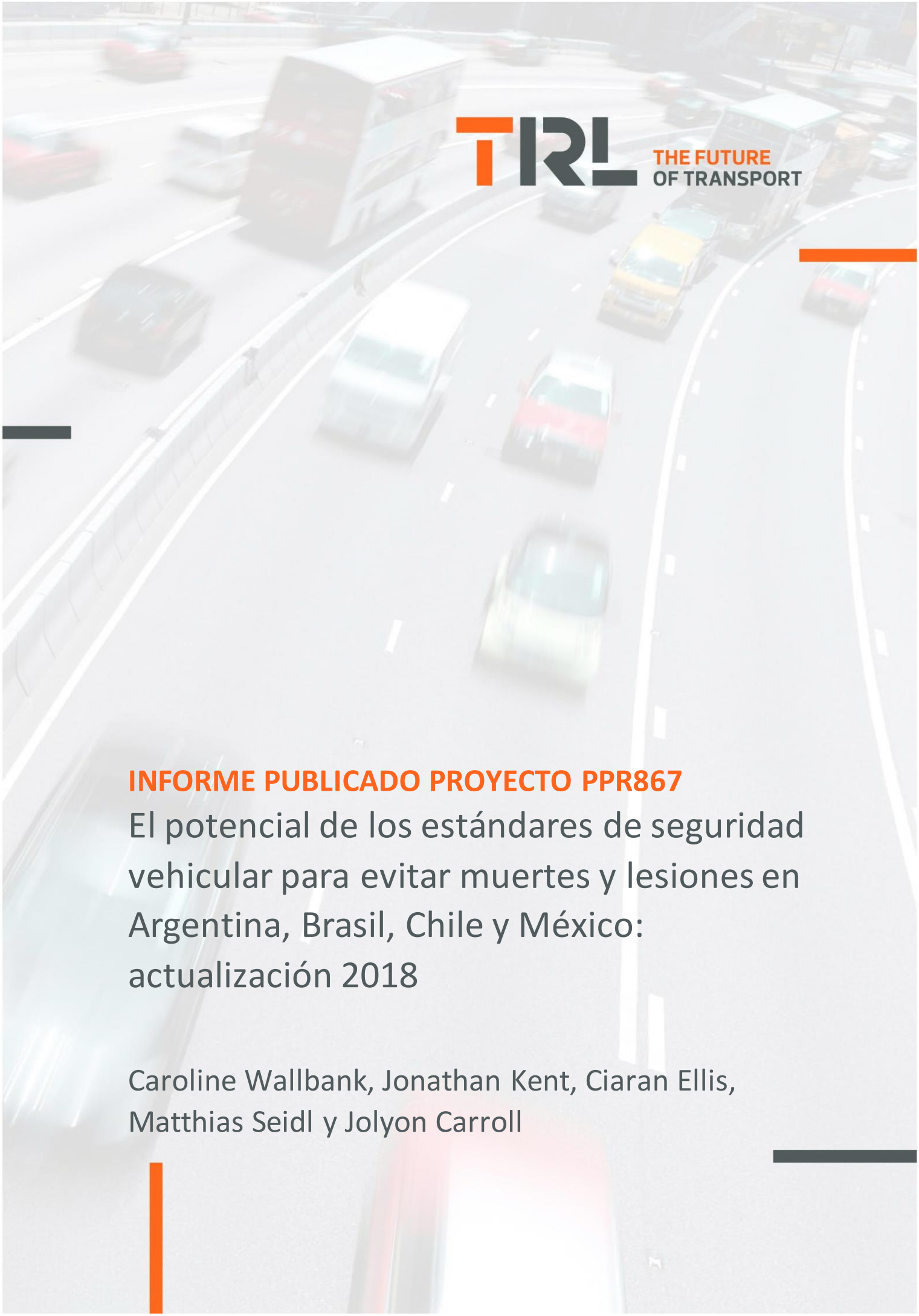


THE FUTURE OF TRANSPORT

INFORME PUBLICADO PROYECTO PPR867

El potencial de los estándares de seguridad vehicular para evitar muertes y lesiones en Argentina, Brasil, Chile y México: actualización 2018

Caroline Wallbank, Jonathan Kent, Ciaran Ellis, Matthias Seidl y Jolyon Carroll

Detalles del informe

Informe preparado para:	Bloomberg Philantropies		
Derechos de autor:	© TRL Limited		
Fecha del informe:	Febrero 2019		
Estado del informe/versión:	3.0		
Aprobación de calidad:			
Colette Marquez-Estevez (Director de proyecto)	22 de febrero 2019	David Hynd (Asesor técnico)	7 de marzo de 2019

Exención de responsabilidad

Este informe ha sido producido por TRL Limited (TRL) bajo contrato con Bloomberg Philantropies. Las visiones expresadas en este informe no son necesariamente las de Bloomberg Philanthropies.

La información aquí contenida es propiedad de TRL LIMITED y no necesariamente refleja las visiones o políticas del cliente para el cual se preparó este informe. A pesar de haber realizado todos los esfuerzos para asegurar que el material presentado en este informe sea relevante, preciso y actualizado, TRL Limited no puede aceptar ninguna responsabilidad por cualquier tipo de error u omisión, o dependencia de parte o todo el contenido en otro contexto.

La copia en papel de esta publicación está impresa en papel FSC (Consejo de Manejo Forestal) y TCF (Totalmente Libre de Cloro).

Resumen ejecutivo

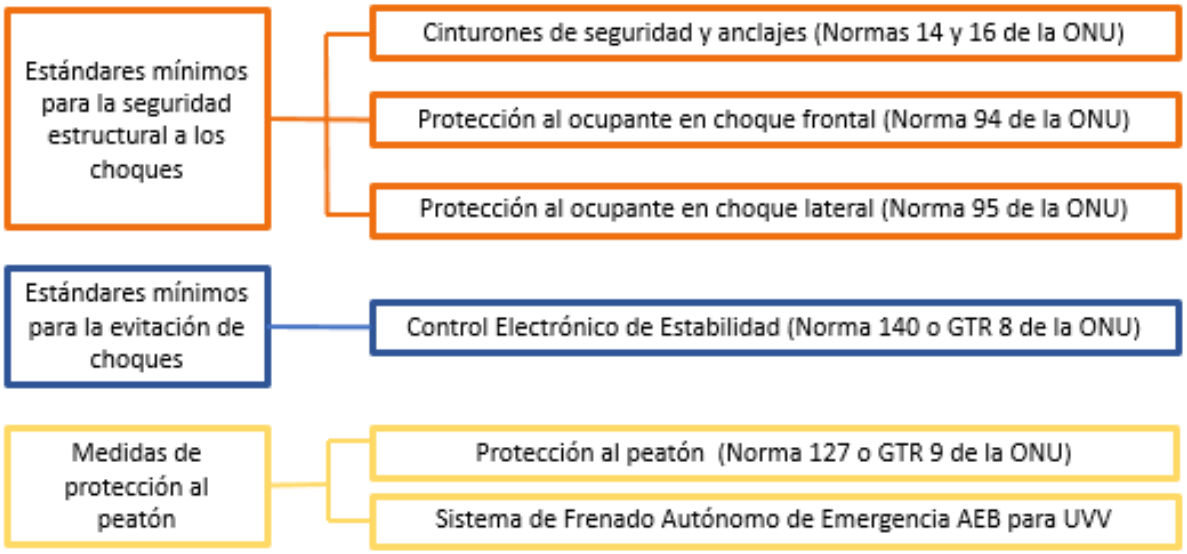
La Organización Mundial de la Salud estima que la cifra de víctimas fatales por siniestros de tránsito ha aumentado a 1,35 millones de personas por año, con mayores tasas de mortalidad en los países de bajos recursos (OMS, 2018). El Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial de 2018 resalta que, si bien los vehículos de los países de mayores ingresos son cada vez más seguros, solo el 40 % de 175 países (23 %) han adoptado los estándares prioritarios de seguridad vehicular como lo recomiendan las Naciones Unidas (OMS, 2015).

El objetivo principal de esta investigación es apoyar la adopción de estándares prioritarios de seguridad vehicular para todos los vehículos nuevos a nivel mundial; se utilizan cuatro países como caso de estudio (Argentina, Brasil, Chile y México).

Se considera que los tres estándares prioritarios de seguridad vehicular son:

1. los estándares mínimos para la seguridad estructural a los choques, por ejemplo, normas que ayuden a proteger a los ocupantes en choques frontales y laterales;
2. el Control Electrónico de Estabilidad (ESC, por sus siglas en inglés) para evitar colisiones y
3. las medidas de protección al peatón para mejorar la seguridad de los Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV), incluidos peatones y ciclistas.

