos de vehículos en conflicto mediante la separación de rasantes. La separación de rasantes se utiliza normalmente como parte de los sistemas de autopistas/autovías, donde hay grandes flujos de tráfico que justifican el alto coste. Las evaluaciones suelen indicar que las colisiones con heridos se reducen a la mitad con la instalación de la separación de rasantes.<sup>44</sup> La separación de rasantes debe estar bien diseñada, con carriles de aceleración y desaceleración en los entornos de mayor velocidad. Los usuarios vulnerables de la carretera deben disponer de instalaciones alternativas en estos lugares de mayor velocidad.

### **A.1.9 REDUCIR LA EXPOSICIÓN AL RIESGO EN LAS INTERSECCIONES**

Junto con las medidas para reducir la velocidad y los ángulos de impacto, la reducción de la exposición al riesgo es uno de los métodos para ayudar a conseguir mejoras sustanciales de la seguridad en las intersecciones. Esto puede incluir el cierre total de las intersecciones, aunque existe el requisito de que existan opciones alternativas de buena calidad para que esta estrategia sea eficaz. El cierre total puede eliminar prácticamente el riesgo de colisión grave (teniendo en cuenta que seguirá existiendo cierto riesgo por el desplazamiento del tráfico). Además, el cierre parcial de intersecciones también puede ser muy eficaz (Figura A.6). Podría incluir, por ejemplo, la instalación de una mediana a través de una intersección para eliminar los movimientos de giro del tráfico transversal (por ejemplo, cuando se circula

---

<sup>42</sup> NCHRP (2019), Development of Roundabout Crash Prediction Models and Methods [Desarrollo de modelos y métodos de predicción de colisiones en rotondas]. National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine, The National Academies Press, Washington, D.C.

<sup>43</sup> BITRE 2012, Evaluation of the National Black Spot Program Volume 1, Bureau of Infrastructure, Transport and Regional Economics, Canberra, Australia.

<sup>44</sup> AASHTO (2010), Highway safety manual, 1ª ed., Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte, Washington, D.C., EE. UU.

por el lado derecho de la calzada, prohibiendo los giros a la izquierda para entrar y salir de las carreteras secundarias). Suele ser necesario proporcionar instalaciones alternativas de giro de alta calidad. La prohibición de los giros ha supuesto importantes beneficios para la seguridad vial, con reducciones de entre el 30 % y el 45 % de las lesiones.<sup>45 46</sup>



Figura A.6: Mediana estrecha que impide los giros en la intersección. (Fuente: FHWA)

## A.1.10 SENDEROS PEATONALES

Los senderos peatonales son una zona adyacente a la calzada para uso de los peatones. Se utilizan en zonas urbanas (Figura A.7), así como en zonas rurales donde hay peatones. En las zonas urbanas suelen estar elevados, separando a los peatones del tráfico motorizado con bordillos.



Figura A.7: Sendero peatonal (Fuente: Turner & Smith, 2013<sup>47</sup>)

En entornos de alta velocidad, pueden separarse de los carriles de tráfico (por ejemplo, con barreras o espacio de paso), aunque en algunas circunstancias un arcén nivelado puede proporcionar una

<sup>45</sup> Le, T.Q., F. Gross, & T. Harmon. (2018). Safety Effects of Turning Movement Restrictions at Stop-Controlled Intersections [Efectos sobre la seguridad de las restricciones a los movimientos de giro en las intersecciones con control de parada]. 97ª Reunión Anual de la Junta de Investigación del Transporte, Documento n.º 18-03753, Washington, D.C.

<sup>46</sup> Turner, B, Steinmetz, L, Lim, A & Walsh, K (2012) Effectiveness of road safety engineering treatments [Eficacia de los tratamientos de ingeniería de seguridad vial], AP-R422-12, Austroads, Sidney, NSW.

<sup>47</sup> Turner, B. & Smith, G. (2013), Safe System infrastructure: implementation issues in low and middle income countries [Infraestructura de sistemas seguros: cuestiones de aplicación en países de renta baja y media], ARR383, ARRB Group Ltd, Vermont South, Australia.

protección adecuada. Para ser eficaces, los senderos deben tener una anchura adecuada, estar bien mantenidos y libres de obstáculos, incluidos vehículos aparcados, señales, comerciantes, etc.

Las aceras se incluyen como infraestructura estándar en muchos países, ya que se considera que mejoran la vida de los peatones. Las evidencias indican beneficios de hasta un 60 % de reducción para los peatones gracias a la instalación de aceras.<sup>48 49 50</sup>

### A.1.11 PASOS DE PEATONES

Pueden aplicarse diversos tipos de pasos de peatones en las intersecciones o en otros lugares donde haya demanda. Los tipos de paso incluyen medidas de bajo coste como los pasos prioritarios señalizados («pasos de cebra»), los pasos controlados por señales, los pasos sobreelevados (una zona de pavimento elevado, preferiblemente con prioridad peatonal), o los pasos peatonales por debajo o por encima. Los pasos de prioridad señalizados («pasos de cebra») suelen tener un impacto limitado en los PRMB, e incluso pueden aumentar el riesgo si no se instalan en lugares apropiados y con las características adecuadas (por ejemplo, entornos de mayor velocidad con varios carriles en situaciones en las que hay poca distancia de visión, o donde el cumplimiento de las normas es deficiente). Del mismo modo, los pasos por debajo y por encima, especialmente en entornos urbanos que aumentan drásticamente la distancia y el esfuerzo de los peatones para cruzar una carretera, o que provocan problemas de seguridad personal, pueden aportar pocos beneficios.

Otras facilidades para ayudar a los peatones al cruzar son el estrechamiento de la calzada, las islas de refugio y los entornos de baja velocidad (Figura A.8). También puede ser beneficioso mejorar la visibilidad, por ejemplo, mejorando la distancia de visibilidad y la iluminación.



Figura A.8: Paso de peatones que incorpora dispositivos de reducción de velocidad. (Fuente: [Lusakatimes](#), 2019)

Existe poca información fiable sobre los beneficios de los pasos de peatones en los PRMB, pero sí hay mucha información de los países de ingresos altos. Los beneficios oscilan entre un 40 % de reducción de las lesiones de los peatones gracias a la instalación de una isla de refugio,<sup>51</sup> hasta reducciones del

<sup>48</sup> iRAP 2010, Herramientas de seguridad vial <http://toolkit.irap.org/default.asp?page=treatment&id=20>

<sup>49</sup> Elvik, R, Høye, A, Vaa, T & Sørensen, M 2009, The handbook of road safety measures, 2ª ed., Emerald Publishing Group, Bingley, Reino Unido.

<sup>50</sup> Jensen, SU 1999, «Pedestrian safety in Denmark» [Seguridad de los peatones en Dinamarca], Transportation Research Record, n.º 1674, pp. 61-9.

<sup>51</sup> Campbell, BJ, Zegeer, CV, Huang, HH & Cynecki, MJ 2004, A review of pedestrian safety research in the United States and abroad [Una revisión de la investigación sobre seguridad peatonal en Estados Unidos y en el extranjero], informe FHWARD-03-042, Federal Highway Administration Virginia, EE. UU.

70 % aproximadamente de los pasos de peatones elevados y los entornos de baja velocidad.<sup>52 53 54 55</sup> Es muy poco probable que las intervenciones que dependen únicamente del cumplimiento de los vehículos motorizados para producir beneficios (como el cruce prioritario sin control de velocidad) tengan beneficios sustanciales cuando los niveles de cumplimiento son bajos.

### A.1.12 INSTALACIONES SEPARADAS PARA BICICLETAS

Los ciclistas son usuarios vulnerables de la vía pública, por lo que es importante proporcionarles instalaciones adecuadas para que puedan utilizarla con seguridad. Sobre todo cuando la velocidad de los vehículos motorizados supera los 30 km/h. Las colisiones por encima de esta velocidad suelen provocar lesiones muy graves o incluso la muerte. Las instalaciones incluyen caminos fuera de la calzada, carriles en la calzada (preferiblemente separados tanto de los vehículos que pasan como de los estacionados) e instalaciones dedicadas en las intersecciones (cruces señalizados, intersecciones protegidas, zonas de pavimento de alto contraste, instalaciones de desvío fuera de la calzada y cajas de almacenamiento para bicicletas).

Las evaluaciones sobre la eficacia de estas instalaciones pueden resultar difíciles, porque el diseño puede ser de calidad variable o porque la mejora de la dotación suele traducirse en un aumento espectacular del número de bicicletas y, por tanto, puede parecer que el número de siniestros aumenta en algunos casos.<sup>56</sup> Este es un problema que también puede darse para otros tipos de usuarios de la carretera con la provisión de vías de mayor calidad. Se han observado reducciones de alrededor del 15 % en las lesiones de ciclistas por el uso de carriles bici adyacentes al tráfico,<sup>57 58</sup> mientras que se han observado mayores beneficios con intervenciones más amplias, como los bulevares para bicicletas.<sup>59</sup>

### A.1.13 INSTALACIONES SEPARADAS PARA MOTOCICLETAS

Los conductores de motocicletas son usuarios de la vía pública muy vulnerables, dada su falta de protección física y la velocidad a la que suelen desplazarse. Cuando los vehículos de mayor tamaño chocan con este grupo de usuarios de la carretera, especialmente a velocidades superiores a 30 km/h, suelen producirse lesiones graves e incluso la muerte. La proporción de motociclistas es elevada en muchos países, y en estos entornos a veces se habilitan carriles separados para reducir la exposición entre estos usuarios vulnerables y los vehículos de mayor tamaño. Estos carriles pueden situarse en las carreteras existentes o junto a ellas, con una separación mediante líneas pintadas o (preferiblemente) mediante una separación física, como barreras físicas. En algunos casos, se habilitan carriles exclusivos para motocicletas (Figura A.9) y estos proporcionan una ventaja añadida al reducir la interacción en las intersecciones con otros vehículos.

<sup>52</sup> Hiller, P, Makwasha, T & Turner, B (2016), Achieving safe system speeds on urban arterial roads: compendium of good practice [Conseguir velocidades de sistema seguras en vías arteriales urbanas: compendio de buenas prácticas], AP-R514-16, Austroads, Sidney, NSW.

<sup>53</sup> Candappa, N, Stephan, K, Fotheringham, N, Lenné, MG & Corben, B 2013, «Raised crosswalks on entrance to the roundabout: a case study on effectiveness of treatment on pedestrian safety and convenience» [Cruces peatonales elevados a la entrada de la rotonda: un estudio de caso sobre la eficacia del tratamiento en la seguridad y comodidad de los peatones], Traffic Injury Prevention, vol. 15, n.º 1, pp. 631-9.

<sup>54</sup> Jensen, SU 1999, «Pedestrian safety in Denmark» [Seguridad de los peatones en Dinamarca], Transportation Research Record, n.º 1674, pp. 61-9.

<sup>55</sup> Retting, RA, Ferguson, SA & McCart, AT 2003, «A review of evidence-based traffic engineering measures designed to reduce pedestrian-motor vehicle crashes» [Una revisión de las medidas de ingeniería de tráfico basadas en pruebas y diseñadas para reducir las colisiones entre peatones y vehículos motorizados], American Journal of Public Health, vol. 93, n.º 9, pp. 1456-63.

<sup>56</sup> En realidad, el número total de siniestros puede haber disminuido en algunos casos, ya que la mejora de las instalaciones puede haber desviado a los ciclistas de rutas paralelas más peligrosas.

<sup>57</sup> Chen, L., Chen, C., Srinivasan, R., McKnight, C. E., Ewing, R. & Roe, M., (2012). «Evaluating the Safety Effects of Bicycle Lanes in New York City» [evaluación de los efectos sobre la seguridad de los carriles bici en la ciudad de Nueva York] American Journal of Public Health, Vol. 102, n.º 6.

<sup>58</sup> Abdel-Aty, M.A., C. Lee, J. Park, J.Wang, M. Abuzwidah & S. Al-Arifi. (2014) «Validation and Application of Highway Safety Manual (Part D) in Florida» [Validación y aplicación del Manual de Seguridad Vial (Parte D) en Florida]. Departamento de Transporte de Florida. Tallahassee, Florida.

<sup>59</sup> Minikel, E. (2011) «Cyclist Safety on Bicycle Boulevards and Parallel Arterial Routes in Berkeley, California» [Seguridad de los ciclistas en los bulevares para bicicletas y las vías arteriales paralelas en Berkeley, California]. Presentado en la 90ª reunión del Transportation Research Board, Washington, D.C.



Figura A.9: Instalación exclusiva para motocicletas (Fuente: Turner & Smith 2013<sup>47</sup>)

Aunque el uso de instalaciones separadas para motocicletas es relativamente limitado, se ha producido un aumento constante de su uso en los últimos años. Por ejemplo, en Malasia hay aproximadamente 135 km de carriles exclusivos y 110 km de carriles no exclusivos en autovías y grandes carreteras federales.<sup>60</sup> Las evaluaciones de los carriles para motocicletas pueden resultar difíciles por casi la misma razón que las de los carriles para bicicletas (incluida la cuestión del cambio de exposición y el diseño variable), y porque las aplicaciones hasta la fecha han sido limitadas. Sin embargo, los resultados de las evaluaciones de los carriles exclusivos indican que el número de colisiones de tráfico ha disminuido en cerca de un 40 %, y las víctimas mortales en un 80 %.<sup>61</sup>

### A.1.14 OTRAS MEJORAS EN LAS INTERSECCIONES

Además de las mejoras ya mencionadas (como la reducción de la velocidad, las rotondas, la separación de rasantes y la reducción de la exposición), se pueden realizar otras mejoras en las intersecciones para aumentar la seguridad. Entre ellas se incluyen intervenciones de bajo coste (y normalmente menos beneficiosas), como señales de advertencia e introducción de señales de prioridad (ceda el paso/ ceda el paso y señales de stop), hasta mejoras más sustanciales de la infraestructura con costes más elevados, pero también normalmente más beneficiosas (incluyen la mejora de instalaciones como carriles de giro y canalización, y la mejora de la visibilidad de las intersecciones). Una de las intervenciones más utilizadas son los semáforos. Cuando están bien diseñados (incluyendo la provisión de giros totalmente controlados) y cuando se utilizan en entornos de velocidad moderada (incluyendo la provisión de características de reducción de velocidad para reducir las velocidades a niveles de impacto de supervivencia de 50 km/h o menos), pueden producir beneficios bastante razonables. Una reducción de las colisiones con heridos de alrededor del 30 % es típica de las instalaciones básicas de semáforos en las que hay un buen cumplimiento, pero pueden conseguirse mayores beneficios añadiendo giros controlados y reducción de la velocidad.<sup>49 44 46</sup> En varios países se están probando otros diseños de intersección más innovadores, algunos de los cuales muestran un gran potencial.<sup>38</sup>

### A.1.15 SEÑALIZACIÓN Y DEMARCACIÓN

Hay una serie de señales y líneas de señalización, así como otras opciones, que pueden advertir con antelación de los peligros y orientar a los usuarios sobre su posición en la carretera. Son especialmente útiles cuando la visibilidad es reducida (incluso de noche, véase Figura A.10) o al aproximarse a curvas. Las opciones tienen un coste relativamente bajo y, aunque también pueden producir valiosos

<sup>60</sup> Alvin Poi W H, Shabadin, A, Jamil, H, Roslan, A & Hamidun, R (2019) Motorcycle lane: how to judge if that is necessary [Carril para motocicletas: cómo juzgar si es necesario], *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 512.

<sup>61</sup> Radin Sohadi R U, Mackay M & Hills B 2000 Multivariate analysis of motorcycle accidents and the effects of exclusive motorcycle lanes in Malaysia [Análisis multivariante de los siniestros de motocicletas y los efectos de los carriles exclusivos para motocicletas en Malasia] *Journal of Crash Prevention and Injury Control* 2(1) 11–17

beneficios para la seguridad, estos suelen ser menores que los de soluciones más sustanciales relacionadas con la infraestructura y la velocidad. Las reducciones en las colisiones con heridos van desde alrededor del 5 % en el caso de los postes guía y las marcas reflectantes elevadas en el pavimento hasta alrededor del 25 % en el caso de las marcas de alineación chevron, la provisión de marcas centrales y en los bordes y las señales de advertencia.<sup>49 44 46</sup> Cuando se utilizan varios tratamientos de delineación en combinación en lugares de alto riesgo y como parte de programas de acción masiva basados en rutas, se pueden obtener mayores beneficios.<sup>62</sup>



Figura A.10: Ejemplo de señalización y/o marcado de líneas Señales tipo chevrón retrorreflectantes que proporcionan visibilidad nocturna. (Fuente: iRAP)

### A.1.16 DEMARCACIÓN AUDIOTÁCTIL

En los últimos años han surgido diversas formas de bandas sonoras o demarcación audiotáctil. Se trata de secciones elevadas (a menudo en termoplástico) o fresadas (cortadas) en la superficie de la carretera. Pueden colocarse a lo largo de la carretera (longitudinalmente), ya sea en el borde de la carretera (en el borde o junto a él) como en la Figura A.11, o en el centro de la carretera, o pueden utilizarse a través de la carretera (marcas transversales) como se muestra en la Figura A.12. Al pasar por encima, estos dispositivos alertan a los conductores mediante vibración y sonido. En el caso de las marcas longitudinales, advierten a los automovilistas de que están abandonando su carril de circulación (a menudo por falta de atención o cansancio). Cuando se utilizan al otro lado de la carretera, pueden informar a los automovilistas de que hay un peligro delante. Estas intervenciones reducen las colisiones en torno a un 20-30 %.<sup>49 63</sup>

<sup>62</sup> Jurewicz, C., Chau, T., Mihailidis, P. & Bui, B. (2014). From Research to Practice – Development of Rural Mass Curve Treatment Program [De la investigación a la práctica - Desarrollo de un programa de tratamiento de la curva de masa rural]. Actas de la Conferencia Australasian Road Safety Research, Policing & Education 2014.