Este proyecto continúa lo realizado en trabajos previos (Cuerden et al. 2015 & Wallbank et al. 2016) para estimar las vidas que se podrían salvar y las lesiones que se podrían evitar mediante la aplicación de un rango más amplio de normas de seguridad vehicular desde 2020 a 2030 en los cuatro países anteriormente considerados (Brasil, Argentina, Chile y México). Además, pretende demostrar la rentabilidad de la aplicación de estas normas. El conjunto completo de estándares prioritarios de seguridad vehicular considerado en este estudio incluye:



Ya se ha logrado cierto avance hacia la implementación de estos estándares prioritarios gracias a los esfuerzos de los cuatro países por adoptar estándares mínimos en relación a la seguridad estructural a los choques. De continuar estas iniciativas, el presente estudio estimó que estas normas de seguridad estructural a los choques evitarán 11 000 muertes de ocupantes de vehículos para 2030. También se estima que, de implementarse normas para el ESC, la protección secundaria para peatones y el frenado autónomo de emergencia (AEB, por sus siglas en inglés) para los UVV, se salvarían otras 14 000 vidas en el período 2020-2030, (12 000 de las cuales serían UVV).

En total, si Argentina, Brasil, Chile y México adoptaran todos los estándares prioritarios de seguridad vehicular desde 2020, se podrían salvar más de 25 000 vidas y evitar más de 170 000 lesiones graves para 2030.

Se calcularon los costos y beneficios de las medidas que van más allá de los estándares mínimos de seguridad estructural a los choques para cada país considerando las muertes y las muertes y lesiones graves. Se utilizaron los resultados de cada país para determinar **los años en los cuales las medidas se vuelven rentables (una relación costo-beneficio mayor a 1) en cada uno de los cuatro países:**

Tabla 1: Años en los que las medidas se vuelven rentables

País	Año en el cual el ESC se vuelve rentable	Año en el cual las medidas para la protección de los UVV se vuelven rentables
Argentina	2022	2024
Brasil	2022	2023
Chile	2021	2022
México	2024	2023
Total	**2022**	**2023**

Además, se calcularon las **relaciones costo-beneficio acumuladas** para los cuatro países **entre 2020 y 2030** teniendo en cuenta tanto las muertes como los heridos graves[1]:

- **ESC = 2,75**
- **Medidas para proteger a los UVV = 1,98**

Los resultados muestran que la norma en la región para el ESC será rentable luego de 2 años de implementada, aunque en México llevará 4 años, el doble que para los otros países. De los cuatro países, México cuenta con la segunda mayor flota de automóviles a ser equipados con el ESC y también la más antigua. Las tendencias recientes muestran una reducción en las lesiones fatales y graves de los ocupantes de automóviles y una relativamente lenta introducción de autos nuevos en México, lo que hace que la relación costo-beneficio estimada aumente más lentamente que en Argentina, Brasil y Chile.

[1] Considerando los beneficios solo de muertes, la relación acumulativa costo-beneficio entre 2020 y 2030 para los cuatro países es de: 1,58 para CEE ESC y 0,61 para las medidas de protección a los UVV.

Sumado al pronóstico de muertes evitadas mencionado anteriormente, se estima que se hubiesen salvado otras 15 000 vidas entre 2020 y 2030 de haberse tomado acciones regulatorias que aseguraran la inclusión del ESC en todo el parque automotor para 2020.

Nótese que el modelo presentado se basa en el supuesto de que las tendencias actuales continúen, pero existen, para algunos países, pocos datos de víctimas sobre los cuales basar estas tendencias. En consecuencia, si las mejoras de seguridad al pasajero implícitas en estos países se enlentecen o si la cifra de muertes denunciadas se ve afectada por cierto grado de subregistro y surge una tendencia alternativa, entonces los beneficios del ESC podrían ser mucho mayores. De la misma manera, si cada año aumentase la proporción renovada del parque automotor, el retorno de la inversión de la instalación de los ESC sería mayor y se produciría más rápidamente. Por lo tanto, se propone monitorear la situación y reconsiderar las implicaciones económicas del ESC en caso de disponer de nuevas evidencias.

En el caso de las medidas de protección a los UVV, se espera que la relación costo-beneficio para la región esté por encima de 1 para 2023, aunque en Argentina no será hasta 2024. De los cuatro países, Argentina cuenta con la menor proporción de peatones entre las muertes en siniestros de tránsito (10 %). Los pasajeros (50 %) y los motociclistas (30 %) representan la mayoría de los usuarios viales muertos en Argentina. Esto explica por qué los cambios para la protección de los usuarios vulnerables (peatones y ciclistas) requerirían de la mayor cantidad de tiempo antes de producir un retorno positivo de la inversión en los cambios al parque automotor.

El método aplicado para este estudio considera los efectos de la introducción de estándares de seguridad vehicular en el número de ocupantes de vehículos, peatones y ciclistas (referidos en su conjunto como Usuarios Vulnerables de las Vías o UVV) muertos o gravemente heridos. El modelo calcula, específicamente para los autos, el costo-beneficio para los ocupantes de regular los sistemas de ESC, los cinturones de seguridad para todas las posiciones y la protección al ocupante en colisiones frontales y laterales. El modelo de costo-beneficio estima para los UVV (peatones y ciclistas) el efecto de regular un sistema de AEB (frenado autónomo de emergencia, por sus siglas en inglés) en relación a los UVV que evite las colisiones y la protección al peatón considerada en el diseño paragolpes delanteros y capós, lo cual mitiga las lesiones producto de un choque.

Los beneficios presentados representan el beneficio económico para la sociedad de reducir las muertes y lesiones graves. Se utilizó el *Valor de una vida estadística* (VSL, por sus siglas en inglés) para calcular estos estimados. Equipara la pérdida económica debido a un siniestro de tránsito en términos del PBI per cápita (y se basa en el enfoque de "voluntad de pago", midiendo la preferencia de los individuos a pagar para evitar lesiones. Los costos son costos al consumidor, por ejemplo, la cantidad extra que se esperaría que los consumidores pagaran para equipar un vehículo nuevo con la tecnología asociada. Se presentan las relaciones de costo-beneficio (RCB por sus siglas en inglés) para cada grupo de usuarios viales; valores mayores a 1 indican que los beneficios son mayores que los costos. Por ejemplo, se puede interpretar una RCB de 2,3 de la siguiente manera: "por cada dólar gastado por un consumidor en comprar vehículos con estas tecnologías, hay un beneficio económico de USD 2,30 para la sociedad".

Debido a las incertidumbres en los valores de entrada y a los supuestos utilizados, así como al hecho de que las predicciones del futuro son inherentemente inciertas, los resultados finales también están sujetos a un cierto grado de incertidumbre. Como se mencionó anteriormente, la información de muertes utilizada en este estudio se obtuvo de los siniestros denunciados y puede haber problemas de falta de información que podrían afectar los beneficios estimados (potencialmente subestimados si el número real de siniestros aumentase más rápido o se redujese más lentamente que los números informados). Además, se realizaron suposiciones sustanciales sobre el número de lesiones graves, que se estimaron mediante un proceso de factoreo simple basado en información del Reino Unido, lo que significa que el número estimado de lesiones graves evitadas podría no reflejar las cifras observadas en cada país. Dadas estas incertidumbres, se recomienda considerar las relaciones de costo-beneficio (rentabilidad) pronosticadas con la cautela adecuada.

Se debe tener en cuenta que los Fabricantes y Proveedores de Equipos Originales muchas veces no pueden brindar información de costos simplemente porque es información comercialmente sensible. Por lo tanto, se utilizaron costos de informes públicos que luego fueron verificados por Global NCAP. Se entiende que el precio de los autos es complejo, con fuertes presiones de mercado que influyen en los precios de venta al por menor, especialmente en los segmentos de precios más bajos. Por lo tanto, la exactitud de los costos utilizados en este estudio está además limitada por la incertidumbre sobre la proporción transferida al consumidor final. Como se informa en el estudio, se compara el valor total de mercado de los costos con los beneficios sociales, aunque podría darse el caso de que el precio de venta al por menor de un auto no aumente (o no pueda superar) esta cantidad.

Las principales recomendaciones que surgen de este estudio son:

- **Dado el potencial para salvar vidas y prevenir lesiones graves, se recomienda que los cuatro países** estudiados avancen en las normas actuales de cinturones de seguridad, anclajes de cinturones y seguridad estructural a los choques, implementándolas cuando corresponda y fiscalizando su uso sin más demora, así como que **implementen de forma inmediata normas para sistemas de ESC y medidas para la protección de peatones**.
- Las relaciones de costo-beneficio pronosticadas para los sistemas de ESC señalan que debería implementarse su uso en los cuatro países, ya que presentará una rentabilidad positiva en cada uno de ellos para 2024 como máximo y la RCB promedio es considerablemente mayor a 1. Este beneficio para la región no se producirá si uno o más países no lo implementan o si se retrasa su implementación. La coherencia de criterios es fundamental para los fabricantes que proveen productos a la región y un retraso produciría una reacción en cascada en los cuatro países. Además, por razones de armonización e igualdad en la protección y para maximizar el potencial de salvar vidas, se debe considerar la implementación coordinada de una norma para el ESC en los cuatro países tan pronto como sea posible.
- Las relaciones costo-beneficio pronosticadas para las medidas destinadas a los UVV indican que estas también deben implementarse en la región. Una vez más se

destaca que el atraso en la implementación por parte de cualquiera de los países implicaría no lograr todos los beneficios.

- **Se recomienda que Brasil implemente inmediatamente la Norma 95 de la ONU para la protección a los ocupantes de vehículos en caso de impacto lateral.** Los otros tres países de este estudio han anunciado que adoptarán esta norma (aunque los plazos en México son inciertos). La situación ideal sería la armonización, sin demoras, de la Norma 95 de Naciones Unidas en toda América Latina, especialmente si se tiene en cuenta el potencial de salvar vidas que tiene este elemento de seguridad secundario en la región. Por lo tanto **se recomienda que México complete la implementación de las normas de seguridad estructural a los choques** para cumplir con su parte en la armonización.
- La implementación de cualquier norma, **implicará la aplicación de medidas adecuadas para fiscalizar su cumplimiento**. Esta investigación no ha estudiado en detalle si, para lograr el beneficio pronosticado, se requerirán cambios sustantivos a las leyes de fiscalización de seguridad vehicular en alguno de los cuatro países. Sin embargo, se debería reconocer esta necesidad junto con los pronósticos presentados.

Índice

1 Introducción 10

1.1 Antecedentes 12

1.2 Objetivos 12

1.3 Contenido del presente informe 13

2 Método 14

2.1 Modelo de ocupante de vehículo 15

2.2 Modelo UVV 30

3 Información central 34

3.1 Información poblacional 34

3.2 Información de muertes en las vías 35

3.3 Desarrollos en seguridad vial 34

3.4 La economía 38

3.5 Parque automotor y seguridad vehicular 39

4 Base de referencia de predicciones de muertes 47

4.1 Ocupantes de vehículos 47

4.2 Usuarios Vulnerables de Vía 54

5 Predicción de los beneficios de la norma en relación a las muertes 60

5.1 Ocupantes de vehículos 60

5.2 Usuarios Vulnerables de las Vías 64

6 Costo de medidas reguladas 70

6.1 Ocupantes de vehículos 70

6.2 Usuarios vulnerables de las vías 72

6.3 Otros costos 73

7 Estimaciones de costo-beneficio 75

7.1 Ocupantes de vehículos 75

7.2 Usuarios vulnerables de las vías 77

7.3 Estimaciones generales de costo-beneficio 78

8 Conclusiones 80

8.1 Potencial reducción del número de víctimas 80

8.2 Costos y beneficios económicos 82

8.3 Limitaciones del modelo 83

8.4 Resumen de resultados clave 84

8.5 Recomendaciones 85

Agradecimientos 87

Referencias 88

Apéndice A Incorporación de tecnología en la flota 95

Apéndice B Revisión bibliográfica – UVV AEB 101

Apéndice C Revisión bibliográfica – protección al peatón 109

Apéndice D Análisis de sensibilidad 119

Apéndice E - Descuentos 121

Apéndice F Beneficios de la seguridad secundaria 122

Estos resultados muestran que en cada uno de los países, el grupo combinado de medidas de seguridad alcanzan una relación costo-beneficio anual mayor a 1 para 2030 como máximo (y como mínimo para 2025 en Chile). Sin embargo, para todo el período (2020-2030), las medidas no serían positivas desde el punto de vista costo-beneficio si solamente se consideraran las muertes, por las mismas razones explicadas para los UVV. 128

Apéndice H Beneficios en relación a las lesiones graves 129

H.1 Metodología y supuestos 129

1 Introducción

Según estimaciones de la Organización Mundial de la Salud, la cifra de víctimas fatales por siniestros de tránsito ha ascendido a 1,35 millones de personas por año, con mayores tasas de mortalidad en los países de bajos recursos (OMS, 2018). El Informe sobre la Situación Global de la Seguridad Vial de 2018 resalta que mientras los vehículos de los países de mayores ingresos son cada vez más seguros, solo 40 de los 175 países (23 %) han adoptado los estándares prioritarios de seguridad vehicular recomendados por las Naciones Unidas (OMS, 2018). La Figura 1 muestra qué países aplican los principales estándares de seguridad vehicular (en verde).

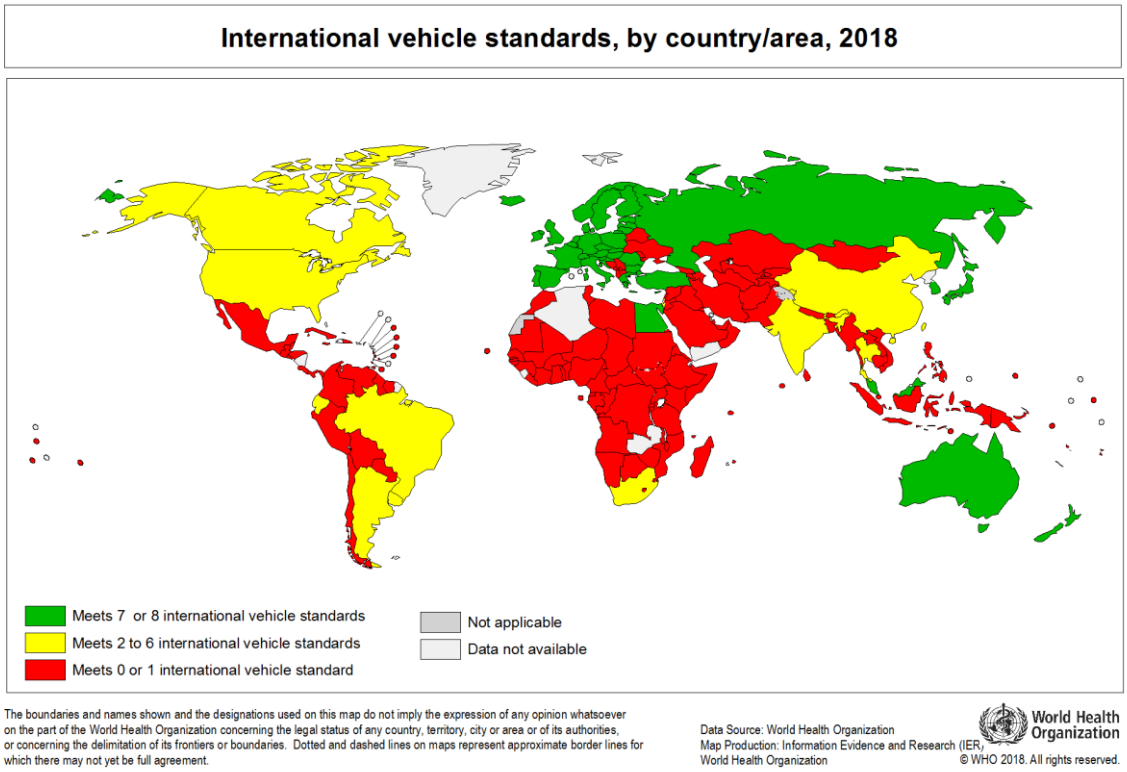


Figura 1: Países que aplican los estándares prioritarios de seguridad vehicular de la ONU (OMS, 2018)[2]

Se considera que los tres estándares prioritarios de seguridad son:

1. Normas mínimas para la seguridad estructural a los choques, por ejemplo, normas que ayuden a proteger a los ocupantes en choques frontales y laterales; esto corresponde a las Normas de las Naciones Unidas (ONU) 94[3] y 95[4].

[2] Informe de Situación Global sobre Seguridad Vial 2015 - ISBN 9789241565066. Países que aplican los estándares prioritarios de seguridad vehicular de la ONU. Figura 15 (página 616) en el informe de Situación Global sobre Seguridad Vial (gho_road_safety_vehicle_standards_2018.png)

[3] Naciones Unidas (1995, modificado). Reglamentación 94. Disposiciones uniformes referentes a la aprobación de vehículos en relación con la protección de los ocupantes en caso de choque frontal.

[4] Naciones Unidas (1995, modificado). Reglamentación 94. Disposiciones uniformes referentes a la aprobación de vehículos en relación con la protección de los ocupantes en caso de choque frontal.

2. Control Electrónico de Estabilidad (ESC) para evitar colisiones (Norma 140 de la ONU[5]).
3. Estándares para mejorar la seguridad de aquellos que no son ocupantes de vehículos, especialmente los Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV) incluidos peatones y ciclistas. Estos sistemas pueden ser sistemas de seguridad primarios (para evitar los choques) o secundarios (seguridad estructural a los choques/mitigación de las lesiones). La Norma 127[6] para la protección al peatón fomenta el diseño de frentes vehiculares más "indulgentes".

A nivel global solo 49 países (27 %) aplican la norma de ensayo de impacto frontal de la ONU y 47 (26 %) aplican la norma de ensayo de impacto lateral. De manera similar, 46 países adhieren a la norma de la ONU para el ESC y 44 a la protección a peatones. Los países que aplican normas de sistemas de ESC y protección a peatones son países de altos ingresos (OMS, 2015).