<sup>63</sup> Bahar, G, Masliah, M, Wolff, R & Park, P 2007, Desktop reference for crash reduction factors [Referencia de escritorio para los factores de reducción de colisiones], informe FHWA-SA-07-015, Federal Highway Administration, Washington D.C., EE. UU.



Figura A.11: Ejemplo de ATLM longitudinal (Fuente: Secretaría CAREC 2018. Manual de ingeniería de seguridad vial CAREC 2: Obras viales más seguras)



Figura A.12: Ejemplo de bandas sonoras transversales ATLM en Vietnam. (Fuente: Banco Mundial)

## A.1.17 MEJORAR EL ASFALTADO DE LAS CARRETERAS DE MALA CALIDAD SIN MEJORAR LAS INFRAESTRUCTURAS ADICIONALES

A menudo se parte de la base de que la pavimentación de una carretera (es decir, el paso de una calzada de tierra o sin asfaltar a un firme de hormigón o áridos) o la mejora del firme actual redundarán en beneficio de la seguridad. Sin embargo, **puede aumentar el riesgo, sobre todo si no se introducen al mismo tiempo otras mejoras (específicamente para la seguridad)**. Esto es especialmente cierto en los PRMB, donde la calidad de la carretera antes del reasfaltado puede ser muy mala, lo que conduce a velocidades muy bajas.<sup>64</sup> Las mejoras en el firme de las carreteras pueden provocar un aumento sustancial de la velocidad del tráfico y, si no se toman otras medidas para mejorar la seguridad de los usuarios vulnerables de la carretera (por ejemplo, la provisión de aceras, la pacificación del tráfico) o de los automovilistas (incluyendo mejoras en las intersecciones y las curvas, la gestión de los márgenes de la carretera, la mejora de la distancia de visibilidad, etc.), es probable que aumenten las colisiones. Teniendo en cuenta la base de conocimientos sobre el aumento del riesgo de colisión en una carretera determinada con el aumento de la velocidad <sup>65 66 67</sup> (véase también la sección siguiente sobre las intervenciones en materia de velocidad), es de esperar que dichas mejoras den lugar a grandes aumentos del riesgo, incluso si se tienen en cuenta las mejoras en la fricción de la superficie de la carretera, la estabilidad del vehículo y otros posibles beneficios. Para más información, véase el estudio de caso 3.

<sup>64</sup> Un estudio con una muestra limitada en la India descubrió que las velocidades disminuían entre 30 y 40 km/h en las carreteras interurbanas cuando la rugosidad aumentaba considerablemente - véase Ch.Ravi Sekhar, J.Nataraju, S.Velmurugan, Pradeep Kumar y K.Sitaramanjaneyulu (2016). Free Flow Speed Analysis of Two Lane Inter Urban Highways [Análisis de la velocidad de flujo libre en carreteras interurbanas de dos carriles]. Transportation Research Procedia 17, 664 – 673.

<sup>65</sup> GRSP (Alianza Mundial para la Seguridad Vial) (2008). Speed management: a road safety manual for decision makers and practitioners [Gestión de la velocidad: manual de seguridad vial para responsables de la toma de decisiones y profesionales]. Ginebra, Alianza Mundial para la Seguridad Vial. Disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9782940395040\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9782940395040_eng.pdf)

<sup>66</sup> Elvik, R (2009), The power model of the relationship between speed and road safety: update and new analyse [El modelo de poder de la relación entre velocidad y seguridad vial: actualización y nuevos análisis], Informe TOI 1034/2009, Instituto de Economía del Transporte, Oslo, Noruega.

<sup>67</sup> 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» [Una re-parametrización del modelo de potencia de la relación entre la velocidad del tráfico y el número de siniestros y de víctimas de siniestros], Accident Analysis & Prevention, vol. 50, pp. 854-60.

## ESTUDIO DE CASO 3 - MEJORAS DE SUPERFICIE

Tanzania recibió financiación para mejorar la carretera de Mafinga a Igawa, de 140 km, que se había deteriorado drásticamente debido al envejecimiento del firme. Sin embargo, tras una serie de siniestros graves, el Banco Mundial pidió al iRAP que realizara una evaluación rápida de la seguridad vial del corredor modernizado. Una investigación identificó varios peligros. Entre otras cosas, aunque hay señales de límite de velocidad de 30 km/h en toda la carretera, las velocidades estimadas de circulación superan a menudo los 80 km/h, muy por encima de las velocidades que había antes de la mejora. En muchos tramos de la carretera hay peatones, como se muestra en el ejemplo siguiente. Ahora, estos peatones están expuestos a altos niveles de riesgo debido a este aumento de la velocidad.



Entre otras acciones, se recomendó la instalación de aceras en aproximadamente 7 km de carreteras en pueblos y zonas urbanas, así como la instalación de pasos de peatones y la pacificación del tráfico. Las obras finalizarán en 2020, pero ya se han abordado muchas de estas recomendaciones. De este modo se obtendrán importantes beneficios para este vulnerable grupo de usuarios de la carretera.

## A.2 VELOCIDAD SEGURA

### A.2.1 INTRODUCCIÓN

Existe una relación causal directa entre la velocidad y los resultados en materia de seguridad. De hecho, no hay otros factores de riesgo que tengan un impacto tan sustancial y generalizado en la seguridad como la velocidad. La velocidad influye tanto en la probabilidad de que se produzca una colisión como en la gravedad del resultado cuando se produce.

Existen evidencia muy sólidas sobre el impacto de los cambios de velocidad en el riesgo de colisión.<sup>68</sup>  
<sup>69</sup> <sup>70</sup> La Figura A.13 proporciona información sobre el cambio de velocidad en carreteras rurales y autopistas. De este modo se pone de manifiesto que los tipos de colisión más graves (especialmente las colisiones mortales) son los que más aumentan con un cambio de velocidad. Por el contrario, los tipos de colisión más graves son los que más mejoran con una reducción de la velocidad.

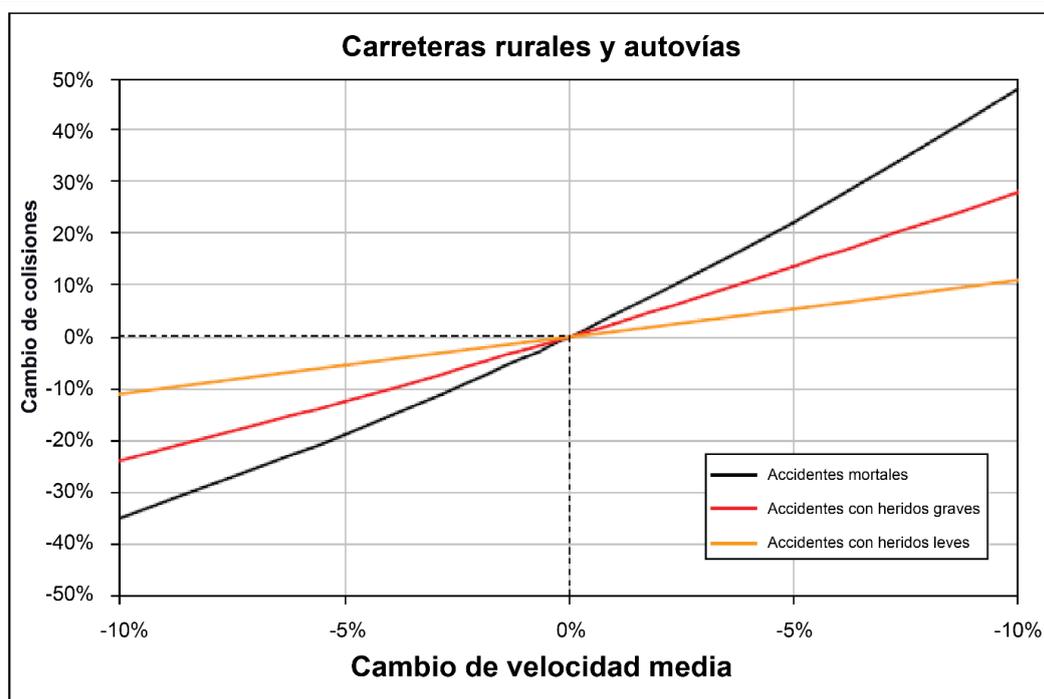


Figura A.13: Relación entre el cambio de velocidad y el cambio en el riesgo de colisión. Fuente: Elvik 2009

En muchos casos, aumentar la velocidad de los vehículos es un objetivo económico importante. **La mejora económica solo puede lograrse si hay una mejora subsiguiente de la seguridad de la propia carretera para evitar que el aumento de los costes de las colisiones contrarreste los beneficios económicos de la reducción del tiempo de viaje.** De hecho, las autopistas y autopistas son nuestras carreteras más rápidas, pero también las más seguras. Estas carreteras pueden mantener una movilidad segura gracias a la alta calidad de las infraestructuras que ofrecen. Entre otras cosas, hay que proteger adecuadamente los bordes de las carreteras y las medianas (por ejemplo, mediante sistemas de barreras), proteger a los usuarios de la carretera en las intersecciones mediante la provisión de separación de rasantes y rampas de entrada y salida, y garantizar que los usuarios

<sup>68</sup> GRSP (Alianza Mundial para la Seguridad Vial) (2008). Speed management: a road safety manual for decision makers and practitioners [Gestión de la velocidad: manual de seguridad vial para responsables de la toma de decisiones y profesionales]. Ginebra, Alianza Mundial para la Seguridad Vial. Disponible en: [http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9782940395040\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9782940395040_eng.pdf)

<sup>69</sup> Elvik, R (2009). The power model of the relationship between speed and road safety: update and new analyse [El modelo de poder de la relación entre velocidad y seguridad vial: actualización y nuevos análisis], Informe TOI 1034/2009, Instituto de Economía del Transporte, Oslo, Noruega.

<sup>70</sup> 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» [Una re-parametrización del modelo de potencia de la relación entre la velocidad del tráfico y el número de siniestros y de víctimas de siniestros], Accident Analysis & Prevention, vol. 50, pp. 854-60.

vulnerables de la carretera estén separados del tráfico que circula a mayor velocidad. En situaciones en las que no existe ningún tipo de control de acceso ni estas otras medidas de infraestructura segura, las colisiones graves aumentarán sin duda si se incrementa la velocidad. Esta situación pone de relieve la necesidad de una clasificación funcional clara de las carreteras y la provisión de infraestructuras que satisfagan las necesidades y velocidades de los usuarios pertinentes.

A menudo se piensa que el aumento de la velocidad tendrá un beneficio económico posterior. La relación entre la velocidad de los vehículos y otros objetivos económicos se muestra en la Figura A.14.

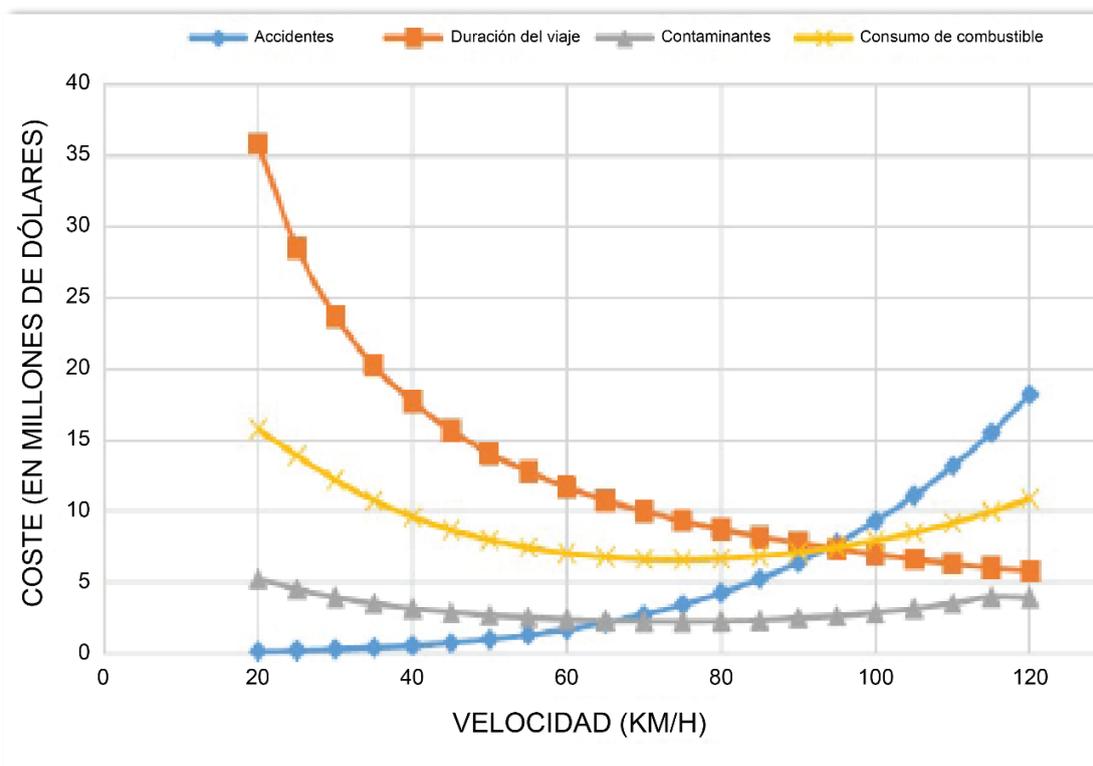


Figura A.14: Los aumentos de velocidad tienen un gran impacto en múltiples componentes del costo del viaje. Fuente: Hosseinlou et al., 2015)<sup>71</sup>

Con el aumento de la velocidad, se reduce el tiempo de viaje (aunque generalmente no tanto como muchos piensan debido a cuestiones como la congestión, la presencia de intersecciones, etc.), pero al mismo tiempo aumentan los costos por consumo de combustible, contaminantes y siniestros de tráfico. La velocidad óptima de los vehículos cuando se incluyen estos objetivos sociales más amplios suele ser menor de lo que mucha gente piensa.

Asimismo, existen varias guías que destacan los vínculos entre la velocidad y los resultados en materia de seguridad, así como métodos eficaces para gestionar la velocidad. Entre otros ejemplos se incluyen:

- Guía para la gestión de la velocidad de la GRSP (Alianza Mundial para la Seguridad Vial): manual de seguridad vial para responsables de la toma de decisiones y profesionales ([http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9782940395040\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2008/9782940395040_eng.pdf))
- Kit de herramientas de gestión de la velocidad de la FHWA ([https://safety.fhwa.dot.gov/speedmgt/ref\\_mats/docs/speedmanagementtoolkit\\_final.pdf](https://safety.fhwa.dot.gov/speedmgt/ref_mats/docs/speedmanagementtoolkit_final.pdf))
- Compendio de velocidad rural de Austroads (<https://austroads.com.au/publications/road-safety/ap-r449-14>)

<sup>71</sup> Hosseinlou, MD., Kheyraadi, SA., Zolfaghari, A. (2015). Determining optimal speed limits in traffic networks [Determinación de límites de velocidad óptimos en redes de tráfico]. *Asociación Internacional de las Ciencias del Tráfico y la Seguridad*, 39(1):36-41.

- Compendio de velocidad urbana de Austroads  
(<https://austroads.com.au/publications/road-safety/ap-r514-16>).

Es necesario revisar constantemente las velocidades adecuadas, sobre todo en las zonas en las que se producen cambios en el uso del suelo y aumenta la presencia de usuarios vulnerables. Por ejemplo, en muchos PRMB, las ciudades e incluso los municipios rurales se están expandiendo a lo largo de corredores de autopistas que fueron diseñados para atender el tráfico interurbano de alta velocidad. Es necesario revisar estos corredores y adoptar medidas adecuadas de gestión de la velocidad e infraestructuras. En última instancia, muchos de estos lugares deben reconstruirse como calles urbanas.

En el resto de esta sección encontrará detalles sobre algunas intervenciones específicas relacionadas con la velocidad.

## A.2.2 PACIFICACIÓN DEL TRÁFICO, INCLUIDOS BADENES Y CHICANAS

Para gestionar eficazmente la velocidad de los vehículos pueden utilizarse diversos dispositivos de las infraestructuras viarias. Los badenes (Figura A.15) y las plataformas se refieren a secciones elevadas del pavimento, existiendo varias formas de badenes y plataformas para diferentes tipos de carreteras y entornos de velocidad. Las chicanas proporcionan otro mecanismo para reducir la velocidad de los vehículos mediante la deflexión horizontal (o movimiento) de los vehículos. Una vez más, los diseños pueden variar en función del grado de control de velocidad deseado, así como del entorno operativo. Estas intervenciones pueden utilizarse en lugares de alto riesgo (como zonas donde los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública tienen que cruzar) o como parte de un plan integrado de pacificación del tráfico en toda la zona.