En 2015 las Naciones Unidas esbozaron 17 Objetivos de Desarrollo Sustentable y 169 metas para promover acciones en los siguientes 15 años en zonas de importancia para la humanidad y el planeta. Entre otras cosas, los objetivos apuntan a terminar con la pobreza y el hambre, combatir la inequidad y asegurar la protección duradera del planeta y sus recursos naturales. La seguridad vial es parte del Objetivo 3: asegurar vidas saludables y promover el bienestar para todas las edades. El Objetivo 3 define específicamente la meta 3.6: "Reducir a la mitad el número de muertes y lesiones causadas por siniestros de tránsito en el mundo para 2020" (Naciones Unidas, 2016. p.20).

Para alcanzar este objetivo, es claro que se deben realizar más acciones para mejorar la seguridad vehicular, en particular la de los vehículos de pasajeros que constituyen la mayoría del parque automotor en muchos países. Como se muestra en la Figura 1, América Latina queda desfasada en relación al número de estándares de seguridad vehicular internacionales observados en Europa. Si bien esta cifra no toma en cuenta los estándares de seguridad locales, aún existen oportunidades sustanciales de salvar vidas si se aplicaran un mínimo de estándares de seguridad armonizados a través de iniciativas globales de seguridad.

La Asamblea General de la ONU adoptó recientemente una resolución que incluye 12 metas de actuación voluntaria para factores de riesgo en seguridad vial (Naciones Unidas, Asamblea General, 2018). La meta propuesta para este proyecto es:

> *"Meta 5: Para 2030, que el 100 % de los autos nuevos (definidos como producidos, vendidos o importados) y usados cumplan con estándares de alta calidad de seguridad tales como las normas prioritarias recomendadas por la ONU, normas técnicas mundiales o requisitos equivalentes de actuación nacional reconocidos".* (OMS, 2018)

Las Normas de prioridad para vehículos de la ONU, como se detallan en el Indicador Global para esta meta, son:

- Norma 94 y 95 de la ONU (Protección contra impacto frontal y lateral);

[5] Naciones Unidas (2017). Reglamentación 140. Disposiciones uniformes referentes a la aprobación de autos de pasajeros en relación con los sistemas de Control Electrónico de Estabilidad (CEE)
[6] Naciones Unidas (2012, modificado). Reglamentación 127. Disposiciones uniformes referentes a la aprobación de vehículos motorizados con respecto a su desempeño de actuación en cuanto a la seguridad de los peatones.

- Norma 140 de la ONU (Control Electrónico de Estabilidad [ESC]);
- Norma 127 de la ONU (Seguridad al peatón);
- Normas 16 y 14 de la ONU (Cinturones de seguridad y anclajes para cinturones de seguridad).

1.1 Antecedentes

En 2015, TRL llevó a cabo un análisis estadístico para determinar cuántas vidas podrían salvarse en Brasil si se aplicara a los vehículos nuevos un mínimo de normas de seguridad vehicular secundaria y programas de ensayo para los consumidores (Cuerden *et al.*, 2015). Wallbank *et al.* (2016) extendieron luego este análisis para predecir cuántas muertes y lesiones de usuarios de vehículos podrían evitarse en cuatro países latinoamericanos (Argentina, Chile, México y del estudio previo, Brasil). Las principales normas consideradas fueron las número 14[7] y 16[8] de las Naciones Unidas (cinturones y anclajes), 94 (protección al ocupante en choque frontal) y 95 (protección al ocupante en choque lateral).

Los resultados sugirieron que la implementación de estas normas salvaría:

- entre 570 y 1400 vidas en Argentina;
- entre 390 y 750 vidas en Chile;
- entre 900 y 3500 vidas en México;
- entre 12 000 y 34 000 vidas en Brasil.

No se consideraron los sistemas de seguridad primarios (por ejemplo, el ESC) ni el efecto de los sistemas diseñados para reducir choques o lesiones asociadas con los UVV.

1.2 Objetivos

El objetivo general de esta investigación es brindar apoyo a la adopción de normas mínimas de seguridad vehicular a nivel mundial, utilizando estos cuatro países latinoamericanos, Argentina, Brasil, Chile y México como casos de estudio. Este proyecto tiene el objetivo de continuar investigaciones previas para demostrar el costo-beneficio de la aplicación de normas en la región entre 2020 y 2030.

El estudio considera la introducción de estándares mínimos de seguridad vehicular en Argentina, Brasil, Chile y México (los cuatro países del estudio). Los estándares considerados son:

[7] Naciones Unidas (1970, modificado). Reglamentación 14. Disposiciones uniformes referentes a la aprobación de vehículos en relación con los anclajes del cinturón de seguridad, sistemas de anclaje ISOFIX, anclajes superiores para silla infantil ISOFIX y posiciones i Size.

[8] Naciones Unidas (1970, modificado). Reglamentación 16. Disposiciones uniformes referentes a la aprobación de:

I. Cinturones de seguridad, sistemas de retención, sistemas de retención infantil y sistemas de retención ISOFIX para ocupantes de vehículos motorizados.

II. Los vehículos equipados con cinturones de seguridad, avisador de uso de cinturón, sistemas de retención, sistemas de retención infantil y sistemas de retención infantil ISOFIX y sistemas de retención infantil i Size.

- cinturones y anclajes homologados para todas las posiciones (Naciones Unidas normas 14 y 16);
- protección al ocupante en choque frontal (Naciones Unidas Norma 94);
- protección al ocupante en choque lateral (Naciones Unidas Norma 95);
- Sistema de Control Electrónico de Estabilidad (ESC) (Norma 140 de la ONU o su equivalente Norma Técnica Global, ONU GTR 8[9]);
- protección al peatón (Norma 127 de la ONU o ONU GTR 9[10]);
- Sistema de Frenado Autónomo de Emergencia (AEB) para los Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV).

1.3 Contenido del informe

Este informe documenta la investigación realizada para determinar los potenciales beneficios y costos asociados a la implementación de las normas (ver párrafos anteriores) en países latinoamericanos (Argentina, Chile, México y Brasil).

- La Sección 2 describe el método de análisis y modelado utilizado para investigar los cambios en las poblaciones siniestradas de ocupantes de vehículos y de usuarios vulnerables de las vías.
- La Sección 3 presenta las características generales de la población y de la seguridad vial en cada uno de los cuatro países. También ofrece evidencia sobre las dimensiones del parque automotor y los niveles de seguridad existentes.
- La Sección 4 trata sobre los pronósticos de siniestros basados en la información existente referente a las muertes en siniestros de tránsito.
- La Sección 5 presenta los beneficios pronosticados asociados a cada medida regulatoria.
- La Sección 6 contiene los costos asociados estimados para cada medida regulatoria.
- La Sección 7 reúne los beneficios y costos estimados y discute la probable eficacia en función de los costos de las normas.
- La Sección 8 presenta las conclusiones de esta investigación y las implicaciones para futuros cambios regulatorios en los cuatro países.

Nótese que, durante la revisión de las características de seguridad vial, se determinó que para 2020 (la fecha de implementación de interés para este estudio) los cuatro países habrán implementado las normas de seguridad secundarias que incluyen los cinturones de seguridad y sus anclajes y la protección ante impactos frontales y laterales. Los plazos considerados para México sobre las normas para impactos frontales y laterales parecen, en la actualidad, poco probables, con muy poco tiempo antes de las fechas propuestas; sin embargo, no contamos

[9] Naciones Unidas (2008, modificado). Reglamentación Técnica Global (GTR, por sus siglas en inglés) 8. Sistemas de Control Electrónico de Estabilidad

[10] Naciones Unidas (2010, modificado). Reglamentación Técnica Global (GTR) 9. Seguridad al peatón.

con fechas alternativas de implementación para incluir en el modelo. Por lo tanto, los beneficios de estas medidas ya están incorporados dentro de las estimaciones de muertes de la "línea de tiempo actual" presentadas en la Sección 4.1. Por lo tanto, las secciones sobre los beneficios (Sección 5), costos (Sección 6) y eficiencia en función de costos (Sección 7) se limitan a las otras tres medidas regulatorias (el ESC, la protección a usuarios vulnerables de las vías a través de la adopción de las normas de seguridad al peatón y el AEB para los UVV).

Se calcularon los beneficios acumulados a partir de las normas de seguridad secundaria para contribuir al desarrollo de las tendencias de la "línea de tiempo actual". El Apéndice F muestra el número de vidas salvadas con la implementación de las normas de seguridad secundaria. En caso de cancelarse o posponerse la implementación de las normas de seguridad secundaria en México, las cifras reflejarían el potencial perdido, en lugar del beneficio obtenido, respecto al número de víctimas evitadas.

2 Método

El método aplicado para este estudio considera las implicaciones para los estándares de seguridad vehicular en dos poblaciones de usuarios de las vías:

1. muertes y lesiones graves de ocupantes de vehículos;
2. muertes y lesiones graves en peatones y ciclistas (referidos en su conjunto como Usuarios Vulnerables de las Vías o UVV en este informe), excluidos otros UVV (p. ej., motociclistas)

El modelo calcula, específicamente, el costo-beneficio para los ocupantes de vehículos de regular el ESC, una medida de seguridad primaria (con sistema de desempeño según la Norma de la ONU 13H) y las siguientes normas de seguridad secundaria: cinturones de seguridad homologados y anclajes para todas las posiciones (Normas 14 y 16 de la ONU) y la protección al ocupante en choques frontales y laterales (Normas 94 y 95 de la ONU).