Figura A.15: Pacificación del tráfico/badén (Fuente: NACTO)

La pacificación del tráfico bien diseñada puede aportar beneficios sustanciales en materia de seguridad. Las reducciones de alrededor del 35 % en todas las colisiones con heridos son típicas, pero es probable que los beneficios sean mucho mayores para los peatones y otros usuarios vulnerables de la vía pública (alrededor de un 70 % de reducción en las lesiones mortales y graves de los peatones).<sup>49 50 55 72</sup>

<sup>72</sup> Makwasha, T & Turner, B (2017), «Safety of raised platforms on urban roads» (Seguridad de las plataformas elevadas en las carreteras urbanas), *Journal of the Australasian College of Road Safety*, vol. 28, pp. 20-7.

## A.2.3 ROTONDAS

Las rotondas se han incluido aquí, así como en la sección sobre carreteras seguras, debido a su impacto sustancial en la reducción de la velocidad cuando se diseñan e instalan correctamente. Para más detalles, consulte el contenido de la sección A.1.7.

## A.2.4 INTERSECCIONES SOBREELEVADAS

Las intersecciones sobreelevadas (también conocidas como cruces elevados o mesetas) son tramos de acera elevados con rampas diseñadas para reducir la velocidad a los niveles requeridos (normalmente 50 km/h en ausencia de usuarios vulnerables de la vía pública, y más bajos cuando los hay). También se puede elevar toda la intersección o, alternativamente, colocar tramos elevados antes de la intersección (a veces denominados barras de detención elevadas).

Con esta intervención es probable que se obtengan beneficios de alrededor de un 40 % de reducción en las colisiones con heridos<sup>52 72</sup>, siendo probablemente mayores los beneficios para los usuarios vulnerables de la carretera.

## A.2.5 PASOS ELEVADOS

Los pasos de peatones elevados son badenes planos que también dan prioridad a los peatones frente a los automovilistas. Por lo general, consisten en una plataforma elevada con un paso de peatones señalizado en la parte superior (Figura A.16). Asimismo, puede preverse un refugio central y un estrechamiento, sobre todo en las carreteras más anchas. Pueden utilizarse badenes adicionales antes del cruce para reducir aún más la velocidad de los vehículos. El paso elevado aminora la velocidad de los vehículos y, además, aumenta la visibilidad de los peatones gracias a su mayor altura.



Figura A.16: Paso de peatones elevado (Fuente: GRSF)

Este tratamiento puede suponer una mejora sustancial de la seguridad tanto para los usuarios motorizados de la vía pública como para los peatones (65 % y 75 % respectivamente).<sup>52 53 46</sup>

72

## A.2.6 TRATAMIENTOS DE ACCESO O TRANSICIÓN

Los tratamientos de acceso o transición (también llamados tratamientos de entrada o umbrales) se utilizan para marcar los puntos de transición entre un entorno de mayor velocidad y un entorno de menor velocidad. Son especialmente útiles a medida que el vehículo se aproxima a una ciudad o pueblo. Las reducciones de velocidad se consiguen mediante el uso de señales de velocidad (que pueden ser más grandes de lo normal) y el estrechamiento de la calzada (ya sea mediante isletas construidas o mediante marcas pintadas). En algunos casos, se utilizan pavimentos elevados (Figura A.17), o, en su lugar, pavimentos coloreados o texturizados.



Figura A.17: Tratamiento de transición entre un entorno de alta velocidad y otro de baja velocidad (Fuente: Banco Mundial)

La instalación de estas intervenciones puede resultar barata, pero su aplicación genera beneficios sustanciales en lo que respecta a los resultados de los siniestros graves. Son especialmente útiles para reducir las lesiones mortales y graves de los usuarios más vulnerables de la vía pública. Una reducción de alrededor del 40 % de las lesiones mortales y graves es posible.<sup>73 74 75</sup>

## A.2.7 LÍMITES DE VELOCIDAD MÁS BAJOS

Esta intervención consiste en reducir los límites de velocidad señalizados mediante señales estáticas hacia niveles más seguros. Se trata de una medida de gestión de la velocidad ampliamente aplicada con el objetivo de reducir la velocidad de los vehículos y la gravedad de los siniestros y lesiones. Los límites de velocidad deben fijarse en función de los usuarios más vulnerables de la vía pública y como parte de una estrategia integrada que aborde la movilidad segura. Dependiendo de otros elementos de la carretera y del tráfico (incluidos el uso del suelo circundante, la mezcla de tráfico y los volúmenes), la velocidad reducida podría necesitar el apoyo de otras soluciones de infraestructura para proporcionar «carreteras autoexplicativas» y ayudar a garantizar que los usuarios motorizados de la carretera comprendan las velocidades y, por tanto, mejoren el cumplimiento.

<sup>73</sup> Makwasha, T. and Turner, B. (2013). Evaluating the use of rural-urban gateway treatments in New Zealand [Evaluación del uso de tratamientos de acceso rural-urbano en Nueva Zelanda]. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, 24(4):14-20.

<sup>74</sup> Forbes, G (2011), Speed reduction techniques for rural high-to-low speed transitions [Técnicas de reducción de velocidad para transiciones rurales de alta a baja velocidad], NCHRP SHP 412, Transportation Research Board, Washington, D.C., EE. UU.

<sup>75</sup> Wheeler, A, Taylor, M & Payne, A 1993, The effectiveness of village 'gateways' in Devon and Gloucestershire [La eficacia de las «transiciones» de los pueblos en Devon y Gloucestershire], informe del proyecto n.º 35, *Transport Research Laboratory*, Crowthorne, Reino Unido.

Los beneficios para la seguridad de un cambio en el límite de velocidad dependerán de la magnitud del cambio y del nivel de cumplimiento. Cabe esperar que una reducción de 10 km/h en un límite de velocidad produzca alrededor de un 15 % de reducción en las colisiones con heridos, y hasta alrededor de un 40 % de reducción en las lesiones mortales y graves de los peatones, pero en las circunstancias adecuadas, los beneficios pueden ser superiores a estos.<sup>49 50 57</sup>

### A.2.8 ZONAS DE 30 KM/H (20 MPH) PARA PEATONES

Muchas de las soluciones destacadas en esta sección pueden combinarse para crear entornos de baja velocidad (Figura A.18) que proporcionan un mayor grado de seguridad a los usuarios vulnerables de la vía pública, incluidos los peatones. Como ya se ha indicado, los peatones tienen bastantes posibilidades de sobrevivir cuando son atropellados por vehículos a una velocidad igual o inferior a 30 km/h, pero por encima de esta velocidad, las posibilidades de supervivencia se reducen drásticamente. La reducción de las lesiones graves de los peatones puede ser muy elevada con este tratamiento (superior al 70 %<sup>49 54 55</sup>) y también habrá grandes beneficios para otros usuarios de la vía pública en estos entornos.



Figura A.18: Ejemplo de zona residencial de 30 km/h en Corea. (Fuente: KOTI)

### A.2.9 RADARES DE VELOCIDAD

Los radares de velocidad son dispositivos que se instalan en el arcén, sobre la calzada o en el interior de los vehículos para detectar el exceso de velocidad. Pueden ser fijas (en un lugar determinado) o móviles (Figura A.19). En algunas situaciones, se utilizan dos o más cámaras para detectar la velocidad media de los vehículos. Los radares fijos se diferencian de los controles de velocidad tradicionales en que se toman fotografías del vehículo y la matrícula, y se envía una citación por correo al propietario del vehículo. Esto elimina la necesidad de que un agente de policía intercepte al conductor. Para funcionar eficazmente, las cámaras automáticas requieren que las matrículas de los vehículos estén claramente expuestas y deben contar con un sólido sistema administrativo para emitir las multas. Existen directrices para establecer programas de radares de velocidad.<sup>76</sup>

<sup>76</sup> Job, S., Cliff, D., Fleiter, J.J., Flieger, M., & Harman, B. (2020). Guide for Determining Readiness for Speed Cameras and Other Automated Enforcement [Guía para determinar el grado de preparación de las cámaras de control de velocidad y otros controles automatizados]. Fondo Mundial para la Seguridad Vial y Alianza Mundial para la Seguridad Vial, Ginebra, Suiza.

La introducción de radares de velocidad combinada con la promoción de la actividad de aplicación de la ley es una intervención de seguridad muy eficaz. Por ejemplo, la evaluación de los 28 primeros radares de velocidad introducidos en el estado de Nueva Gales del Sur (Australia) reveló una reducción del 71 % del exceso de velocidad, lo que se tradujo en una reducción del 89 % de las muertes en los lugares tratados.<sup>77</sup> Otros estudios muestran reducciones coherentes, aunque algo menores, de los traumatismos.<sup>78</sup> Las velocidades reducidas también reducen considerablemente el número de víctimas mortales y heridos entre los peatones.<sup>79</sup>



Figura A.19: Radar de tráfico móvil en carretera

(Fuente: [commons.wikimedia.org/wiki/File:Radarvelocidade20022007-1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radarvelocidade20022007-1.jpg))

## A.2.10 AUMENTAR LA VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO SIN MEJORAR LA CALIDAD DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Como se ha señalado al principio de esta sección, cuando la velocidad aumenta y no se realizan mejoras en la infraestructura para soportar esta mayor velocidad y proteger a los usuarios vulnerables, el riesgo de colisión aumentará. Como se ha indicado en la sección anterior (sección A.1.17), esto puede ocurrir cuando las mejoras de la superficie de la carretera se realizan en alineaciones de carreteras existentes de mala calidad y/o donde hay usuarios vulnerables. **Las evidencias demuestran que el aumento de la velocidad sin la consiguiente mejora de las infraestructuras tiene efectos perjudiciales.**

<sup>77</sup> Job, RFS & Sakashita, S. (2016). Management of speed: The low-cost, rapidly implementable effective road safety action to deliver the 2020 road safety targets [Gestión de la velocidad: La medida de seguridad vial eficaz, de bajo coste y rápida aplicación para alcanzar los objetivos de seguridad vial para 2020]. *Journal of the Australasian College of Road Safety*, Mayo de 2016, 65-70.

<sup>78</sup> Wilson, C; Willis, C, Hendrikz, J, Le Brocque, R, Bellamy, N (2010). «Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths» [Radares de tráfico para la prevención de lesiones y muertes por siniestros de tráfico] The Cochrane Library (10): CD004607.

<sup>79</sup> Organización Mundial de la Salud (OMS) (2013). Seguridad peatonal: manual de seguridad vial para instancias decisorias y profesionales OMS: Ginebra.

## A.3 USUARIOS SEGUROS

### A.3.1 INTRODUCCIÓN

Cambiar el comportamiento de los usuarios de la carretera ha sido el centro de la actividad de los profesionales de la seguridad vial durante muchas décadas. Teniendo en cuenta que muchas colisiones están causadas de algún modo por errores de los usuarios de la carretera, parecería obvio que mejorar el comportamiento sería la primera opción para mejorar la seguridad vial. Sin embargo, modificar el comportamiento para obtener beneficios en materia de seguridad sigue planteando importantes retos y, en ocasiones, únicamente aporta beneficios muy reducidos. A menudo se pueden encontrar soluciones más eficaces para abordar los problemas de los usuarios de la carretera en otros pilares del Sistema Seguro. Por ejemplo, es posible diseñar carreteras que proporcionen indicaciones visuales muy directas a los usuarios sobre la velocidad adecuada, o incluso limitar la velocidad mediante medidas físicas. En general, esta medida es más eficaz que informar a los conductores de los riesgos de circular a mayor velocidad y decirles que deben reducir la velocidad. En la misma línea, las tecnologías de los vehículos desempeñan un papel cada vez más importante en la gestión segura del comportamiento del conductor a través de diversos sistemas de advertencia, automatización parcial (por ejemplo, el frenado automático de emergencia) y sistemas de gestión del vehículo (por ejemplo, los sistemas de recordatorio del cinturón de seguridad y los dispositivos de bloqueo de arranque por alcohol).

El impacto, a menudo limitado, de algunas intervenciones sobre los usuarios de la carretera no es sorprendente, dados los conocimientos actuales de la ciencia de la seguridad. La bien establecida «Jerarquía de controles», que proviene del campo de la salud y la seguridad industrial, destaca las medidas para minimizar o eliminar la exposición a los peligros<sup>80</sup> y se muestra en la Figura A.20.

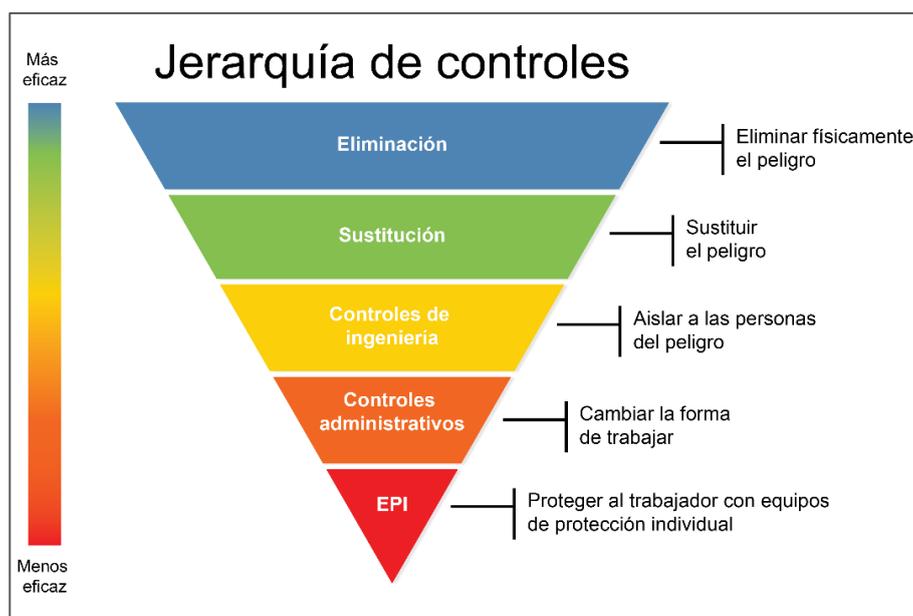


Figura A.20: Jerarquía de controles. (Fuente CDC 2020<sup>81</sup>)

Según este enfoque, las intervenciones más eficaces son las que eliminan el peligro, seguidas de la sustitución del peligro y, a continuación, los controles técnicos (que pueden incluir cinturones de seguridad y airbags en el contexto de la seguridad vial). Las intervenciones conductuales, que generalmente entran dentro de los controles administrativos, se sitúan en el extremo inferior de la escala de eficacia, ya que requieren una supervisión constante y una aplicación vigilante, apoyadas por una formación continua a medida que entran nuevas personas en el sistema. A nivel de población,

<sup>80</sup> Para un debate sobre la jerarquía de controles desde la perspectiva del sistema seguro, véase McTiernen, D & Rensen, A (2016), The Safe System Hierarchy of Control Framework for Local Roads, Proceedings [Marco de jerarquía de controles del sistema seguro para carreteras locales], Actas de la Conferencia de Seguridad Vial de Australasia 2016, Canberra, Australia.

<sup>81</sup> Centro para el Control de Enfermedades (2020) - Jerarquía de controles - Tema de seguridad y salud en el trabajo de NIOSH. [www.cdc.gov](http://www.cdc.gov). Consultado el 3 de junio de 2020.

estas intervenciones suelen requerir una gran cantidad de recursos para llegar al número deseado de personas y lograr un impacto medible. En cambio, los mayores éxitos suelen producirse cuando podemos eliminar un peligro por completo (por ejemplo, colocando el tráfico motorizado y los peatones en vías que no se solapan ni entran en conflicto-).

Como se ha señalado anteriormente, la mejora del comportamiento de los usuarios de la carretera es un elemento clave del enfoque del Sistema Seguro, y es necesario adoptar medidas importantes para mejorar la seguridad vial a través de este mecanismo. Los métodos utilizados para mejorar el comportamiento de los usuarios de la carretera incluyen la implantación de permisos de conducir, la formación, la educación, la aplicación de la ley, el control (por ejemplo, a través de la telemática de los vehículos) y las campañas de seguridad vial. Como se indica en el cuadro recapitulativo de la sección 2 aunque existen evidencias claras de que el comportamiento de los usuarios de la carretera puede mejorarse, **hay varias intervenciones populares para los usuarios de la carretera que han demostrado ser ineficaces o incluso perjudiciales para reducir las lesiones graves y mortales.** El resto de esta sección ofrece una visión general de la base de evidencia sobre la eficacia de las intervenciones para la seguridad de los usuarios de la vía pública.

### A.3.2 SISTEMAS DE PERMISOS DE CONDUCIR QUE INCLUYAN UNA AMPLIA PRÁCTICA SUPERVISADA EN CARRETERA

Los sistemas de permisos de conducir que obligan a los conductores noveles a realizar muchas horas de conducción supervisada en carretera han demostrado su eficacia.<sup>82</sup> <sup>83</sup> Aunque se observan beneficios en materia de seguridad, no se sabe con certeza a qué se deben. Los beneficios pueden derivarse del aprendizaje de hábitos más seguros, como respetar los límites de velocidad y llevar puesto el cinturón de seguridad, y de una mejor exploración y anticipación de otros usuarios de la carretera, pero también porque aumenta la edad de conducción (véase la sección A.3.5 para las evidencias sobre la importancia de esta cuestión). Algunos países han adoptado sistemas en los que se exige una supervisión exhaustiva en carretera, a menudo como parte de un sistema de permiso gradual (o SGL, véase la sección A.3.3). Dado que esta experiencia en carretera suele ir unida a otros elementos de los GLS, es difícil determinar el impacto de este elemento por sí solo.