De manera similar, el modelo de costo-beneficio para los UVV estima el efecto de regular un sistema UVV-AEB que evita choques y la norma de protección al peatón (Norma 127 de la ONU) que implica mitigar las lesiones en caso de producirse una colisión.

Nótese que los beneficios presentados en la parte principal de este informe están solamente limitados a los beneficios económicos asociados con la reducción del número de muertes y lesionados graves y no consideran otros beneficios como la reducción de lesiones que no revisten gravedad. Dado que los sistemas de seguridad vehicular examinados en este estudio son posiblemente efectivos en la reducción de todo tipo de lesión, los resultados subestiman levemente la relación costo-beneficio. Nótese también que los cálculos relacionados a las lesiones graves se basan en bastante más supuestos que aquellos utilizados para las muertes dada la existencia limitada de información sobre lesiones no fatales en cada país.

Nótese también que los beneficios de estas normas no son necesariamente distintivos de cada población. Por ejemplo, es posible que la introducción de sistemas de ESC también reduzca el número de muertes y lesiones graves entre los UVV dado que reducirá el número de conductores que pierden el control del vehículo y en consecuencia chocan con un peatón. Sin embargo, la información sobre muertes en los cuatro países es limitada y por lo tanto la

información sobre el número de choques de cada tipo y el potencial solapamiento de las poblaciones es imposible de obtener. Además, la estimación de cuán efectiva es cada medida de seguridad para eliminar o mitigar las muertes y las lesiones graves está típicamente limitada al grupo primario de interés (por ejemplo, los ocupantes de vehículos en el caso del ESC). Como resultado, se desarrollan dos modelos, uno para ocupantes de vehículos y otro para los UVV y se considera solo el efecto de las medidas de seguridad detalladas previamente dentro de cada modelo. Los autores reconocen que esto podría llevar a subestimar levemente los beneficios de algunas tecnologías cuando se las considera como medidas individuales. El potencial de sobreestimación debido al doble conteo de víctimas dentro de un paquete de medidas se evita con el supuesto de que no se puede atribuir ningún beneficio a una medida desde la otra población objetivo.

2.1 Modelo de ocupantes de vehículos

La Figura 2 esboza los pasos principales para el modelo de ocupantes de vehículos. Cada uno de los pasos se describe en mayor detalle en las siguientes secciones.

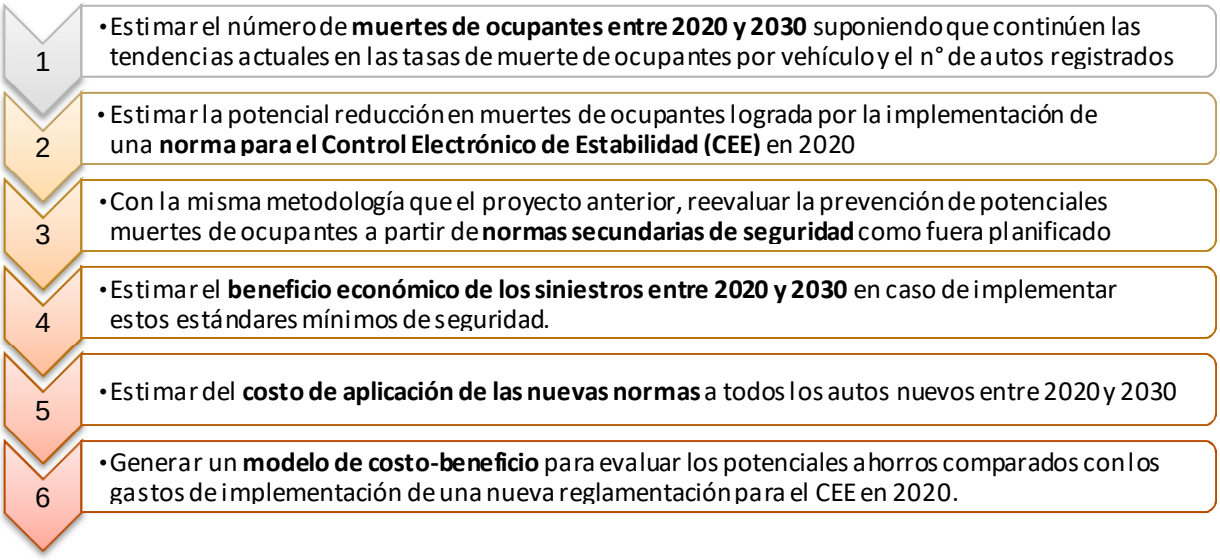


Figura 2: Pasos para el modelado del ocupante de vehículo

2.1.1 Valores de referencia para las muertes

Antes de estimar cuántas vidas se podrían salvar mediante la implementación de las normas de seguridad vehicular, es importante saber cuántas muertes se producirían en cada país desde el presente al 2030 si los estándares de seguridad se desarrollasen de acuerdo a lo planificado. Estas estimaciones para los valores de referencia para las muertes deben considerar los planes actuales relativos a las normas (por ejemplo, ¿se está considerando la introducción de alguna norma de aquí al 2030?) y la proporción del parque automotor equipada con cada tipo de tecnología (a través de la inclusión voluntaria por parte de los consumidores o a través de los fabricantes al incluir el equipamiento como estándar a pesar de no ser un requisito legal). Esta implementación planificada de normas en la línea de tiempo

actual, la incorporación voluntaria de tecnologías y las estimaciones de los valores de referencia incluyen algunas de las normas listadas en la Sección 1.2.

Al estimar el número de muertes de ocupantes de vehículos, es importante considerar los niveles de exposición. Por ejemplo, es probable que el número de muertes esté influido por la cantidad de viajes en auto (se esperan más siniestros en los países con mayor población).

El primer paso para estimar estos valores de referencia para las muertes fue extrapolar hacia adelante la tasa de muerte de los ocupantes de vehículos. Existen varias medidas de exposición que se podrían utilizar para esta tasa, algunas de las cuales podrían correlacionarse con las cifras de siniestros mejor que otras. La Tabla 2 presenta una jerarquía de estas medidas de exposición.

Tabla 2: Jerarquía de medidas de exposición en siniestros de ocupantes de vehículos

Pos.	Medida	Descripción	Comentarios
1	Km pasajero de automóvil	Unidad de medida que representa el transporte de un pasajero en auto en un kilómetro	Medida preferida de exposición para riesgo de ocupante de vehículos.
2	Km de vehículos	Unidad de medida que representa el viaje de un auto en un kilómetro	Esto no considera el número de pasajeros en cada vehículo y por lo tanto puede subestimar el riesgo al ocupante para los vehículos con más ocupantes.
3	Autos registrados	Número de autos registrados en cada país	No considera cuán lejos viaja cada auto y por lo tanto cuánta exposición al riesgo experimentan los ocupantes.
4	Población	El número de habitantes en cada país	No toma en cuenta cuánta gente viaja en auto, o cuán lejos. Esta es una estimación cruda del riesgo de seguridad vial.

Para los cuatro países modelados en este informe, se realizó una revisión de medidas de exposición disponibles. La tabla 3 muestra la exposición de las medidas utilizadas donde se priorizaron las mediciones con posiciones más altas sobre otras mediciones disponibles.

Tabla 3: Medidas de exposición utilizadas para el modelado por país

País	Medición (ranking)	Fuente

Argentina	Autos registrados (3)	Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA, 2017)
Brasil	Autos registrados (3)	Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA, 2017)
Chile	Autos registrados (3)	Organización Internacional de Constructores de Automóviles (OICA, 2017)
México	Kilómetros de pasajeros[11] (1)	Estimación de Transporte de Pasajeros por Carretera de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE, 2018)

Para realizar los pronósticos de muertes, se graficó la tasa de muertes de ocupantes de vehículos[12] para los últimos años disponibles. La tasa en los últimos años representará cualquier norma que ya haya sido introducida (desde 2015, el último año disponible de información de siniestros en la mayoría de los países). Se extrapoló luego la tasa de mortalidad hacia adelante suponiendo una tendencia exponencial[13]. Estos datos recientes no incluyen contribuciones significativas a la seguridad por parte de la protección frontal o lateral, por la protección al peatón o por el AEB para los UVV. Sin embargo, podrían incluir influencias de normas para cinturones de seguridad vigentes y de la incorporación voluntaria de sistemas de ESC ya que estas medidas han estado presentes de manera sustancial en vehículos involucrados en colisiones.

Para estimar las muertes, también se extrapoló la medida de exposición a futuro asumiendo una tendencia lineal similar a aquella observada en años recientes. Se modelaron otros escenarios como parte del análisis de sensibilidad (ver Apéndice D). Se combinaron los pronósticos de la tasa de mortalidad y los pronósticos de kilómetros automóvil/pasajero registrados para estimar los valores de referencia para las muertes.

Sin embargo, estas estimaciones de muertes no contemplan ninguna norma planificada entre la actualidad y 2030 o que se vayan a incluir en un nuevo escenario normativo, ya que su efecto no será evidente dentro de la tendencia actual de siniestros. La Tabla 4 define las escalas de tiempo para cada una de las normas. Contiene aquellas normas a ser implementadas, así como aquellas ya adoptadas en la legislación.

Para considerar estas normas, el modelo combina estimaciones de efectividad de la tecnología extraídas de los trabajos publicados (lo cual se analiza en más detalle en las secciones 2.1.2 para el ESC, 2.2.2 para los UVV AEB y 2.2.3 para la protección al peatón) con

[11] Nótese que estas cifras están etiquetadas como "kilómetros de pasajeros" y no como "kilómetros de pasajero de automóvil" - hemos supuesto que estas cifras representan al último y no incluyen los kilómetros de pasajeros de otros modos (reconocemos que esto puede no ser correcto pero la magnitud de la medida de exposición no es de importancia real para este trabajo dado que la tendencia en el tiempo en esta medida es similar a la de kilómetros de pasajero de automóvil).

[12] La información de muertes fue obtenida, cuando fue posible, de fuentes del país o de resúmenes de estadísticas publicadas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) o el Foro Internacional de Transporte (ITF por sus siglas en inglés). Esta información se convirtió en la definición estándar (muerte dentro de los 30 días de ocurrido el accidente) como se describe en la Sección 3.2.

[13] Se eligió una tendencia exponencial dado que demostró adaptarse bien a los datos y asegurar que la tasa de mortalidad no llegue a cero (lo cual no sería realista) para ningún país en el período de interés para este análisis (2020-2030).

estimaciones de equipamiento de tecnología dentro del parque automotor.

Estas estimaciones se basan en un proceso de modelado que tiene en cuenta los siguientes dos aspectos:

- la incorporación voluntaria donde la propagación de la tecnología se produce por la voluntad de los fabricantes de instalar los componentes necesarios en los vehículos y la voluntad de los consumidores de pagar por ellos;
- la incorporación obligatoria producida por una intervención política. En este caso, todos los vehículos o todos los tipos de vehículos deberán cumplir con los requisitos regulatorios a partir de una fecha de implementación.

En el Apéndice A se brindan más detalles de este modelo. También se modelan las normas de seguridad secundarias (ensayo de choque frontal y lateral y cinturones de seguridad) con un método similar al aplicado en el proyecto TRL anterior (Wallbank *et al.*, 2016).

Las estimaciones finales de los valores de referencia para las muertes pronostican cuántas muertes de ocupantes de vehículos se producirán cada año entre la actualidad y 2030 asumiendo que no haya cambios desde la norma actual y que la seguridad vial continúe cambiando como lo ha hecho en los últimos años.

Tabla 4: Línea de tiempo de la norma (medidas obligatorias) por país

	Pre 2015	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Argentina	Instalación y uso de cinturones de seguridad Ensayo de choque frontal modelos nuevos Sistemas de freno anti-bloqueo (ABS)	Avisador de uso de cinturón en todos los vehículos nuevos para la posición del conductor	Ensayo de choque frontal para todos los vehículos nuevos ISOFIX o LATCH en modelos nuevos		Ensayo de choque lateral para modelos nuevos Norma ESC planificada-ahora demorada ISOFIX o LATCH en todos los vehículos nuevos				Ensayo de choque lateral para todos los vehículos nuevos
Brasil	Ensayo de choque frontal (sin control sobre la conformidad de la producción) Equipamiento obligatorio airbags frontales y ABS	Instalación y evaluación de cinturones de seguridad y puntos de anclaje							
Chile	Anclajes cinturón Cinturones asientos delanteros ISOFIX o LATCH en vehículos nuevos ABS	Avisador de cinturón de seguridad Equipamiento obligatorio de airbags frontales	Directivas CE para protección choque frontal y lateral						
México	Uso de cinturones en asientos delanteros Especificación de seguridad de cinturones	Uso de cinturones de seguridad en asientos traseros	Instalación y evaluación de cinturones de seguridad y puntos de anclaje			Ensayos de impacto frontal y lateral, ABS y avisador de cinturón para modelos nuevos	Ensayos de impacto frontal y lateral, ABS y avisador cinturón para todos los vehículos nuevos		

2.1.2 Normas para el ESC

Se revisaron las fuentes bibliográficas para determinar cómo el sistema de Control Electrónico de Estabilidad (ESC) puede afectar a los grupos objetivo de ocupantes de vehículos fatalmente heridos en siniestros de tránsito.

La bibliografía consultada identificó una gran selección de estudios retrospectivos de alta calidad sobre la efectividad de los sistemas de ESC para evitar choques. Alcanzar un valor estimado representativo del rango de resultados de estos estudios no es algo trivial, ya que los valores informados varían mucho debido a los diferentes focos respecto de:

- las regiones geográficas (mayormente EE. UU., Australia o países europeos);
- las categorías de vehículos (por ejemplo, vehículos de pasajeros [definición de EE. UU. UE], SUV, LTV, 4WD);
- tipos de colisión (p. ej., todos los choques, choques de un solo vehículo, vuelcos, o choques múltiples) y
- la gravedad de los choques (todos los choques incluidos aquellos que solo afectan a la propiedad, todos los choques con lesiones, con lesiones graves, muertos o gravemente heridos, o fatales).

Se consideró el meta-análisis desarrollado por Høye (2011), que incorpora la mayoría de las fuentes individuales relevantes identificadas, como la fuente más apropiada para un valor único estimado porque reconcilia los diferentes resultados y aumenta el poder estadístico de las estimaciones para grupos de siniestros más pequeños. El foco de esta tarea de modelado de ocupantes de vehículos se concentra en los siniestros fatales en vehículos de pasajeros (incluidos los SUV según la definición europea de vehículos M1). La estimación de efectividad más aplicable de Høye para este foco se identificó como del 38 % para una población objetivo de autos involucrados en choques relacionados con los sistemas de ESC. Las estimaciones de efectividad alternativa (más altas y más bajas) también se modelan como parte del análisis de sensibilidad (Apéndice D).

En los datos nacionales para Gran Bretaña recolectados por la policía (2011-2015), "STATS19", murieron 1133 ocupantes de vehículos en choques que involucraron "pérdida de control" del auto como factor contribuyente. Estos fueron clasificados como la población objetivo "relacionada con los sistemas de ESC". La muestra contenía un total de 3252 muertes de ocupantes, de las cuales 2991 se produjeron en choques a los que acudió un oficial de policía (por ejemplo, se pudieron asignar factores contribuyentes). Por lo tanto, el 37,9 % de las muertes de ocupantes (1133/2991) se encontraba en la población objetivo para el ESC.

Sin embargo, esta muestra (GB, 2011–2015) estaba en parte equipada con ESC (hasta aproximadamente un 55 % según los cálculos de dispersión de flota), lo que implica que muchos choques relacionados al ESC ya se han evitado. Según Høye (2011), se asume que el ESC muestra una efectividad de un 38 % en choques fatales en la población objetivo. En consecuencia, el número de muertes que hubiese ocurrido sin el equipamiento parcial se puede estimar en 1432. Esto significa que la proporción de muertes de ocupantes de vehículos relevante para el ESC (si la flota no estuviese equipada en lo más mínimo) podría

alcanzar un 43,5 %.

El número comparativo de los datos nacionales del FARS (Sistema de Información y Análisis sobre la Mortalidad, según sus siglas en inglés) para los choques viales fatales en EE. UU. se estima en 26,3 %. Se utilizó una estimación central de estos dos valores (de GB y EE. UU.) como aproximación para la población objetivo para la efectividad del ESC en los cuatro países latinoamericanos de este estudio. La media de 43,5 y 26,3 % es 34,9 % (este análisis de sensibilidad utiliza ambas estimaciones, las más altas y las más bajas - véase Apéndice D).

La aplicación del valor de efectividad a este subgrupo de población de ocupantes de vehículos muertos genera un valor de efectividad para el total de la población de 13,3 %.

2.1.3 Normas de seguridad secundaria

Una vez que se ha tomado en cuenta el efecto del ESC en las estimaciones de muertes, se repitió la metodología aplicada a los proyectos previos (Cuerden *et al.*, 2015 & Wallbank *et al.*, 2016) para estimar cuántas vidas se podrían salvar por la introducción de mejoras a la seguridad secundaria. Estas mejoras incluyen protección al ocupante en choques frontales y laterales (Normas 94 y 95 de la ONU) y cinturones y anclajes para todas las posiciones (normas 14 y 16 de las Naciones Unidas). Nótese que el efecto de éstas es modelado como un colectivo y no puede desagregarse el efecto de las normas individuales.