Existen escasos indicios de que la formación estructurada previa a la obtención del permiso de conducir pueda producir un beneficio para la seguridad. En un estudio<sup>84</sup> se publicó una investigación realizada en Dinamarca en la que se descubrió que una formación estructurada impartida por un instructor de autoescuela cualificado y que incluyera instrucción en el aula, habilidades de control del vehículo, conducción defensiva y percepción del peligro (véase la sección A.3.6) puede lograr conductores más seguros, en este caso una reducción de las colisiones con varios vehículos, pero no de las colisiones con un solo vehículo, en el primer año de conducción. Sin embargo, este estudio se basaba en autoinformes sobre la implicación en colisiones y adolecía de una metodología limitada. En la revisión<sup>84</sup> se señaló que los estudios sobre este tema suelen adolecer de limitaciones metodológicas.<sup>85</sup> La revisión destacó claramente que la formación puede estar asociada a peores resultados de seguridad en carretera si se traduce en una reducción de las horas de formación supervisada o en una obtención acelerada del permiso de conducir. En resumen, los sistemas de permiso de conducir que implican una amplia formación supervisada en carretera como parte de un sistema de permiso de conducir son la forma preferida de sistema de permiso de conducir.

<sup>82</sup> Gregersen, N. P., Nyberg, A., & Berg, H. Y. (2003). Accident involvement among learner drivers—an analysis of the consequences of supervised practice [Implicación en siniestros de los conductores noveles: un análisis de las consecuencias de la práctica supervisada]. *Accident Analysis & Prevention*, 35(5), 725-730.

<sup>83</sup> Catchpole, J, Makwasha, T, Newstead, S, Imberger, K & Healy, D (2017). Impact of Victoria's Enhanced GLS on Novice Driver Crash Involvement [Impacto del GLS mejorado de Victoria en la implicación en colisiones de los conductores noveles]. Actas de la Conferencia de Seguridad Vial de Australasia 2017, Perth, Australia.

<sup>84</sup> Beanland, V, Natassia, G, Salmon, P & Lenne, M. (2013). Is there a case for driver training? [¿Hay razones para la formación de conductores?] A review of the efficacy of pre- and post-licence driver training [Una revisión de la eficacia de la formación previa y posterior a la obtención del permiso de conducir], *Safety Science*, 51, 127-137.

<sup>85</sup> Los estudios de este tipo implicarían idealmente la «aleatorización» de los sujetos en grupos diferentes, pero normalmente esto no ocurre. La aleatorización significa que los que completan el entrenamiento son asignados aleatoriamente a este grupo, mientras que los demás son asignados aleatoriamente a un grupo que no recibe entrenamiento, o que recibe alguna otra alternativa. De este modo se minimizan los sesgos potenciales (como el sesgo de autoselección), lo que significa que las diferencias de rendimiento entre los grupos pueden atribuirse a las diferencias de formación.

### A.3.3 SISTEMAS DE PERMISOS DE CONDUCIR GRADUALES

El GLS suele combinar una amplia formación supervisada en carretera con un enfoque gradual de la conducción. Inicialmente, se restringe la forma en que los conductores pueden conducir (por ejemplo, con limitaciones iniciales del número de pasajeros; tolerancia cero de alcohol; restricción de los vehículos que se pueden conducir). El GLS, junto con la formación supervisada de conductores en carretera, ha demostrado su eficacia con una reducción del 20 % al 30 % de los siniestros mortales y graves de los conductores noveles.<sup>83 86</sup>

### A.3.4 PERMISO MEDIANTE SOLICITUD O PAGO

Por el contrario, los sistemas de obtención del permiso de conducir que no incluyan una amplia formación supervisada en carretera y el GLS serán, por tanto, menos eficaces. Muchos países no incluyen estos componentes en sus sistemas de permisos de conducir. Los sistemas que se basan en **un simple proceso de solicitud, o las situaciones en las que los regímenes de concesión de permisos más rigurosos pueden subvertirse mediante el pago, no son probablemente eficaces y deben evitarse**, por lo que deben utilizarse otras alternativas previstas en esta sección. Sin embargo, es probable que contar con un sistema de permisos sólido aporte algunos beneficios a la seguridad vial, ya que proporciona un mecanismo para controlar las infracciones de los conductores (como el exceso de velocidad) y, por lo tanto, supone un incentivo para que los usuarios de la carretera cumplan las normas. En muchos países, los permisos pueden suspenderse o cancelarse si los conductores sobrepasan ciertas condiciones (véase también la sección A.3.11 sobre sanciones).

### A.3.5 AUMENTAR LA EDAD DE OBTENCIÓN DEL PERMISO DE CONDUCIR

Se ha establecido firmemente una relación entre la edad del conductor, la experiencia y el riesgo de colisión. Los conductores en su primer año tienen entre tres y cuatro veces más probabilidades de sufrir un siniestro en comparación con un conductor más experimentado.<sup>87</sup> Este riesgo alcanza su máximo en los primeros meses de conducción y disminuye rápidamente después de unos 6-8 meses de experiencia al volante.<sup>88</sup> Parte de este alto riesgo está relacionado con la falta de habilidades y experiencia y con la conducción en situaciones de mayor riesgo, pero hay evidencia clara de que la madurez cognitiva del conductor también desempeña un papel importante. Los estudios sobre los conductores noveles más jóvenes frente a los de más edad indican que los conductores más jóvenes tienen un mayor riesgo de colisión que sus homólogos de más edad.<sup>89</sup> Por lo tanto, una forma de reducir las lesiones y las muertes es retrasar la edad a la que los jóvenes pueden obtener el permiso de conducir. Es probable que este sea uno de los mecanismos por los que funcionan los sistemas GLS, dado que retrasan el inicio de la conducción (junto con otros elementos). La evidencia también sugiere que aumentar la edad de conducción también tendrá un impacto beneficioso en los resultados de seguridad.<sup>90</sup> Es probable que aumentar la edad de conducción en 1 año produzca una reducción del 5-10 % en la tasa de colisiones durante el primer año de conducción.<sup>49</sup>

### A.3.6 FORMACIÓN Y EVIDENCIA DE PERCEPCIÓN DE RIESGOS

La percepción del peligro se refiere a la capacidad de un usuario de anticipar situaciones potencialmente peligrosas en la carretera. Esta habilidad suele requerir muchos años de experiencia. La capacidad de percepción del peligro puede medirse mediante evidencia informáticas de percepción del peligro y, del mismo modo, puede impartirse formación sobre percepción del peligro, normalmente

<sup>86</sup> Hartling L, Wiebe N, Russell K, Petruk J, Spinola C & Klassen TP (2004) Graduated licensing for reducing motor vehicle crashes among young drivers [Permiso gradual para reducir los siniestros de tráfico entre los jóvenes conductores], Cochrane Database of Systematic Reviews.

<sup>87</sup> Palamara P, Legge M & Stevenson M (2002) The relationship between years of licensing, traffic offences and crash involvement: Implications for driver licensing in Western Australia [La relación entre los años de permiso de conducir, las infracciones de tráfico y la implicación en colisiones: Implicaciones para el permiso de conducir en Australia Occidental]. Developing Safer Drivers and Riders: Conference Proceedings [Desarrollar conductores y motoristas más seguros: Actas de la Conferencia], Brisbane QLD.

<sup>88</sup> Mayhew DR, Simpson HM & Pak A (2003) Changes in collision rates among novice drivers during the first months of driving [Cambios en los índices de colisión entre los conductores noveles durante los primeros meses de conducción]. Accident Analysis & Prevention, 35, 683-691.

<sup>89</sup> Curry AE, Metzger KB, Williams AF, Tefft BC4, (2017), Comparison of older and younger novice driver crash rates: Informing the need for extended Graduated Driver Licensing restrictions [Comparación de los índices de siniestralidad de conductores noveles mayores y jóvenes: Información sobre la necesidad de ampliar las restricciones del permiso de conducir gradual], Accident Analysis & Prevention 108, 66-73.

<sup>90</sup> Williams, (2009). Licensing age and teenage driver crashes: A review of the evidence [Edad de obtención del permiso de conducir y colisiones de conductores adolescentes: Una revisión de las pruebas]. Traffic Injury Prevention, 10(1), 9-15.

como parte de los regímenes integrales de obtención del permiso de conducir para conductores noveles. La evidencia de percepción del peligro y la formación parecen tener la capacidad de reducir el riesgo de colisión capacidad de reducir el riesgo de colisión. Por ejemplo, se ha calculado que la inclusión de una prueba de percepción del peligro en el proceso de obtención del permiso de conducir en el Reino Unido reduce los índices de siniestros de tráfico a alta velocidad de los conductores en torno a un 10 % en el año siguiente a su realización.<sup>91</sup>

### A.3.7 FORMACIÓN Y ADIESTRAMIENTO DE CONDUCTORES Y MOTORISTAS TRAS LA OBTENCIÓN DEL PERMISO

Una vez que los conductores y motoristas han recibido sus permisos (preferiblemente a través de un sistema sólido como el descrito anteriormente), a menudo hay demandas para desarrollar las habilidades básicas obtenidas a través de diversos tipos de educación y formación. A pesar de la fe en esta educación y formación posteriores a la obtención del permiso de conducir, se ha **demostrado repetidamente que la formación general de los conductores de turismo es ineficaz, o incluso perjudicial, para la seguridad vial**. La Biblioteca Cochrane, que goza de gran credibilidad, ha publicado revisiones rigurosas de las evidencia que han demostrado que la formación de conductores no aporta beneficios para la seguridad. La revisión de las evaluaciones de formación de conductores posteriores a la obtención del permiso concluyó que existe: «... ninguna prueba de que la educación vial posterior a la obtención del permiso de conducir sea eficaz para prevenir las lesiones o los siniestros de tráfico. .... Debido al gran número de participantes incluidos en el metaanálisis (cerca de 300.000 para algunos resultados) podemos excluir, con una precisión razonable, la posibilidad de que incluso unos beneficios modestos».<sup>92</sup> El análisis de las evidencia también reveló que: «Ninguna forma de educación ... resultó ser sustancialmente más eficaz que otra, ni se encontró una diferencia significativa entre la educación vial avanzada y la educación vial de recuperación»<sup>92</sup> Revisiones más recientes han demostrado aumentos en los índices de colisiones gracias a la formación basada en habilidades de manejo del vehículo, como el entrenamiento de derrape. Aunque este resultado pueda parecer contraintuitivo, la forma más sencilla de entenderlo es que cualquier beneficio que pueda derivarse de la formación se ve superado en gran medida por el exceso de confianza que se imparte a quienes participan en estos cursos. Así lo ilustra el ejemplo del estudio de caso 3 que figura a continuación.

---

<sup>91</sup> Horswill, M. S. (2016). Hazard Perception in Driving [Percepción del peligro en la conducción]. *Current Directions in Psychological Science*, 25(6), 425-430

<sup>92</sup> Ker K, Roberts IG, Collier T, Beyer FR, Bunn F, Frost C. Post-licence driver education for the prevention of road traffic crashes [Educación vial posterior a la obtención del permiso de conducir para la prevención de siniestros de tráfico]. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2003, Issue 3. Art. n.º: CD003734. DOI: 10.1002/14651858.CD003734.

## ESTUDIO DE CASO 3 - FORMACIÓN SOBRE DERRAPES

La formación en control de derrape (o «skid pan») tiene por objeto enseñar a los conductores a controlar su vehículo si se encuentran con condiciones de firme resbaladizo, incluso en carreteras mojadas y a causa de la nieve, el hielo, el aceite o los escombros. Las condiciones de superficie resbaladiza se crean artificialmente en un entorno todoterreno. La formación promete a menudo «conocimientos avanzados de conducción» para ayudar a afrontar estas condiciones peligrosas, e intuitivamente, adquirir esa experiencia parece tener sentido. Sin embargo, existen evidencia considerables de que dicha formación contribuye a aumentar el riesgo de colisión. Este resultado negativo se ha reproducido en numerosos estudios, incluidos los realizados en Europa, Norteamérica, Australia y Nueva Zelanda.

Una de las principales razones por las que este tipo de formación no es eficaz es que cualquier beneficio obtenido a través de la mejora de los conocimientos o habilidades se ve superado por un mayor riesgo derivado del exceso de confianza tras dicha formación. Está demostrado que la formación en habilidades de conducción aumenta la confianza<sup>93 94</sup> (empeorando el exceso de confianza general existente<sup>93</sup>) y el aumento de la confianza se asocia con una mayor asunción de riesgos.<sup>95</sup>



(Fuente: [www.driveandstayalive.com](http://www.driveandstayalive.com))

En algunos PRMB, la formación posterior a la obtención del permiso puede considerarse una forma de compensar las deficiencias de los sistemas de concesión de permisos (véase la sección A.3.4) en los que los conductores y motoristas comienzan su actividad en carretera sin ninguna de las habilidades o experiencia requeridas. Es poco probable que un pequeño número de sesiones de formación posteriores a la obtención del permiso de conducir proporcionen la experiencia necesaria para un uso seguro de la carretera y, como demuestran las evidencia de otros lugares, existe una posibilidad muy real de que esto provoque un aumento del riesgo. Incluso si se demostrara que dicha formación y educación tienen beneficios (cosa que no ha sucedido), este tipo de intervenciones se sitúan en la parte inferior de la jerarquía de controles (véase la sección A.3.1). Se necesitarían ingentes recursos para formar a un número adecuado de usuarios de la carretera para que tuvieran algún impacto beneficioso, y es probable que se requiera una formación continuada. Como se ha indicado

<sup>93</sup> Job, RFS (1990). The application of learning theory to driving confidence: The effect of age and the impact of random breath testing [La aplicación de la teoría del aprendizaje a la confianza en la conducción: El efecto de la edad y el impacto de las pruebas aleatorias de alcoholemia]. *Accident Analysis and Prevention*, 22, 97-107; DeJoy, D. M. (1989). The optimism bias and traffic accident risk perception [El sesgo de optimismo y la percepción del riesgo de siniestro de tráfico]. *Accident Analysis & Prevention* 21(4): 333-340.

<sup>94</sup> Katila, A, Keskinen, O Hatakka, M. Laapotti S. (2004). Does increased confidence among novice drivers imply a decrease in safety? [¿Implica el aumento de confianza entre los conductores noveles una disminución de la seguridad?] The effects of skid training on slippery road accidents [Efectos de la formación sobre derrapes en los siniestros de tráfico por deslizamiento]. *Accident Analysis & Prevention*, 36 (4), 543-550; Gregersen, N. P. (1996). Young drivers' overestimation of their own skill: An experiment on the relation between training strategy and skill [Los jóvenes conductores sobrestiman su propia habilidad: Un experimento sobre la relación entre estrategia de formación y habilidad]. *Accident Analysis & Prevention* 28 (2), 243-250.; Ker, K., I. Roberts, T. Collier, F. Beyer, F. Bunn & C. Frost (2005). Post-licence driver education for the prevention of road traffic crashes: a systematic review of randomised controlled trials [Educación vial posterior a la obtención del permiso para la prevención de siniestros de tráfico: una revisión sistemática de ensayos controlados aleatorios]. *Accident Analysis & Prevention* 37(2): 305-313.

<sup>95</sup> Weinstein, Neil D. (1988). The precaution adoption process [El proceso de adopción de precauciones]. *Health Psychology*, Vol 7(4), 355-386. Prabhakar, T., Lee, S.H.V., & Job, RFS (1996). Risk Taking, optimism bias and risk utility in young drivers [Asunción de riesgos, sesgo de optimismo y utilidad del riesgo en jóvenes conductores]. L. St. John (Ed.), *Proceedings of the Road Safety Research and Enforcement Conference*. (pp.61-68). Sidney, NSW: Autoridad de Carreteras y Tráfico de Nueva Gales del Sur.

anteriormente, es muy recomendable que los nuevos usuarios de la carretera pasen por un estricto procedimiento de obtención del permiso de conducir a través de un sistema sólido (como el GLS).

Excepcionalmente, existen algunas áreas bastante específicas en las que la formación de conductores ha resultado eficaz a través de las evaluaciones. Existen estudios sobre conductores comerciales y En el caso de los conductores comerciales y profesionales, existen estudios que muestran impactos positivos de los programas de formación independientes.<sup>96</sup> Hay estudios que muestran vínculos entre la formación y la reducción de los comportamientos de riesgo al volante,<sup>97</sup> y otros que muestran impactos positivos de los programas de formación de conductores de autobuses de tránsito, en particular la formación en conducción defensiva, pero las evaluaciones también reconocen que varios otros factores pueden influir en los resultados de la formación,<sup>98</sup> en particular la cultura de seguridad de una organización.

La formación de conductores de motocicletas posterior a la obtención del permiso de conducir no ha producido ninguna mejora demostrada en materia de seguridad vial, con ausencia de beneficios en las revisiones sistemáticas de las evidencias<sup>99</sup> y en una evaluación bien controlada más reciente de la formación posterior a la obtención del permiso de conducir.<sup>100</sup> En cuanto a las evidencias de investigación, no se conocen excepciones.

### A.3.8 EDUCACIÓN Y FORMACIÓN EN LAS ESCUELAS

Se han hecho muchos intentos de mejorar la seguridad vial de los niños en edad escolar mediante la educación y la formación. Basándose en los cambios en el comportamiento seguro, enseñar a los niños cómo y dónde cruzar la carretera de forma segura parece aportar beneficios.<sup>101</sup> Sin embargo, esta medida solo debe aplicarse a los niños de una edad adecuada para no fomentar que los niños más pequeños crucen la carretera de forma más independiente (sin supervisión). También es importante la formación periódica de reciclaje. Incluso entonces, la esperanza de que estos cambios de comportamiento produzcan beneficios reales en materia de seguridad sigue sin estar demostrada.<sup>102</sup> Como se ha subrayado anteriormente, aunque dicha formación proporcione un beneficio, se necesita una enorme cantidad de recursos para formar adecuadamente a un número suficientemente grande de niños como para producir un impacto en la seguridad. Además de las limitaciones financieras, también existen las logísticas, y a menudo se plantean problemas importantes, como la falta de formadores cualificados, cuando se intenta impartir este tipo de formación a gran escala.<sup>103</sup>

En la sección A.3.9 se indica que es probable que las campañas de educación pública combinadas con actividades de aplicación de la ley resulten beneficiosas. Asimismo, las campañas de educación pueden reportar beneficios más amplios para aumentar la concienciación sobre los problemas de seguridad vial, incrementando así la aceptación de otros cambios sociales para mejorar la seguridad, como una legislación que respalde el cumplimiento de la normativa o la mejora de los conocimientos sobre la compra de vehículos seguros. Esta educación puede incluir una amplia formación dirigida a los niños en edad escolar. De hecho, a veces se afirma que la educación vial es un proceso de aprendizaje permanente.<sup>104</sup> Sin embargo, las actividades educativas realizadas ad hoc no entran en esta categoría. La OCDE informa de que las **actividades ad hoc, incluidas las visitas de expertos y entusiastas de la seguridad vial, tendrán relativamente poco éxito** a pesar de su atractivo popular.<sup>104</sup>

<sup>96</sup> Gregersen, Nils Petter, Brendt Brehmer & Bertil Moren. 1996. «Road Safety Improvement in Large Companies. An Experimental Comparison of Different Measures» [Mejora de la seguridad vial en las grandes empresas. Una comparación experimental de diferentes medidas]. *Accident Analysis and Prevention* 28 (3): 297-306.

<sup>97</sup> Dorn, Lisa, & David Barker. 2005. «The effects of driver training on simulated driving performance» [Efectos de la formación de conductores en el rendimiento de la conducción simulada]. *Accident Analysis and Prevention* 63-69.

<sup>98</sup> TCRP. 1996. *Bus Occupant Safety- A Synthesis of Transit Practice* [Seguridad de los ocupantes de autobuses: síntesis de las prácticas de tránsito]. Washington D.C.: Transportation Research Board.

<sup>99</sup> Kardamanidis, K., Martiniuk, A., Ivers, R. Q., Stevenson, M. R., & Thistlethwaite, K. (2010). Motorcycle rider training for the prevention of road traffic crashes [Formación de conductores de motocicletas para la prevención de siniestros de tráfico]. *The Cochrane Library*

<sup>100</sup> Ivers, R. Q., Sakashita, C., Senserrick, T., Elkington, J., Lo, S., Boufous, S., & de Rome, L. (2016). Does an on-road motorcycle coaching program reduce crashes in novice riders? [¿Un programa de entrenamiento en carretera para motociclistas reduce las colisiones de los conductores noveles?] Un ensayo controlado aleatorizado. *Accident Analysis & Prevention*, 86, 40-46.

<sup>101</sup> Oxley J, Congiu M, Whelan M, D'Elio A, Charlton J. (2008). Teaching young children to cross roads safely [Enseñar a los niños pequeños a cruzar las carreteras con seguridad]. *Ann Adv Automot Med.*, 52, 215-23.

<sup>102</sup> Duperrex, O., Roberts, I., & Bunn, F. (2002). Safety education of pedestrians for injury prevention [Educación en seguridad de los peatones para la prevención de lesiones]. *The Cochrane Library*.

<sup>103</sup> Hammond, J., Cherrett, T., & Waterson, B. (2014) The Development of Child Pedestrian Training in the United Kingdom 2002–2011: A National Survey of Local Authorities [La evolución de la formación de los peatones infantiles en el Reino Unido 2002-2011: Una encuesta nacional a las autoridades locales]. *Journal of Transportation Safety & Security*, 6:2, 117-129

<sup>104</sup> OCDE (2004) Keeping children safe in traffic, OCDE, París.

De hecho, a pesar del valor de la educación y la formación en otros aspectos de la vida, una revisión exhaustiva de numerosas **evaluaciones científicas de la formación de conductores en las escuelas demostró resultados claramente negativos**.<sup>105</sup> El estudio concluye que los resultados «no aportan evidencia de que la educación vial reduzca la implicación en siniestros de tráfico y sugieren que puede conducir a un aumento modesto pero potencialmente importante de la proporción de adolescentes implicados en siniestros de tráfico». <sup>105</sup> Se ha llegado a conclusiones similares en estudios más recientes.<sup>106 107</sup> No existen evidencia sólidas de los beneficios para la seguridad vial derivados de la formación de conductores en las escuelas. Cualquier posible beneficio se ve superado por el aumento del exceso de confianza de los conductores y, posiblemente, por el adelanto de la edad de inicio en la conducción. Existen evidencia directas del beneficio de empezar a conducir a una edad más avanzada, con efectos de la edad sobre el riesgo independientes de la experiencia al volante.<sup>108</sup> Este hecho está relacionado con el desarrollo fundamental del cerebro. No se constatan excepciones.

Aunque los estudios muestran que la educación sobre seguridad vial en las escuelas mejora los conocimientos,<sup>109</sup> no hay evidencia de que estos conocimientos cambien el nivel de seguridad del comportamiento en carretera. Una vez más, **existe el riesgo de que un mayor conocimiento aumente la confianza y la asunción de riesgos**.

Como se ha indicado anteriormente, incluso si la formación en las escuelas resultara beneficiosa, requeriría una gran cantidad de recursos (financiación y formadores cualificados) para producir algún beneficio significativo en términos de reducción de colisiones.

Las cifras indican que el 88 % de los desplazamientos de peatones (de todos los grupos de edad) se producen por vías que no son seguras.<sup>110</sup> Esta situación también se da en las carreteras que rodean las escuelas en muchos PRMB, lo que significa que una solución viable para mejorar la seguridad de los niños es aumentar la calidad de las infraestructuras viarias para incorporar elementos de seguridad. Una gran proporción de las lesiones infantiles en los PRMB se producen mientras los niños caminan. A escala mundial, la cifra es del 38 %, y esto suele deberse a que los niños caminan por lugares donde hay una mezcla de tipos de vehículos, a menudo a mayor velocidad.<sup>111</sup> Cuando se combina con aceras, cruces y otros elementos de seguridad deficientes, el resultado es un elevado número de muertes y lesiones graves de niños.

Dada la falta de evidencia de resultados positivos en materia de seguridad a través de la educación y la formación en las escuelas, se recomienda utilizar mejores enfoques para mejorar los resultados en materia de seguridad vial de los niños en edad escolar, incluida la inversión en mejoras de las infraestructuras viarias en torno a las escuelas.

### A.3.9 EDUCACIÓN PÚBLICA Y CAMPAÑAS

Se ha demostrado que los programas de educación pública y concienciación ofrecen resultados muy dispares, pero cada vez hay más evidencia de lo que realmente funciona en relación con estas campañas. La principal conclusión es que la eficacia de las campañas por sí solas en términos de beneficios directos para la seguridad probablemente sea pequeña.<sup>112</sup> Sin embargo, hay situaciones específicas en las que las campañas pueden ser eficaces, especialmente cuando se combinan con

<sup>105</sup> Roberts IG, Kwan I. (2001). School-based driver education for the prevention of traffic crashes [Educación vial escolar para la prevención de siniestros de tráfico]. Cochrane Database of Systematic Reviews 2001, Issue 3

<sup>106</sup> Poulter, D. & Mckenna, F (2010), Evaluating the effectiveness of a road safety education intervention for pre-drivers: An application of the theory of planned behavior [Evaluación de la eficacia de una intervención de educación vial para preconductores: Una aplicación de la teoría del comportamiento planificado] British Journal of Educational Psychology, 80, 2, 163-181.

<sup>107</sup> Glendon, A., McNally, B., Jarvis, A., Chalmers, S., Salisbury, R. (2014), Evaluating a novice driver and pre-driver road safety intervention [Evaluación de una intervención de seguridad vial para conductores noveles y preconductores], Accident Analysis & Prevention, 64, 100-110.

<sup>108</sup> Casey, B.J., Jones, R. M. and Hare, T. A. (2008), The Adolescent Brain [El cerebro adolescente]. Annals of the New York Academy of Sciences, 1124: 111–126. doi: 10.1196/annals.1440.010; Johnson, S. B. & V. C. Jones (2011). Adolescent development and risk of injury: using developmental science to improve interventions [Desarrollo adolescente y riesgo de lesiones: utilizar la ciencia del desarrollo para mejorar las intervenciones]. Injury Prevention 17(1): 50-5491; Oxley J, Congiu M, Whelan M, D'Elia A, Charlton J. (2008). Teaching young children to cross roads safely [Enseñar a los niños pequeños a cruzar las carreteras con seguridad]. Ann Adv Automot Med., 52, 215-23.

<sup>109</sup> Meehan, G. (2009). School student recognition of in-school road safety education [Reconocimiento de los alumnos de educación vial en la escuela]. Actas de la Conferencia Australiana de Investigación sobre Seguridad Vial y Educación Policial, 2009, Sídney, Nueva Gales del Sur, Australia, 2009. Sídney: NSW Roads & Traffic Authority

<sup>110</sup> OMS (2018) Informe sobre el estado mundial de la seguridad vial 2018, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

<sup>111</sup> OMS (2015), Diez estrategias para mantener a los niños/as seguros en la carretera. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

<sup>112</sup> Hoekstra, T & Wegman, F (2011). Improving the effectiveness of road safety campaigns: Current and new practices [Mejorar la eficacia de las campañas de seguridad vial: Prácticas actuales y nuevas]. IATSS Research 34 (2011) 80–86

otras medidas. Sin la aplicación de la ley, una campaña en los medios de comunicación no tiene prácticamente ningún efecto directo en términos de reducción del número de colisiones, pero en combinación, estas medidas pueden conducir a una reducción de las colisiones.<sup>112</sup>

Como ejemplo claro, el uso del cinturón de seguridad en el estado de Nueva Gales del Sur (Australia) solo aumentó ligeramente desde el punto de partida hasta más del 20 % gracias a una fuerte publicidad sobre los riesgos de lesiones y muerte. Sin embargo, una buena publicidad de la inminente aplicación del cinturón de seguridad dio lugar a un aumento repentino de la tasa de uso a más del 95 %, que con el perfeccionamiento de la aplicación y la promoción aumentó a más del 99 %. El miedo a una multa es claramente más eficaz.<sup>113</sup> Del mismo modo, a pesar de la amplia educación y campañas sobre los peligros de conducir bajo los efectos del alcohol, un alarmante 42 % de las muertes se produjeron por conducir bajo los efectos del alcohol. Sin embargo, con la introducción de una fuerte campaña de advertencia sobre la inminente realización de evidencia de alcoholemia aleatorias y exhaustivas, las muertes al volante descendieron drásticamente.<sup>114</sup> El descenso de las muertes por conducir bajo los efectos del alcohol precedió incluso al inicio de la aplicación de las evidencias aleatorias de alcoholemia, lo que demuestra el impacto de la campaña de comunicación de advertencia previa. Las campañas funcionan mejor cuando se ofrecen comportamientos alternativos.<sup>112</sup> Por ejemplo, en una campaña de conducción bajo los efectos del alcohol (para reducir la conducción en estado de embriaguez) sería útil destacar formas alternativas de transporte o la importancia de seleccionar un conductor sobrio designado en lugar de conducir bajo los efectos del alcohol.

Además, las intervenciones educativas pueden actuar por una vía indirecta, modificando las percepciones de los usuarios de la carretera sobre los riesgos de una actividad.<sup>115</sup> Por ejemplo, una intervención que concienciara más al público objetivo sobre los peligros del exceso de velocidad puede no cambiar directamente el comportamiento, pero sí aumentar la concienciación sobre el problema hasta un nivel en el que sea posible la introducción de un programa de imposición de radares de velocidad. En última instancia, ese programa de cámaras repercutiría en el comportamiento de los conductores. Del mismo modo, la educación a un nivel muy local sobre una nueva intervención de seguridad vial (por ejemplo, rotondas cuando estas no se han utilizado ampliamente) puede ayudar a mejorar la comprensión y el uso de esa intervención y también la aceptabilidad de la misma si se destaca un beneficio claro.

Una razón clave de la limitada eficacia de las campañas por sí solas es que a menudo se asume que proporcionar información sobre los riesgos cambiará el comportamiento de los conductores, ya sea por un mayor conocimiento y/o por miedo a los resultados probables. Sin embargo, los conductores están sujetos a hábitos establecidos, prejuicios, factores situacionales, juicios erróneos del riesgo personal (incluido el sesgo del optimismo) y, a veces, comportamientos irracionales. Teniendo en cuenta estos factores, es muy difícil cambiar el comportamiento mediante campañas (especialmente las basadas en el riesgo de colisión). Además, estos mensajes suelen olvidarse pronto. Además, como se ha señalado en secciones anteriores, este tipo de intervenciones suelen situarse en el extremo inferior de la escala de eficacia dentro de la jerarquía de controles y requieren recordatorios constantes, así como su aplicación, para ser eficaces (como demuestran las evidencias recogidas en esta sección).

### A.3.10 APLICACIÓN

La aplicación de la normativa es un elemento clave para reducir las lesiones mortales y graves. Cuando se aplican correctamente, el cumplimiento de la ley y la amenaza de sanciones (como multas y la posible pérdida del permiso) actúan para disuadir a los usuarios de la carretera de participar en comportamientos adversos. La teoría de la disuasión destaca que los individuos evitarán delinquir si temen las consecuencias percibidas del comportamiento, especialmente si se considera que las

<sup>113</sup> Job, RFS (1988). Effective and ineffective use of fear in health promotion campaigns [Uso eficaz e ineficaz del miedo en las campañas de promoción de la salud]. *American Journal of Public Health*, 78, 163-167.

<sup>114</sup> Job, RFS, Prabhakar, T., & Lee, S.H.V. (1997). The long term benefits of random breath testing in NSW (Australia): Deterrence and social disapproval of drink-driving [Los beneficios a largo plazo de las pruebas aleatorias de alcoholemia en Nueva Gales del Sur (Australia): Disuasión y desaprobación social de la conducción bajo los efectos del alcohol]. In C. Mercier-Guyon (Ed.), *Proceedings of the 14th. Conferencia internacional sobre alcohol, drogas y seguridad vial, Annecy, 1997*. (pp. 841-848), Francia: CERMT.

<sup>115</sup> McKenna, F. P. (2007). The Perceived Legitimacy of intervention [La legitimidad percibida de la intervención]. Un elemento clave para la seguridad vial elaborado para la Fundación para la Seguridad Vial de la Asociación Americana del Automóvil.

consecuencias de llevar a cabo este comportamiento superan los beneficios probables.<sup>116 117</sup> Esta disuasión requiere, por lo tanto, ser consciente de los comportamientos ilegales; creer que existe la probabilidad de ser detectado; y creer que las consecuencias de la detección serán negativas.<sup>116</sup> Por esta razón, la aplicación de la ley es más eficaz cuando se combina con campañas que destacan los riesgos y las consecuencias de ser descubierto (véase la sección A.3.9).

La disuasión puede ser general o específica. La disuasión general asume que el público automovilista en general que no ha experimentado sanciones anteriormente se verá disuadido de delinquir por la amenaza de un castigo, como resultado de la conciencia de que otros han sido castigados por delinquir, o al ser advertidos a través de campañas en los medios de comunicación de sanciones inminentes por delinquir.<sup>116 117</sup> Por lo tanto, para la disuasión general, el objetivo es la población general de automovilistas. La disuasión específica se refiere a los infractores que ya han experimentado sanciones, y supone que estos usuarios de la carretera serán disuadidos de cometer la misma infracción en el futuro por miedo a incurrir en nuevas sanciones.

Hay una serie de medidas de aplicación de la seguridad vial que han demostrado mejorar el comportamiento de los usuarios de la carretera. Implantación de programas policiales intensivos centrados en: (i) la velocidad; (ii) la conducción bajo los efectos del alcohol (<sup>118</sup>); y, (ii) el uso del cinturón de seguridad- se asocia con reducciones medias que varían entre el 20 % y el 30 % de los siniestros de tráfico con heridos.<sup>119</sup> El uso del casco produce claros beneficios para la seguridad, y la aplicación de las leyes sobre el uso del casco aumenta sustancialmente las tasas de uso del casco.<sup>120</sup> Los radares fijos, la suspensión del permiso de conducir y el límite cero de alcoholemia para los jóvenes conductores son medidas muy rentables.<sup>121</sup> Como ya se ha indicado, la aplicación de la ley puede combinarse con campañas para aumentar su impacto.

Tradicionalmente, la policía se ha encargado de hacer cumplir la normativa, pero recientemente los gestores de flotas e incluso las compañías de seguros han asumido un papel más importante. Esta situación se ha producido con la llegada de los dispositivos de control a bordo de los vehículos, sobre todo para el cumplimiento de la velocidad. Actualmente se está evaluando la eficacia de estos sistemas.