En aras de la brevedad, no se presenta el método completo en este informe, pero se pueden encontrar detalles completos en Wallbank *et al.* (2016). De manera amplia, el método aplicado en esta etapa consiste en tres tareas principales:

a) evaluar el efecto que los desarrollos en seguridad secundaria vehicular han tenido en Gran Bretaña en relación a la reducción de siniestros desde 1990;

b) identificar los años de referencia en Gran Bretaña a los que el parque automotor actual se asemeja más en términos de seguridad en los cuatro países latinoamericanos;

c) suponiendo que desarrollos de seguridad secundarios similares pudiesen observarse en estos mercados emergentes tras la adopción de las mismas normas, pronosticar el efecto de los cambios en seguridad vehicular en estos mercados dado el impacto estimado en Gran Bretaña y el año de referencia.

La tarea a) desarrolló modelos estadísticos utilizando información de Gran Bretaña para pronosticar el número de muertes de usuarios de vehículos si la seguridad secundaria no hubiese mejorado en el tiempo. Utilizando este modelo fue posible estimar que entre 2002 y 2020, las mejoras en la seguridad secundaria de los autos habrán evitado alrededor de 1600 (11 %) muertes. Es necesario extrapolar más allá de la información existente para que la tendencia británica pueda mapearse para los cuatro países latinoamericanos para la totalidad del período de evaluación.

Se reconoce que estos modelos podrían subestimar el beneficio real ante siniestros por dos razones: en primer lugar, las mejoras a la seguridad secundaria probablemente hayan reducido el número total de víctimas ya que algunas víctimas que hubiesen resultado lesionadas levemente en un choque, no lo son cuando viajan en autos más modernos; esta reducción en el total de las víctimas no puede incorporarse al modelo, lo que provoca una

subestimación de la efectividad. En segundo lugar, la norma del cinturón de seguridad requiere la instalación de avisadores de cinturones de seguridad por lo menos en la posición del conductor. Estos probaron ser efectivos en promover el uso de cinturones de seguridad (Lie *et al.*, 2008), (Freedman *et al.*, 2009) y las tasas de uso cinturones de seguridad son más bajas en América Latina que las observadas en GB tanto ahora como cuando se produjo la implementación de normas para choques frontales y laterales (ver Tabla 9 en Sección 3.3). Si la norma de cinturón de seguridad puede mejorar sustancialmente el uso de cinturones de seguridad en América Latina, entonces habría un beneficio potencialmente mayor asociado a la protección que brinda la norma a los ocupantes que utilizan el cinturón.

La tarea b) comparó los resultados de los ensayos de Latin NCAP en los autos más vendidos en cada mercado con los niveles históricos de seguridad de la flota en Gran Bretaña. Los videos de los ensayos de NCAP para los autos y modelos más populares fueron vistos por expertos de seguridad vehicular y clasificados utilizando criterios de puntajes (véase Sección 2.2 en Wallbank *et al.* [2016]). Esto estableció un año de referencia para cada país que representa el año equivalente para autos en Euro NCAP (Ver Tabla 5).

Tabla 5: Año de referencia para cada país (establecido desde un trabajo anterior realizado por Cuerden *et al.*, 2015 y Wallbank *et al.*, 2016)

País	Año de referencia
Argentina	2002
Brasil	2001
Chile	2003
México	2000

Estas cifras se basaron únicamente en datos de ensayos de choques frontales descentrados dado que es la única configuración de ensayo disponible para muchos de los autos de Latin NCAP.

Desde que se completó el trabajo de Wallbank *et al.* en 2016, el análisis de los resultados publicados por Latin NCAP muestra que la calificación de estrellas para autos no tiene un patrón claro de mejora en la protección del ocupante adulto. La Figura 3 muestra la calificación de estrellas para el ocupante adulto brindada por Latin NCAP para autos evaluados entre 2010 y 2018; los años se agrupan (2010-2012, 2013-2015, 2016-2018) dado que, en promedio, se evalúan solo 12 autos por año.

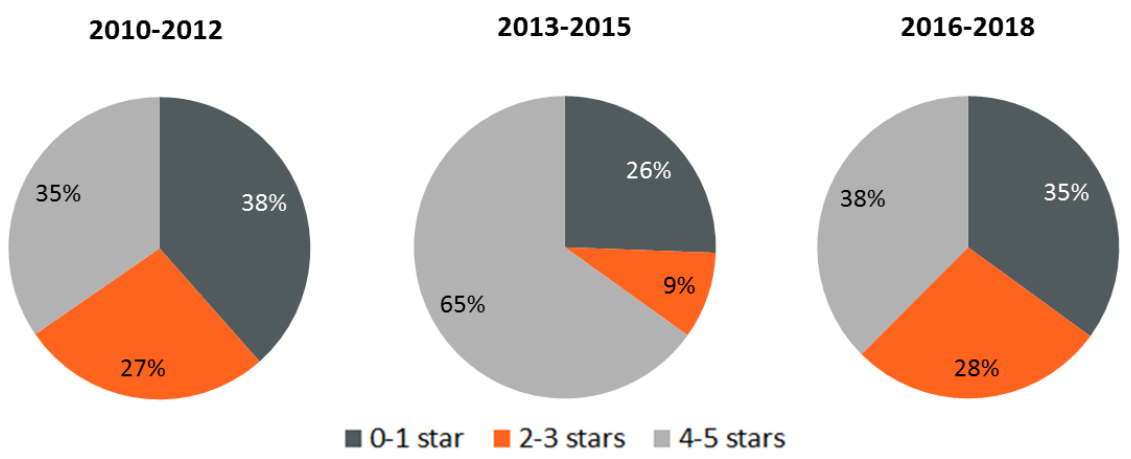


Figura 3: Calificación de estrellas para ocupantes adultos en modelos evaluados por Latin NCAP por año

La distribución de las calificaciones por estrellas en 2016-18 es similar a la observada en los primeros años de Latin NCAP (2010-12) sugiriendo que hubo muy pocas mejoras en la protección del ocupante adulto en este tiempo[14]. Los datos sugieren que pudo haber habido un cambio en 2013-15 con más clasificaciones proporcionalmente de 4-5 estrellas para los autos evaluados; sin embargo, esto es más probable relacionarlo con una mayor proporción de ensayos patrocinados por los fabricantes (58 % en comparación con 42 % en 2010-12), ya que se esperarían mayores calificaciones de estrellas para los "mejores" autos que estos fabricantes producen y evalúan. La evidencia de los datos de ventas para cada país sugiere que los modelos más populares no reflejan los modelos patrocinados por los fabricantes para los ensayos de Latin NCAP, dado que estos modelos han mostrado pocos cambios en este período, no hay evidencia que sugiera que los años de referencia hayan cambiado sustancialmente desde el trabajo de Wallbank *et al.*

Con el advenimiento de la norma, propuesta, pero aún no implementada, para la protección ante choques frontales y laterales en México[15], parece razonable revisar el año de referencia desde el último estudio. Se reconoce la improbabilidad de alcanzar las fechas para la implementación (según se identifican en la Tabla 4). Sin embargo, por lo menos se está dando la discusión de los instrumentos regulatorios. Para tener en cuenta esta intención y eliminar cualquier falsa impresión de precisión, se aplicó la misma fecha, 2001, a los cuatro países. Se podría inferir, a partir de esta fecha, que la seguridad se ha degradado en Argentina, Brasil y Chile desde el informe de investigación de 2016. Esta no es la intención, aunque según los resultados de los ensayos de Latin NCAP, aún se requieren mejoras para que todos los autos nuevos en la región cumplan con los estándares de protección para los ocupantes aplicados en Europa en 2003. Sin embargo, la implicación de la fecha de 2001 es que la seguridad

[14] Se produjeron algunos cambios a la clasificación de estrellas de Latin NCAP en 2013/14 y 2016 y por lo tanto no son directamente comparables en el tiempo. Por ejemplo, se agregó la prueba de ensayo lateral a la clasificación de protección del ocupante adulto. Sin embargo, esto solo somete al vehículo a los mismos requisitos que los utilizados para los autos en Europa a partir de 1997 (para Euro NCAP y los ensayos regulatorios - obligatorios para los nuevos modelos de 1997 y todos los vehículos nuevos de 2003). No es que se hayan cambiado los límites de desempeño en respuesta a avances demostrables en el desempeño en seguridad.

[15] Según indica la Norma Oficial Mexicana NOM-194-SCFI-2015.

vehicular secundaria en los cuatro países estudiados está 15 años atrasada en comparación con Gran Bretaña; en 2016 los estándares en estos países están aproximadamente al mismo nivel que Gran Bretaña en 2001.

Para compensar la falta de ensayos de impacto lateral y las diferencias en el equipamiento de airbag frontal para el acompañante y laterales entre Europa y los mercados emergentes, se aplicó un valor de referencia adicional (1995) para todos los mercados en el modelado anterior. En este estudio, se cambió el año (1996) para explicar el progreso hacia los requisitos regulatorios para la protección contra choques laterales en América Latina. Este análisis secundario ofrece un límite superior en el número de víctimas de usuarios de vehículos evitadas que se podría alcanzar mediante la implementación eficiente de las normas; se presentan los resultados de este análisis como parte del análisis de sensibilidad en el Apéndice D.