### A.3.11 SANCIONES

Los regímenes de aplicación deben estar vinculados a sanciones, y estas deben ser ciertas e inevitables. Si se combinan con cambios legislativos, medidas coercitivas y campañas más amplias, las sanciones pueden ser un método eficaz para reducir los traumatismos en carretera.<sup>122 123</sup>

Existen evidencias claras de que una mayor certidumbre en el castigo está asociada a menores tasas de delitos. Del mismo modo, un uso más amplio de las sanciones es más eficaz que un uso escaso o

---

<sup>116</sup> Elliott, B (2003), Deterrence Theory Revisited, Road Safety Research, Policing and Education Conference - From Research to Action: Conference Proceedings [Teoría de la disuasión revisada, Conferencia sobre investigación, actuación policial y educación para la seguridad vial - De la investigación a la acción]. Sídney: NSW Roads and Traffic Authority

<sup>117</sup> Davey, J. D., & Freeman, J. E. (2011). Improving Road Safety through Deterrence-Based Initiatives: A review of research [Mejorar la seguridad vial mediante iniciativas basadas en la disuasión:

Una revisión de la investigación]. Sultan Qaboos University medical journal, 11(1), 29–37.

<sup>118</sup> La aplicación de la normativa sobre conducción bajo los efectos de las drogas ha comenzado en varios países, pero actualmente no se dispone de pruebas sobre su eficacia. Existen múltiples diferencias entre la conducción bajo los efectos de las drogas y la conducción bajo los efectos del alcohol que hacen que la simple extrapolación del éxito de la aplicación de la normativa sobre conducción bajo los efectos del alcohol a la aplicación de la normativa sobre conducción bajo los efectos de las drogas pueda ser engañosa. Entre ellas, las numerosas formas de droga que deben someterse a prueba, las diferencias entre los consumidores habituales de drogas ilícitas y el consumo legal de alcohol, la falta de curvas dosis-respuesta sólidas para las alteraciones causadas por las drogas y el mayor coste de las pruebas de detección de drogas, que impide la realización de pruebas generalizadas con un gran número de pruebas como las desplegadas en la aplicación de la normativa sobre conducción bajo los efectos del alcohol.

<sup>119</sup> Dupont B., Blais E. (2015) Assessing the Capability of Intensive Police Programmes to Prevent Severe Road Accidents: A Systematic Review [Evaluación de la capacidad de los programas policiales intensivos para prevenir siniestros de tráfico graves: Una revisión sistemática]. British Journal of Criminology 45(6).

<sup>120</sup> OMS 2006, Cascos: manual de seguridad vial para responsables de la toma de decisiones y profesionales. Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

<sup>121</sup> Elvik, R, Høyve, A, Vaa, T & Sørensen, M 2009, The handbook of road safety measures, 2ª ed., Emerald Publishing Group, Bingley, Reino Unido.

<sup>122</sup> Lefio A, Bachelet VC, Jiménez-Paneque R, Gomolán P, Rivas K. (2018). A systematic review of the effectiveness of interventions to reduce motor vehicle crashes and their injuries among the general and working populations [Una revisión sistemática de la eficacia de las intervenciones para reducir las colisiones de vehículos de motor y sus lesiones entre la población general y la población trabajadora]. Revista Panamericana de Salud Pública. 2018;42:e60

<sup>123</sup> Staton C, Vissoci J, Gong E, Toomey N, Wafula R, Abdelgadir J, et al (2016). Road traffic injury prevention initiatives: a systematic review and metasummary of effectiveness in low- and middle-income countries [Iniciativas de prevención de traumatismos causados por el tránsito: revisión sistemática y metátesis de la eficacia en países de ingresos bajos y medios]. PLoS One. 2016; 11(1): e0144971.

esporádico.<sup>124</sup> Un estudio de seis países<sup>125</sup> descubrió que los conductores de países con una aplicación estricta de la ley cometen menos infracciones de tráfico que los conductores de países con una aplicación relajada debido a que son conscientes de las consecuencias de estas infracciones.

Para algunos tipos de infracción, las penas deben graduarse en función de la gravedad de la actividad, con penas más elevadas para los mayores niveles de infracción o para los comportamientos repetidos. Por ejemplo, debería considerarse la pérdida del permiso y la incautación del vehículo para los infractores de alta velocidad o para los infractores reincidentes. Los individuos serán menos propensos a cometer un delito o a reincidir si el castigo percibido por ese delito es severo<sup>126</sup>.

Las sanciones deben imponerse lo antes posible, y está demostrado que si el castigo se aplica inmediatamente después de la comisión del delito, es menos probable que el delincuente reincida.<sup>124</sup>

<sup>127</sup> Los retrasos en la imposición de una multa pueden conducir a menudo a la negación de la infracción, a la inexactitud de los recuerdos y a la posibilidad de seguir delinquir. Con la tecnología moderna (incluida la mensajería SMS), es probable que las infracciones puedan emitirse rápidamente por medios distintos del correo postal.

### A.3.12 BLOQUEOS DE ARRANQUE POR ALCOHOLEMIA

Los bloqueos de arranque por alcoholemia, también conocidos como Alcolocks (Figura A.21), requieren que los conductores proporcionen una muestra de aliento antes de que el vehículo pueda arrancar, y pueden requerir muestras repetidas a lo largo de un viaje. Si se detecta alcohol, se impide que los vehículos arranquen. Los sistemas modernos reducen las posibilidades de que los pasajeros sobrios engañen al sistema proporcionando muestras en lugar de los conductores. También se están probando sistemas que proporcionan una detección pasiva del índice de alcoholemia del conductor. Los dispositivos de bloqueo suelen instalarse en vehículos cuyos conductores han sido sorprendidos conduciendo con un nivel de alcohol en sangre superior al límite legal.

Varias evaluaciones han constatado que los dispositivos de control de alcoholemia son una herramienta eficaz para prevenir la conducción bajo los efectos del alcohol basándose en las tasas de reaprehensión, pero estos mismos estudios también identifican que, una vez retirados, los beneficios desaparecen en su mayoría. Varios estudios han determinado que el uso de dispositivos de bloqueo tiene beneficios para la reducción de colisiones, aunque la cantidad exacta del beneficio es difícil de



<sup>124</sup> Elliott, B. (2003) An Analysis of Risk and Deterrence; Background for LTSA Review of Administrative Penalties in New Zealand [Revisión de las sanciones administrativas en Nueva Zelanda], Land Transport Safety Authority.

<sup>125</sup> Özkan, T, Lajunen, T, Chliaoutakis, JE, Parker, D & Summala, H 2006, «Cross-cultural differences in driving behaviours: a comparison of six countries» [Diferencias transculturales en los comportamientos al volante: una comparación de seis países], Investigación sobre el transporte, Parte F: Psicología y comportamiento del tráfico, vol. 9, n.º 3, pp. 227-42

<sup>126</sup> Von Hirsch, A, Bottoms, A, Burney, E & Wikstrom, P 1999, Criminal deterrence and sentence severity: an analysis of recent research [Disuasión penal y severidad de las penas: un análisis de la investigación reciente], Hart Publishing, Portland, OR, EE. UU.

<sup>127</sup> Homel, R 1988, Policing and punishing the drinking driver: a study of specific and general deterrence, Springer-Verlag [Vigilar y castigar al conductor ebrio: un estudio de la disuasión específica y general], Nueva York, NY, EE. UU.

determinar debido al pequeño tamaño de las muestras.<sup>128 129</sup>

*Figura A.21: Dispositivo de bloqueo de arranque por alcoholemia. (Fuente: NHTSA)*

### A.3.13 CONTROL DE LA FATIGA

Es probable que la fatiga contribuya significativamente al número de lesiones mortales y graves. Las investigaciones de los PRA indican que es probable que más del 20 % de todos los siniestros se deban a la fatiga.<sup>130 131</sup> La fatiga puede deberse a la conducción de largas distancias, pero también puede producirse por conducir tras haber dormido poco, incluso en distancias cortas. Por lo tanto, es probable que las medidas eficaces para reducir la fatiga aporten beneficios a la seguridad vial. Por ejemplo, garantizando que los conductores duerman lo suficiente antes de conducir y ofreciéndoles oportunidades para descansar a lo largo de las rutas.

También se han desarrollado tecnologías a bordo del vehículo que pueden detectar a los conductores fatigados a partir del estado actual del conductor y de los cambios fisiológicos o físicos (por ejemplo, a través de los movimientos de los ojos y los párpados, bostezos) y/o a través del rendimiento del conductor (por ejemplo, la posición lateral del vehículo y el avance del conductor). Diversas tecnologías muestran potencial para detectar la fatiga del conductor, pero se necesitan evaluaciones sólidas a gran escala en entornos reales para determinar la reducción real de los siniestros.

### A.3.14 CONTROL DE VELOCIDAD

Los sistemas de control de velocidad detectan cuándo los conductores circulan por encima del límite de velocidad establecido. Estos sistemas proporcionan información a los conductores y también pueden enviar alertas a los gestores de flotas (en el caso de los conductores de empresas y comerciales) o a los padres (en el caso de los conductores noveles). En algunos casos, se instalan dispositivos que «gobiernan» o limitan a los vehículos para que solo puedan circular dentro del límite de velocidad existente. También se han llevado a cabo evidencia con conductores reincidentes, con seguimiento y alertas a los organismos encargados de hacer cumplir la ley. Se ha comprobado que los dispositivos de control de velocidad son eficaces mientras se utilizan y se controlan durante ensayos de corta duración,<sup>132</sup> aunque todavía no se conocen los efectos a más largo plazo sobre los resultados de seguridad.

### A.3.15 AUMENTO DEL USO DEL CINTURÓN DE SEGURIDAD

Véase la sección A.4.3.

### A.3.16 AUMENTO DEL USO DEL CASCO

La proporción de conductores de motocicletas tiende a ser mayor en muchos países de ingresos bajos y medios que en los de ingresos altos, y esto se refleja en los resultados de las colisiones. En India, el 27 % de las muertes en carretera afectan a vehículos motorizados de dos ruedas, mientras que esta cifra ronda el 60 % en Malasia y llega al 90 % en Tailandia.<sup>133</sup> Los traumatismos craneoencefálicos son

<sup>128</sup> Elder, RW, Voas, R, Beirness, D, Shults RA Sleet, DA, Nichols, J, Compton, R (2011). Effectiveness of Ignition Interlocks for Preventing Alcohol-Impaired Driving and Alcohol-Related Crashes: A Community Guide Systematic Review [Eficacia de los dispositivos de bloqueo del encendido para prevenir la conducción bajo los efectos del alcohol y las colisiones relacionadas con el alcohol: Revisión sistemática de una guía comunitaria]. American Journal of Preventive Medicine 40(3):362-76.

<sup>129</sup> Nieuwkamp, R., Martensen, H., Meesmann, U (2017), Alcohol interlock, European Road Safety Decision Support System, desarrollado por el proyecto SafetyCube de H2020. Consultado en [www.roadsafety-dss.eu](http://www.roadsafety-dss.eu) el 20 de abril de 2020.

<sup>130</sup> Horne, JA & Reyner, LA (1995), «Driver sleepiness» [La somnolencia del conductor], Journal of Sleep Research, vol.4, número especial n.º 2, pp.23-9.

<sup>131</sup> Ryan, GA, Cercarelli, LR & Mullan, N (1998), Road safety in the rural and remote regions of Western Australia, report RR64, Road Accident Prevention Research Unit [Seguridad vial en las regiones rurales y remotas de Australia Occidental, informe RR64, Unidad de Investigación para la prevención de siniestros de tráfico], Universidad de Australia Occidental, Nedlands, WA.

<sup>132</sup> De Leonardis, D., Huey, R., & Robinson, E. (2014), Investigation of the Use and Feasibility of Speed Warning Systems [Investigación sobre el uso y la viabilidad de los sistemas de advertencia de velocidad]. National Highway Traffic Safety Administration, Washington D.C.

<sup>133</sup> Organización Mundial de la Salud, (2006), Cascos: manual de seguridad vial para responsables de la toma de decisiones y profesionales. Ginebra. <[http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241562994\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241562994_eng.pdf)>

una causa común de muertes y lesiones graves entre este grupo de usuarios. Los cascos ayudan a proteger contra dichas lesiones y se ha demostrado que producen importantes beneficios en materia de seguridad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) informa de que el uso del casco de motociclista disminuye el riesgo y la gravedad de las lesiones en alrededor de un 70 %, y reduce la probabilidad de muerte hasta en un 40 % aproximadamente<sup>133</sup> Investigaciones recientes realizadas en EE. UU. también señalan los grandes beneficios del uso del casco de motociclista gracias a la existencia y aplicación de leyes sobre el uso del casco.<sup>134</sup>

<sup>135</sup> <sup>136</sup> Del mismo modo, se ha demostrado que los cascos de ciclista aportan importantes beneficios en materia de seguridad. Varias revisiones sistemáticas sobre la eficacia de los cascos de ciclista han identificado beneficios de entre el 50 % y el 88 % de reducción de lesiones craneales y cerebrales.<sup>137</sup>  
<sup>138</sup> <sup>139</sup>

## A.4 VEHÍCULOS SEGUROS

### A.4.1 INTRODUCCIÓN

Las mejoras en la seguridad de los vehículos han provocado cambios significativos en los resultados de seguridad en las últimas décadas. Estas mejoras se introdujeron inicialmente en los vehículos de pasajeros, pero ahora están migrando a los vehículos pesados e incluso a las motocicletas. Entre las mejoras beneficiosas de los vehículos figuran los dispositivos de seguridad activa y pasiva. La seguridad activa incluye los sistemas que evitan que se produzca una colisión en primer lugar, mientras que las características pasivas reducen el nivel de lesiones cuando se produce una colisión. Los sistemas incluyen cinturones de seguridad, airbags, zonas de deformación, control de estabilidad y frenado de emergencia autónomo (para evitar colisiones por alcance, pero también con usuarios vulnerables). Todas estas características deben fomentarse dados los beneficios que producen en materia de seguridad. Entre otras cosas, es necesario adoptar estas características en las normas de los vehículos y en la política de compra de flotas.

Las mejoras en la seguridad de los vehículos deben constituir la base de los sistemas de inspección, tanto para los vehículos en uso (privados y comerciales, e incluidas las motocicletas) como para la importación de vehículos nuevos y usados. Los sectores público y comercial desempeñan un papel cada vez más importante y pueden tener un impacto sustancial a través de las especificaciones de compra de vehículos.

Estas características individuales de seguridad se recogen como parte de la clasificación por estrellas de los vehículos (Programas de Evaluación de Vehículos Nuevos, o NCAP, y programas de evaluación de vehículos usados). Los vehículos con una calificación de cinco estrellas son los más seguros, y las investigaciones han demostrado que esto se refleja en los resultados de las colisiones en el mundo real. Un estudio basado en los datos<sup>140</sup> del NCAP europeo concluyó que los coches de 5 estrellas tenían un 25 % menos de probabilidades de sufrir lesiones mortales o graves en comparación con los de 2 estrellas, mientras que la probabilidad de muerte era alrededor de un 70 % menor. Información similar procedente de Australia indica que hay el doble de probabilidades de morir o resultar gravemente herido en un coche con calificación de 3 estrellas que en un coche con calificación de 5

<sup>134</sup> Olsen, C. S., Thomas, A. M., Singleton, M., Gaichas, A. M., Smith, T. J., Smith, G. A., & Kerns, T. (2016). Motorcycle helmet effectiveness in reducing head, face and brain injuries by state and helmet law [Eficacia del casco de motocicleta para reducir las lesiones craneales, faciales y cerebrales según el estado y la ley del casco]. *Injury epidemiology*, 3(1), 8

<sup>135</sup> Peng, Y., Vaidya, N., Finnie, R., Reynolds, J., Dumitru, C., Njie, G., ... & Sleet, D. A. (2017). Universal motorcycle helmet laws to reduce injuries: a community guide systematic review. *American journal of preventive medicine*, 52(6), 820-832.

<sup>136</sup> Lee, J. M. (2018). La legislación sobre el uso obligatorio del casco como herramienta política para reducir las muertes en motocicleta:

Determinar la eficacia de las leyes universales sobre el uso del casco. *Accident Analysis & Prevention*, 111, 173-183.

<sup>137</sup> Attewell RG, Glase K, McFadden M. (2001). Bicycle helmet efficacy: A meta-analysis [Eficacia del casco de ciclista:

Un metaanálisis]. *Accident Analysis Prevention*, 33:345-52.

<sup>138</sup> Thompson DC, Rivara FP, Thompson R. (2000). Helmets for preventing head and facial injuries in bicyclists [Cascos para la prevención de lesiones craneales y faciales en ciclistas]. *Cochrane Database Syst Rev* 2000:CD001855.

<sup>139</sup> Olivier, J and Creighton, P (2017), Bicycle injuries and helmet use: a systematic review and meta-analysis [Lesiones en bicicleta y uso del casco: revisión sistemática y metaanálisis], *International Journal of Epidemiology*, 46(1),278-292.

<sup>140</sup> Kullgren, A, Lie, A & Tingvall, C 2010, Comparison Between Euro NCAP Test Results and Real-World Crash Data. *Traffic Injury Prevention*, 11:587-593.

estrellas.

La seguridad también es una cuestión clave para los vehículos pesados, incluidos los que transportan mercancías y pasajeros. Es posible que se requieran características adicionales para estos vehículos, incluida la protección antiempotramiento y la mitigación del ángulo muerto. En estos vehículos pueden ser necesarias características adicionales, como la protección antiempotramiento y la mitigación del ángulo muerto. El mantenimiento es necesario para garantizar la seguridad de los vehículos, especialmente en los PRMB. La aplicación de la normativa sobre masa y carga también es muy importante. Debe crearse un grado de disuasión general mediante la aplicación de la normativa para fomentar la carga y el funcionamiento adecuados.

## A.4.2 NORMAS MÍNIMAS DE SEGURIDAD

El diseño de los vehículos puede reducir el número y la gravedad de las colisiones al tener en cuenta las limitaciones físicas y de comportamiento de los usuarios de la carretera y otros componentes del tráfico. La seguridad de los vehículos abarca cuatro grandes aspectos.<sup>2</sup> En primer lugar, a través de los mecanismos de control del vehículo, como el frenado y la dirección. En segundo lugar, innovaciones como el frenado autónomo, el control electrónico de estabilidad y la adaptación inteligente de la velocidad (ISA), que ayudan al vehículo a evitar activamente los aplastamientos sin necesidad de que intervenga el conductor. En tercer lugar, la protección pasiva, que incluye cinturones de seguridad y anclajes, «zonas de deformación», airbags y mecanismos de protección para peatones que proporcionan una mayor seguridad a ocupantes y peatones. Por último, los sistemas de notificación de emergencias alertan a los servicios de rescate en caso de siniestro. La tecnología de seguridad «activa» (AST) actúa generalmente evitando el choque y disminuyendo su gravedad, mientras que la tecnología de seguridad «pasiva» (PST) reduce los efectos del choque.<sup>141</sup> La falta de mantenimiento de estos sistemas puede provocar colisiones y también aumentar la gravedad de las mismas y el número de víctimas mortales.<sup>142</sup> En el caso de los países en desarrollo, a menudo se siguen pasando por alto los requisitos mínimos de seguridad, a pesar de que el crecimiento de la motorización es cuatro veces superior al de los países desarrollados.<sup>143</sup> Por desgracia, en algunos países en desarrollo los vehículos con el nivel de seguridad más bajo son los más vendidos en el mercado.<sup>144</sup> Además, se estima que los defectos de los vehículos pueden aumentar las colisiones en carretera hasta en un 50 %.<sup>145 146 147 148</sup>

El Decenio de Acción para la Seguridad Vial de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) determinó que todos los países deben abordar las disposiciones mínimas para los vehículos, incluidos los cinturones de seguridad y los anclajes, la protección de los ocupantes en caso de colisión frontal/lateral/lateral, la protección de los peatones y el control electrónico de la estabilidad (ESC).<sup>149</sup>

Un estudio realizado en América Latina determinó que unas mejoras básicas en el diseño de los vehículos podrían reducir el número de víctimas mortales hasta en un 30 % aproximadamente.<sup>150</sup>

<sup>141</sup> Isa, M.H.M., Kassim, K.A.A., Jawi, Z.M. & Deros, B.M., 2015. Promotion of active safety technologies in automobile safety ratings [Fomento de las tecnologías de seguridad activa en las clasificaciones de seguridad de los automóviles].

<sup>142</sup> Herbert, H. K., Hyder, A. A., Butchart, A., & Norton, R. (2011). *GlobalHealth: Injuries and Violence*. Infectious Disease Clinics of North America 25(3): 653-68.

<sup>143</sup> International Organization of Motor Vehicle Manufacturers, OICA (2015) Motorization Rate 2015 – Worldwide. Consultado el 14 de agosto de 2019 en <http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/>

<sup>144</sup> Mock, C. N., Nugent, R., Kobusingye, O., & Smith, K. R. (Eds.). (2017). *Disease Control Priorities, (Volume 7): Injury Prevention and EnvironmentalHealth* [Prioridades en el control de enfermedades, (Volumen 7): Prevención de lesiones y salud medioambiental]. Banco Mundial.

<sup>145</sup> van Schoor, O., van Niekerk J. L., & Grobbelaar, B. (2001). Mechanical failures as a contributing cause to motor vehicle accidents [Los fallos mecánicos como causa contribuyente a los siniestros automovilísticos- Sudáfrica], *Accident Analysis & Prevention* 33:pp. 713-721.

<sup>146</sup> Tanaboriboon, Y., Kronprasert, N., Khompraty, T., Suanpaga, V., Chanwannakul, T., & Taneerananon P. (2005). An evaluation of the effectiveness of the private vehicle inspection process in Thailand[Una evaluación de la eficacia del proceso de inspección de vehículos privados en Tailandia], *Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies* 6:pp. 3482-3496.

<sup>147</sup> Boada, B. L., Boada, M. J. L., Ramirez, M., & Diaz, V. (2014). Study of van roadworthiness considering their maintenance and periodic inspection [Estudio de la aptitud para la circulación de las furgonetas teniendo en cuenta su mantenimiento e inspección periódica]. The Spanish case [El caso español]. *Transportation letters*, 6(4), 173-184.

<sup>148</sup> Rechnitzer, G., Haworth, N., & Kowadlo, N. (2000). The effect of vehicle roadworthiness on crash incidence and severity[El efecto de la seguridad vial de los vehículos en la incidencia y gravedad de los siniestros]. Centro de Investigación de Siniestros de la Universidad de Monash. Informe n.º 164. Consultado el 15 de agosto de 2019 en

<https://pdfs.semanticscholar.org/61de/d41a48afe8c2fed592010e7a48126c02c339.pdf>

<sup>149</sup> ONU. (2011). Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020 de la ONU.

<sup>150</sup> Bhalla, K., Gleason, K., 2020. Effect of Improvements in Vehicle Safety Design on Road Traffic Deaths, Injuries, and Public Health Burden in the Latin American Region: A Modelling Study [Efecto de las mejoras en el diseño de la seguridad de los vehículos sobre las muertes y lesiones por siniestros de tráfico y la carga para la salud pública en la región de América Latina: Un estudio de modelización].

### A.4.3 CINTURONES DE SEGURIDAD

El cinturón de seguridad es una de las intervenciones de seguridad más eficaces y puede salvar un número considerable de vidas y reducir las lesiones si se instala y utiliza correctamente. Los cinturones de seguridad absorben la energía durante el impacto del choque y la distribuyen, incluso a las partes más fuertes del cuerpo de los ocupantes del vehículo. Impiden que los usuarios impacten contra los componentes internos del vehículo, reducen el riesgo de salir despedidos del vehículo y también el riesgo de impactos de otros pasajeros. Se recomiendan cuatro tipos de cinturón de seguridad: cinturón de seguridad abdominal y diagonal de tres puntos; cinturón de seguridad abdominal de dos puntos; cinturón diagonal sencillo; y arnés completo.<sup>151</sup> Los dos primeros tipos se utilizan en vehículos pesados (camiones y autobuses).

Los cinturones de seguridad reducen las muertes en un 40-50 % en el caso de los ocupantes de los asientos delanteros de los coches y en un 25 % para los de los asientos traseros.<sup>49</sup> En el caso de los conductores de camiones, la reducción de muertes es del 27-77 %.<sup>152</sup> La relación coste-beneficio podría llegar a ser de 31,7 en el caso de los cinturones de seguridad.<sup>49</sup>

En el caso de los niños más pequeños, pueden utilizarse asientos infantiles para proporcionarles una protección adicional. OMS (2009)<sup>151</sup> informa de beneficios significativos del uso de sistemas de retención infantil, aunque esto varió según el tipo de instalación y la edad del niño. A modo de ejemplo, en el caso de un niño de hasta 4 años, el riesgo de sufrir lesiones era un 50 % menor en un sistema de retención infantil orientado hacia delante, y un 80 % menor en un asiento orientado hacia atrás.

La colocación de cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil es, evidentemente, muy importante a tenor de estas evidencias. Sin embargo, es igualmente importante garantizar el uso de estos dispositivos. Este objetivo puede lograrse mediante leyes que hagan obligatorio el uso de estos dispositivos. Se recomienda que cualquier nueva ley vaya acompañada de una amplia campaña pública y de programas de concienciación antes del cambio, así como de niveles adecuados de aplicación tras la aprobación de la ley.<sup>151</sup> Existen evidencias fehacientes que demuestran que un programa integral que incluya cambios legislativos, educación y campañas publicitarias para aumentar la concienciación, así como una aplicación sostenida de la ley, producen aumentos significativos en los índices de uso con los consiguientes beneficios para la seguridad.<sup>151</sup>

### A.4.4 MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS

Las investigaciones realizadas en países de renta alta sugieren que los defectos de los vehículos causan solo una pequeña proporción de los siniestros de tráfico (entre el 3 % y el 5 % de los siniestros<sup>153</sup>). Sin embargo, en los PRMB las cifras suelen ser mucho más elevadas, ya que el parque automovilístico suele ser más antiguo, las normas sobre vehículos pueden ser menos estrictas y el mantenimiento de los vehículos puede ser más deficiente. Esto es probable tanto para los vehículos de pasajeros como para los vehículos pesados que se utilizan para mover mercancías y pasajeros. Se calcula que los defectos de los vehículos pueden contribuir hasta en un 50 % de los siniestros en los PRMB.<sup>154 155</sup> Por lo tanto, se espera que los sistemas para mejorar el mantenimiento de los vehículos —especialmente en los PRMB— produzcan beneficios para la seguridad vial. Los métodos incluyen regímenes de inspección periódica de vehículos y controles de mantenimiento en carretera (teniendo en cuenta que estos deben llevarse a cabo de forma segura, preferiblemente en un entorno fuera de carretera con instalaciones de seguridad adecuadas, incluso para los vehículos que salen y entran en la calzada). Estas inspecciones deben ser minuciosas, y las sanciones impuestas por transgresiones

<sup>151</sup> OMS (2009), Cinturones de seguridad y sistemas de retención infantil: manual de seguridad vial para responsables de la toma de decisiones y profesionales, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

<sup>152</sup> Campbell, K.L. & Sullivan, K.P., 1991. Heavy truck cab safety study [Estudio sobre la seguridad de las cabinas de camiones pesados]. SAE transactions, pp.669-695.

<sup>153</sup> OMS (2004) Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito, Organización Mundial de la Salud, Ginebra.

<sup>154</sup> van Schoor, O., van Niekerk J. L., & Grobbelaar, B. (2001). Mechanical failures as a contributing cause to motor vehicle accidents [Los fallos mecánicos como causa contribuyente a los siniestros automovilísticos- Sudáfrica], Accident Analysis & Prevention 33:pp. 713-721.

<sup>155</sup> Tanaboriboon, Y., Kronprasert, N., Khompratya, T., Suanpaga, V., Chanwannakul, T., & Taneerananon P. (2005). An evaluation of the effectiveness of the private vehicle inspection process in Thailand [Una evaluación de la eficacia del proceso de inspección de vehículos privados en Tailandia], Journal of Eastern Asia Society for Transportation Studies 6:pp. 3482-3496.

deben ser inevitables. Los sistemas de inspección estrictos pueden reducir los índices de siniestralidad vial hasta en un 8 % en los países de ingresos altos,<sup>156</sup> , aunque es probable que los beneficios sean mayores en los países de ingresos bajos y medios, dada la mayor contribución de los vehículos en mal estado a los siniestros.

#### **A.4.5 LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA PARA TURISMOS Y CAMIONES**

Las luces de circulación diurna (DRL) se encienden cuando el motor está en marcha. Se han utilizado mucho en países donde hay menos luz durante el día, sobre todo en invierno, pero ahora se utilizan cada vez más en otros lugares. Las DRL aumentan la visibilidad de los vehículos durante el día para que otros usuarios de la carretera puedan ver el vehículo con mayor facilidad, lo que se traduce en una mejora de los tiempos de reacción. Las DRL consumen menos energía que los faros normales. Las DRL son relativamente tenues en comparación con los faros, por lo que no deben utilizarse como alternativa para iluminar la carretera por la noche.

Las evidencias demuestran que el uso de DRL puede reducir las colisiones entre varios vehículos en una cantidad pequeña pero significativa (alrededor del 6 %).<sup>49</sup> También pueden reducirse las colisiones con usuarios vulnerables. La experiencia de los países nórdicos demuestra que el uso obligatorio de DRL podría aumentar el índice de uso hasta alrededor del 85-90 %.<sup>49</sup>

#### **A.4.6 LUCES DE CIRCULACIÓN DIURNA PARA VEHÍCULOS DE DOS O TRES RUEDAS**

Los vehículos de dos y tres ruedas constituyen una proporción significativa del tráfico en los PRMB. En comparación con otros vehículos como turismos y camiones, son menos visibles, especialmente en condiciones de tráfico pesado y complejo. Además, la falta de protección contra colisiones y las dificultades para detectar y evaluar la velocidad a la que se aproximan hacen que los vehículos de dos y tres ruedas sean más propensos a chocar. Las DRL son una solución eficaz para aumentar la visibilidad.

Una pequeña pero significativa reducción de las colisiones (7 %<sup>49</sup>) en los vehículos de dos ruedas, con una relación coste-beneficio positiva.

#### **A.4.7 SISTEMAS ANTIEMPOTRAMIENTO EN CAMIONES**

Los sistemas antiempotramiento en camiones o remolques evitan que los coches u otros vehículos caigan, se deslicen o pasen por debajo del camión o remolque y sean arrollados por las ruedas traseras (Figura A.22).

---

<sup>156</sup> Keall, M., Stephan, K., Watson, K., & Newstead, S., (2012). Road Safety Benefits of Vehicle Roadworthiness Inspections in New Zealand and Victoria [Beneficios para la seguridad vial de las inspecciones técnicas de vehículos en Nueva Zelanda y Victoria]. Informe n.º 314. Accident Research Centre. Universidad de Monash.

Figura A.22: Protecciones laterales antiempotramiento en camión.



(Fuente: [www.drivingtests.co.nz/resources/what-is-side-underrun-protection-en-un-cami3n-o-remolque/](http://www.drivingtests.co.nz/resources/what-is-side-underrun-protection-en-un-cami3n-o-remolque/))

Debido a las diferencias de altura y tama3o con el resto del tr3fico, los camiones o remolques pueden provocar graves colisiones. Para proteger a los usuarios de la carretera m3s vulnerables y reducir los da3os a los objetos inm3viles situados junto a la carretera, pueden ser 3tiles los dispositivos de protecci3n lateral contra el empotramiento (o dispositivos de protecci3n lateral). Del mismo modo, los dispositivos de protecci3n trasera contra el empotramiento (RUPD) evitan que los turismos y el resto del tr3fico sufran da3os similares bajo la parte trasera de los camiones. En ambos casos, esta estructura de alta resistencia absorbe la energ3a de la colisi3n y ofrece protecci3n a los dem3s usuarios de la carretera. Las superficies del dispositivo de protecci3n deben ser lisas y los posibles bordes superpuestos deben mirar hacia atr3s o hacia abajo.

Una estimaci3n sugiere que estos dispositivos pueden reducir las muertes hasta en un 29 %, con una relaci3n coste-beneficio de 3.9:1<sup>49</sup>.

#### A.4.8 CONTROL ELECTR3NICO DE ESTABILIDAD

El control electr3nico de la estabilidad (ESC) es una de las innovaciones m3s importantes en materia de seguridad de los veh3culos, ya que ofrece importantes ventajas en este 3mbito. El ESC es un sistema integral que detecta cualquier p3rdida de control y aplica la presi3n de frenado necesaria a ruedas espec3ficas para mantener el veh3culo en la trayectoria prevista. Los sistemas antibloqueo de frenos (ABS) y el control de tracci3n son parte integrante de este sistema.

El ESC puede reducir hasta un 67 % las colisiones mortales<sup>157</sup> <sup>158</sup> y producir una reducci3n de hasta el 88 %<sup>159</sup> en situaciones de p3rdida de control. Adem3s, el ABS muestra una reducci3n de la mortalidad de los usuarios vulnerables de la v3a p3blica<sup>160</sup>, incluyendo menos muertes de motociclistas (21 %) y peatones (8,5 %).

#### A.4.9 TECNOLOG3AS AVANZADAS PARA VEH3CULOS, INCLUIDOS LOS VEH3CULOS TOTAL

<sup>157</sup> Tingvall, C., Krafft, M., Kullgren, A., Lie, A., (2003). The effectiveness of ESP (electronic stability programme) in reducing real life accidents [La eficacia del ESP (programa electr3nico de estabilidad) para reducir los siniestros reales]. En: XVIII Conferencia ESV, Nagoya, Jap3n

<sup>158</sup> Farmer, C.M., (2004). Effect of electronic stability control on automobile crash risk [Efecto del control electr3nico de la estabilidad en el riesgo de colisi3n de los autom3viles]. Traffic Injury Prevention 5, 317–325.

<sup>159</sup> Papis, Y.E., Watson, G.S. & Brown, T.L., (2010). An empirical study of the effectiveness of electronic stability control system in reducing loss of vehicle control [Estudio emp3rico de la eficacia del sistema de control electr3nico de la estabilidad para reducir la p3rdida de control del veh3culo]. Accident Analysis & Prevention, 42(3), pp.929-934

<sup>160</sup> Bhalla, K., Gleason, K., (2020). Effect of Improvements in Vehicle Safety Design on Road Traffic Deaths, Injuries, and Public Health Burden in the Latin American Region: A Modelling Study [Efecto de las mejoras en el dise3o de la seguridad de los veh3culos sobre las muertes y lesiones por siniestros de tr3fico y la carga para la salud p3blica en la regi3n de Am3rica Latina: Un estudio de modelizaci3n].

## O PARCIALMENTE AUTOMATIZADOS

Las tecnologías de los vehículos están mejorando rápidamente, con un gran cambio hacia sistemas que proporcionan una automatización parcial del vehículo, sobre todo en los países de ingresos altos. También se están desarrollando tecnologías que permiten un control totalmente automatizado. La introducción de estas modernas tecnologías mejorará la seguridad al reducir los factores de riesgo relacionados con la conducción. Existen varios niveles de automatización, que suelen clasificarse en cinco, desde el nivel cero, en el que no hay automatización, hasta el nivel cuatro, en el que el vehículo se conduce solo, sin ayuda humana.<sup>161</sup> Estas tecnologías pueden incluir sistemas avanzados de advertencia de colisión, control de crucero adaptativo (ACC), sistemas de mantenimiento y salida del carril, tecnología de autoaparcamiento y otras tecnologías.<sup>162</sup>

La investigación sugiere que los vehículos autónomos (AV) tienen el potencial de reducir significativamente el número de colisiones causadas por los conductores a través de la eliminación gradual del control humano.<sup>163</sup> Aunque las estimaciones varían mucho, en el extremo máximo de las predicciones se ha afirmado que los coches autoconducidos reducirán el 90 % de los siniestros, ya que el error del conductor contribuye a más del 90 % de los siniestros.<sup>164</sup> En un estudio basado en simulaciones, se observó que los AV reducen el número de conflictos entre un 20 % y un 65 % en las intersecciones señalizadas, mientras que en el caso de las rotondas, el número de conflictos se reduce entre un 29 % y un 64 %.<sup>165</sup> Para alcanzar los niveles de seguridad prometidos hay que superar varios retos importantes, como la aceptación de las tecnologías por parte de los usuarios de la carretera y las situaciones en las que es necesario devolver rápidamente el control del vehículo a un operador humano. Del mismo modo, los sistemas pueden funcionar mal, e incluso un solo fallo puede provocar fallos.<sup>166</sup> Por lo tanto, es necesario comprender mejor los aspectos de seguridad vial de esta tecnología en diferentes entornos de carretera y tráfico. Mientras tanto, es probable que algunas de estas tecnologías emergentes individuales produzcan importantes beneficios para la seguridad a corto y medio plazo. La conducción autónoma y algunas de las funciones de seguridad avanzadas pueden estar bastante lejos en algunos países, sobre todo en los PRMB. Esto se debe a que algunos de los sistemas dependen de la infraestructura viaria para funcionar eficazmente. Así, por ejemplo, los sistemas de mantenimiento de carril requieren una señalización de líneas de alta calidad. También es probable que cuestiones como la menor capacidad de inspección y mantenimiento de estos vehículos avanzados inhiban la adopción efectiva de estas tecnologías.

---

<sup>161</sup> National Highway Traffic Safety Administration, (2013). Preliminary statement of policy concerning automated vehicles [Declaración preliminar de la política relativa a los vehículos automatizados]. Washington, D.C., pp.1-14.

<sup>162</sup> Anderson, J.M., Nidhi, K., Stanley, K.D., Sorensen, P., Samaras, C. & Oluwatola, O.A., (2014). Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers [Tecnología de vehículos autónomos: Guía para responsables políticos]. Corporación Rand.

<sup>163</sup> Milakis, D., Van Arem, B. & Van Wee, B., (2017). Policy and society related implications of automated driving: A review of literature and directions for future research [Implicaciones políticas y sociales de la conducción automatizada: Revisión de la bibliografía y orientaciones para futuras investigaciones]. Journal of Intelligent Transportation Systems, 21(4), pp.324-348.

<sup>164</sup> Fagnant, D.J. & Kockelman, K., (2015). Preparing a nation for autonomous vehicles: opportunities, barriers and policy recommendations. Transportation Research Part A: Policy and Practice [Preparar un país para los vehículos autónomos: oportunidades, obstáculos y recomendaciones políticas. Investigación sobre el transporte, Parte A: Política y práctica], 77, pp.167-181.

<sup>165</sup> Morando, M.M., Tian, Q., Truong, L.T. & Vu, H.L., (2018). Studying the safety impact of autonomous vehicles using simulation-based surrogate safety measures [Estudio del impacto en la seguridad de los vehículos autónomos mediante medidas de seguridad sustitutas basadas en la simulación]. Journal of advanced transportation, 2018.

<sup>166</sup> Anderson, J.M., Nidhi, K., Stanley, K.D., Sorensen, P., Samaras, C. & Oluwatola, O.A., (2014). Autonomous vehicle technology: A guide for policymakers [Tecnología de vehículos autónomos: Guía para responsables políticos]. Corporación Rand.

## A.5 ATENCIÓN TRAS UN SINIESTRO DE TRANSITO

### A.5.1 INTRODUCCIÓN

Los desenlaces mortales y graves están directamente relacionados con la forma en que se tratan las lesiones provocadas por los siniestros de tráfico inmediatamente después de que se produzca el incidente, así como con los cuidados y la rehabilitación continuos. Otros medios para mejorar la eficacia de la atención posterior al siniestro son la formación de los primeros respondientes (incluidos los miembros de la comunidad) y del personal de los servicios médicos de emergencia, así como la dotación de equipos adecuados para las unidades de respuesta a emergencias y las unidades de traumatología de los hospitales. La formación debe ser exhaustiva y seguir los principios de las mejores prácticas.

### A.5.2 SISTEMAS PARA MEJORAR EL TIEMPO DE RESPUESTA EN CASO DE EMERGENCIA, INCLUIDOS NÚMERO ÚNICO NACIONAL Y APOYO LOGÍSTICO

Alrededor de la mitad de las muertes por lesiones causadas en el tráfico se producen casi inmediatamente después de la colisión.<sup>167 168 169 170</sup> Una atención deficiente tras la colisión, que incluya tiempos de respuesta lentos, significa que las víctimas pueden morir innecesariamente en el lugar del choque o durante las primeras horas posteriores a la lesión.

Un concepto clave en la atención tras una colisión es «la hora de oro» y los «30 minutos de platino». Ambos destacan la importancia del periodo inmediato posterior a la lesión, en el que existe la mayor probabilidad de que un tratamiento médico rápido evite la muerte, así como una posible discapacidad a largo plazo. Por lo tanto, proporcionar tiempos de respuesta más rápidos a los primeros intervinientes médicos aportará beneficios en materia de seguridad. Los sistemas para mejorar el tiempo de respuesta incluyen el establecimiento de un número único de llamada nacional, una mejor coordinación logística de la respuesta y la mejora de las telecomunicaciones.<sup>171</sup>

### A.5.3 MEJORA DE LA ATENCIÓN DE EMERGENCIA

Los sistemas de servicios de emergencia médicos (SEM) son vitales para reducir el número de víctimas mortales y la gravedad de las lesiones. Esto comienza con la activación de los sistemas de atención de emergencia, e incluye la atención en el lugar de los hechos, el transporte y la atención de emergencia en los centros.<sup>172</sup> La OMS destaca la necesidad de contar con ambulancias bien equipadas y con personal formado para ayudar al traslado ininterrumpido de las víctimas de siniestros.<sup>173</sup> También destacan la necesidad de una rehabilitación inmediata y a largo plazo para limitar el impacto de las lesiones.

Una revisión sistemática de los sistemas prehospitalarios de traumatología en los países en vías de desarrollo concluyó que una correcta implantación de la atención prehospitalaria puede reducir las muertes en un 25 %.<sup>174</sup>

<sup>167</sup> Akella, M. R., Bang, C., Beutner, R., Delmelle, E. M., Batta, R., Blatt, A., ... & Wilson, G. (2003). Evaluating the reliability of automated collision notification systems [Evaluación de la fiabilidad de los sistemas automatizados de notificación de colisiones]. *Accident analysis & prevention*, 35(3), 349-360

<sup>168</sup> Bachman, L. R., & Preziotti, G. R. (2001). *Automated collision notification (ACN) field operational test (FOT) evaluation report [Informe de evaluación de la prueba operativa de campo (FOT) de la notificación automática de colisión (ACN)]*(N.º HS-809 304.).

<sup>169</sup> Clark, D. E., & Cushing, B. M. (2002). Predicted effect of automatic crash notification on traffic mortality [Efecto previsto de la notificación automática de colisión en la mortalidad por siniestros de tráfico]. *Accident Analysis & Prevention*, 34(4), 507-513.

<sup>170</sup> Henriksson, E., Öström, M., & Eriksson, A. (2001). Preventability of vehicle-related fatalities [Prevenibilidad de las muertes relacionadas con los vehículos]. *Accident Analysis & Prevention*, 33(4), 467-475.

<sup>171</sup> Coats, T. J., & Davies, G. (2002). Prehospital care for road traffic casualties [Atención prehospitalaria a los heridos de tráfico]. *Bmj*, 324(7346), 1135-1138.

<sup>172</sup> Organización Mundial de la Salud. (2016). *Post-crash response: supporting those affected by road traffic crashes [Respuesta tras un siniestro: apoyo a los afectados por siniestros de tráfico]* (N.º WHO/NMH/NVI/16.9). Organización Mundial de la Salud. Oficina Regional para Asia Sudoriental.

<sup>173</sup> Organización Mundial de la Salud. (2016). *Post-crash response: supporting those affected by road traffic crashes [Respuesta tras un siniestro: apoyo a los afectados por siniestros de tráfico]* (N.º WHO/NMH/NVI/16.9). Organización Mundial de la Salud. Oficina Regional para Asia Sudoriental.

<sup>174</sup> Henry JA, Reingold AL. (2012). Prehospital trauma systems reduce mortality in developing countries: A systematic review and meta-analysis [Los sistemas prehospitalarios de traumatología reducen la mortalidad en los países en desarrollo: Revisión sistemática y metaanálisis]. *J. Trauma Acute Care Surg.*, 2012, 73(1):261–268.

## A.5.4 MEJORA DE LAS TÉCNICAS DE PRIMEROS AUXILIOS DIRIGIDAS AL PÚBLICO

Impartir formación en primeros auxilios a la comunidad es un primer paso útil en el desarrollo de los sistemas de SME cuando se carece de instalaciones prehospitalarias formales.<sup>175 176</sup> Esta formación aumenta los conocimientos, las habilidades y la disposición para atender a las víctimas como primer interviniente. Si la víctima de la colisión recibe esta atención precoz en los primeros minutos posteriores al siniestro, puede reducirse el número de víctimas mortales o la gravedad de la colisión.<sup>177 178</sup> La experiencia en los PRMB corrobora esta conclusión.<sup>179 180</sup> Además, la formación de los ciudadanos en la realización de llamadas de emergencia puede ser beneficiosa, ya que un estudio identificó un BCR de 19<sup>181</sup> a partir de esta iniciativa.

## A.5.5 MEJORA DE LA ATENCIÓN HOSPITALARIA

Una infraestructura inadecuada de atención traumatológica tiene un importante papel perjudicial en la muerte y la discapacidad.<sup>182</sup> Existen evidencia de que muchas víctimas de siniestros mueren durante el tratamiento debido a la inadecuación de las instalaciones<sup>183 184</sup>, así como a una atención subóptima.<sup>185</sup> Si los pacientes pueden ser trasladados directamente a un centro de traumatología adecuado, es probable que mejoren las tasas de supervivencia.<sup>186</sup> Para aumentar la supervivencia de las víctimas de siniestros es vital contar con un centro de traumatología bien equipado, con la infraestructura adecuada, personal formado y equipos y suministros suficientes.<sup>187 188</sup> Para obtener los mejores resultados en materia de seguridad, los centros sanitarios que tratan a pacientes traumatizados deben disponer de una unidad de urgencias especializada y bien equipada.<sup>185</sup>

Existen evidencia de que el tratamiento de los traumatismos causados por siniestros de tráfico es más eficaz en un centro de traumatología especializado que en otros entornos hospitalarios tradicionales.<sup>189</sup>

190

<sup>175</sup> Sasser S, Varghese M, Kellermann A, Lormand J-D. (2005). Prehospital Trauma Care Systems [Sistemas prehospitalarios de atención traumatológica]. Vol. 1. Ginebra: Organización Mundial de la Salud.

<sup>176</sup> Callese TE, Richards CT, Shaw P, Schuetz SJ, Issa N, Paladino L, et al. (2014). Layperson trauma training in low- and middle-income countries: A review [Formación de legos en traumatología en países de renta baja y media: Una revisión]. *Journal of Surgical Research*. 2014;190(1):104-110. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24746252>

<sup>177</sup> Johannsen, H., O'Connell, N., Ferrando, J., Pérez, K. (2017), Prehospital Care, European Road Safety Decision Support System, desarrollado por el proyecto SafetyCube de H2020. Consultado en [www.roadssafety-dss.eu](http://www.roadssafety-dss.eu) el 19 de diciembre de 2019.

<sup>178</sup> Van de Velde, S., Heselmans, A., Roex, A., Vandekerckhove, P., Ramaekers, D., & Aertgeerts, B. (2009). Effectiveness of nonresuscitative first aid training in laypersons: a systematic review [Eficacia de la reanimación formación en primeros auxilios en legos: una revisión sistemática].

<sup>179</sup> Jayaraman S, Mabweijano JR, Lipnick MS, et al. First things first: effectiveness and scalability of a basic prehospital trauma care program for lay firstresponders in Kampala, Uganda [Lo primero es lo primero: eficacia y escalabilidad de un programa básico de atención traumatológica prehospitalaria para primeros intervinientes legos en Kampala (Uganda)]. *PLoS One*, 2009, 4(9):e6955.

<sup>180</sup> Sun JH, Wallis LA. El modelo de sistema de primeros auxilios de emergencia: utilizar a los miembros de la comunidad para prestar asistencia en emergencias que ponen en peligro la vida en zonas violentas y en desarrollo necesitadas. *Emergency Medicine Journal*, 2012, 29(8):673-678.

<sup>181</sup> UE, (2006), Examples of assessed road safety measures - a short handbook [Ejemplos de medidas de seguridad vial evaluadas: un breve manual]. Resultados del proyecto Rosebud de la Unión Europea. Disponible en [https://ec.europa.eu/transport/road\\_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects\\_sources/rosebud\\_examples.pdf](https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/projects_sources/rosebud_examples.pdf)

<sup>182</sup> Hyder AA, Peden M. Inequality and road-traffic injuries: call for action [Desigualdad y lesiones por siniestros de tráfico: llamada a la acción]. *Lancet*. 2003 Dec 20;362(9401):2034-5

<sup>183</sup> Henriksson, E., Ostro, M. & Eriksson, A. (2001). Preventability of vehicle-related fatalities [Prevenibilidad de las muertes relacionadas con los vehículos]. *Accident Analysis and Prevention* [Análisis y prevención de siniestros], 33, 467-475.

<sup>184</sup> Morrisey, M.A., Ohsfeldt, R.L., Johnson, V. & Treat, R. (1996). Trauma patients: An analysis of rural ambulance trip reports [Pacientes traumatizados: Un análisis de los informes de viaje de las ambulancias rurales]. *Journal of Trauma: Injury, Infection and Critical Care* [Lesiones, infecciones y cuidados críticos], 41, 741-746.

<sup>185</sup> Moroz PJ, Spiegel DA. The World Health Organization's action plan on the road traffic injury pandemic: Is there any action for orthopaedic trauma surgeons? [Plan de acción de la Organización Mundial de la Salud sobre la pandemia de traumatismos causados por el tránsito: ¿Hay alguna medida para los traumatólogos ortopédicos?] *J Orthop Trauma* 2014; 28(Suppl 1):S11-14.

<sup>186</sup> Haddak, M.M., Hours, M., Hay, M. (2017), Trauma triage and transfer to specialized trauma centre, European Road Safety Decision Support System [Triaje de traumatismos y traslado a un centro especializado en traumatismos, Sistema europeo de apoyo a la toma de decisiones en materia de seguridad vial], desarrollado por el proyecto SafetyCube de H2020. Consultado en [www.roadssafety-dss.eu](http://www.roadssafety-dss.eu) el 19 de diciembre de 2019.

<sup>187</sup> Mock C, Juillard C, Brundage S, Goosen J, Joshipura M. Guidelines for trauma quality improvement programmes [Directrices para los programas de mejora de la calidad traumatológica]. Ginebra: OMS, 2009

<sup>188</sup> Mock C, Juillard C, Joshipura M, Goosen J. Strengthening care for the injured: success stories and lessons learned from around the world [Reforzar la atención a los heridos: historias de éxito y lecciones aprendidas en todo el mundo]. Ginebra: Organización Mundial de la Salud, 2010

<sup>189</sup> Sampalis, J.S., Lavoie, A., Williams, J.I. et al. (1993). Impact of on-site care, prehospital time, and level of in-hospital care on survival in severely injured patients [Impacto de la atención in situ, el tiempo prehospitalario y el nivel de atención intrahospitalaria en la supervivencia de pacientes gravemente heridos]. *Journal of Trauma*, 34, 252-261

<sup>190</sup> Morrisey, M.A., Ohsfeldt, R.L., Johnson, V. & Treat, R. (1996). Trauma patients: An analysis of rural ambulance trip reports [Pacientes traumatizados: Un análisis de los informes de viaje de las ambulancias rurales]. *Journal of Trauma: Injury, Infection and Critical Care* [Lesiones, infecciones y cuidados críticos], 41, 741-746.



**BANCO MUNDIAL**



Fondo Mundial para la  
Seguridad Vial (GRSF)

FINANCIADO  
POR