La tarea c) cuantificó los cambios en las muertes esperadas en cada país si se introdujesen normas de seguridad secundaria, teniendo en cuenta las muertes evitadas observadas en Gran Bretaña, el año de referencia para los estándares de seguridad vehicular y la actual rotación de vehículos. Esto implica la decisión en cuanto a cuán rápido se sentirá el efecto de la mejora en los estándares de seguridad. La Tabla 6 resume las características de cada parque automotor.

Tabla 6: Resumen de las características del parque automotor en cada país

	Argentina	Brasil	Chile	México	Gran Bretaña
	2015	2015	2015	2015	2001
Población	43 418 000	205 962 000	17 763 000	125 891 000	57 424 200
N° de vehículos registrados	13 736 000	42 743 000	4 445 000	37 354 000	29 747 130
N° de autos registrados	10 413 000	35 471000	3 125 000	26 937 000	23 898 844
% de vehículos registrados que son autos	76 %	83 %	70 %	72 %	80 %
Crecimiento en autos registrado del año previo	3 %	2 %	4 %	5 %	3 %
N° de autos nuevos registrados	481 000	2 123 000	212 000	892 000	2 431 770
% de autos registrados que con antigüedad <1 año	5 %	6 %	7 %	3 %	10 %
Tasa de motorización (autos por persona)	0,24	0,17	0,18	0,21	0,42

Estos datos demuestran que la proporción de vehículos que son autos es similar en cada uno de los países (alrededor de 70-83 %), y esto es comparable a Gran Bretaña durante el año de referencia (80 %); el crecimiento en los autos registrados es también similar, pero comparado con Gran Bretaña cada año se registra una proporción mucho menor de autos nuevos (desde

3 % en México en 2015 a 7 % en Chile en 2015, en comparación con el 10 % en Gran Bretaña en 2001).

En base a estos datos, las muertes y lesiones evitadas por la seguridad secundaria estimadas utilizando el modelo de Gran Bretaña se ajustaron para explicar el hecho de que los parques automotores en los cuatro países latinoamericanos están cambiando actualmente a una tasa menor que la de Gran Bretaña durante el año de referencia. Las muertes y lesiones evitadas fueron factoreadas[16] para representar una "escala de tiempo similar" donde se multiplicaron las cifras de Gran Bretaña por 45 % para Argentina, 59 % para Brasil, 67 % para Chile y 33 % para México.

2.1.4 Beneficio económico en relación a las víctimas

Una vez que se pronosticó la reducción total en el número de muertes producto de las normas, se utilizó esta cifra para estimar la reducción potencial de las lesiones graves. El estimado de lesiones graves se basa en un proceso de factoreo simple, utilizando datos nacionales de Gran Bretaña (STATS19) para estimar la relación entre víctimas mortales y graves en cada uno de los escenarios relevantes y luego explicar las diferencias en la efectividad del ESC para mitigar el número de víctimas mortales o graves. El Apéndice H ofrece más detalles sobre el enfoque utilizado.

Luego, alineado con la metodología utilizada en el estudio anterior (Wallbank *et al.* [2016]), se utilizó el método de valor de una vida estadística (VSL) para cuantificar el beneficio económico de las reducciones de víctimas pronosticadas por la introducción de las normas.

Los métodos VSL se basan en la voluntad de pagar para evitar lesiones y se relacionan con el PBI per cápita. Estas cifras se pueden comparar de manera internacional y son computables a partir de datos de la carga que representan para la salud. Sin embargo, dado que la evidencia sobre la voluntad para pagar varía, se produce un rango de estimaciones para cada país.

Bhalla *et al.* (2013) analizó un número relevante de estudios VSL y muestra que la pérdida económica de las muertes en siniestros de transito ha sido estimada entre 70 y 137,6 unidades de PBI per cápita. Además, se ha estimado la pérdida económica de una lesión grave producto de un siniestro de tránsito en 17 unidades de PBI per cápita.

Tabla 7: Pérdida económica a causa de muertes utilizando el método VSL

	Pronóstico PBI per cápita (2018) (2018 USD) – Ver Figura 11	Pérdida económica de una muerte en siniestro de tránsito (2018 USD, miles)	Pérdida económica de una lesión grave en siniestro de tránsito (2018 USD, miles)
Argentina	12 924	904 – 1778	220
Brasil	8807	616 – 1212	150
Chile	14 186	993 – 1952	241
México	8321	583 – 1145	141

[16] Se calcularon los factores dividiendo el '% de autos registrados <1 año en el país latinoamericano' por el '% de autos registrados que son <1 año en Gran Bretaña en 2001'.

Para los propósitos de este análisis, se utilizó la estimación media de los dos valores presentados para la pérdida económica de una muerte en cada país. El análisis de sensibilidad (Apéndice D) examina el efecto de las estimaciones más altas y más bajas.

Como se explica en Wallbank *et al.* (2016) hay una falta de acuerdo en lo que debería incluirse en estas estimaciones VSL, en particular en relación con medidas esencialmente incalculables tales como el valor del dolor, duelo y sufrimiento. Por ejemplo, el Departamento de Transporte del Reino Unido estima que los costos (Departamento de Transporte, 2012) son sustancialmente mayores que aquellos en la Tabla 7 (alrededor de USD 2,8 millones) y debe, por lo tanto, interpretárselos con cautela.

2.1.5 Costos de las normas

Los requisitos incluidos dentro de las normas de seguridad secundaria para la seguridad de los ocupantes impondrán una carga sobre el diseño vehicular. Como se mencionó en la Sección 2.1.3, las normas consideradas son aquellas asociadas con la protección al ocupante en choques frontales y laterales (Normas 94 y 95 de la ONU) y cinturones y anclajes para todas las posiciones (Normas 14 y 16 de la ONU). Estas medidas de seguridad requerirán características de diseño específico para los siguientes elementos:

- el cinturón de seguridad (de tres puntas) y un retractor de traba;
- los anclajes para el cinturón de seguridad, su geometría y la fuerza local de la estructura alrededor del anclaje;
- un avisador de cinturón de seguridad para el conductor (como lo requiere la Norma 16 de la ONU);
- potencial inclusión de un limitador de carga de cinturón y un pretensor (no estrictamente necesario para cumplir con las Normas 94 y 95 de la ONU, pero necesarias para cumplir con las normas de la industria en Europa y otras regiones y también para un mejor desempeño real);
- los airbags (frontales y laterales para ocupantes delanteros);
- fuerza adicional en los pilares A (los dos pilares delanteros, frente a los ocupantes, desde el chasis hasta el techo);
- pasajes de carga desde el frente de la parte trasera del auto hasta el compartimento del ocupante;
- fuerza adicional en los marcos de las ventanas laterales, marcos de puertas y puertas;
- fuerza adicional en los pilares B (la segunda fila de pilares desde el chasis hasta el techo, entre la primera y la segunda fila de asientos).

La información publicada sobre el costo de estas características de diseño se extrajo de la revisión bibliográfica. La intención de la investigación fue encontrar un precio que indicara el

costo de agregar estos elementos a un diseño vehicular que no cumpliese con los requisitos regulatorios (es decir el costo de transformar un auto que no cumple con los requisitos a uno que sí lo hace). En respuesta a esta búsqueda, surgieron respuestas de estudios encargados por el Departamento de Transporte de EE. UU., la Administración Nacional de Seguridad en Autopistas (NHTSA) junto con la implementación de Estándares de Seguridad en EE. UU. Estos estudios son extremadamente minuciosos en sus métodos de estimación de costos. Los vehículos son reducidos a componentes individuales y se le otorga luego un precio a las partes nuevas o modificadas teniendo en cuenta el material, la fabricación, los impuestos, etc. Los precios tienen la intención de ser representativos de la industria más que provenir de un único fabricante. Una limitación es que los precios provienen de los autos de EE. UU. más que de vehículos de los cuatro países considerados en este estudio. No se sabe qué sesgo puede crear esto o si los costos son ampliamente equivalentes entre estas dos regiones, pero se asume que los precios de EE. UU. tienden a ser conservadores (más altos que en los cuatros países) para la mayoría de los elementos que contribuyen al costo. En los casos en que se registraron varios precios para un mismo elemento, se derivó un valor promedio antes de aplicar el tratamiento por inflación.

Si bien el detalle de los estudios de NHTSA es único, algunos son bastante antiguos; entonces, para crear un valor equivalente para la comparación entre los costos y también con los beneficios calculados se elevaron todos los precios a valores 2018. Se utilizaron herramientas de internet para calcular la inflación[17]. Como valor máximo, la influencia de la inflación fue de más del triple del costo de los cinturones de seguridad, desde el costo original brindado en 1978 al presente valor de 2018. Se debe apreciar que el sector automotriz pudo haber sufrido diferentes tasas de inflación (por encima de "todos los bienes" hasta principios de 1980 y por debajo de "todos los bienes" después) entonces es probable que este proceso de inflación sea conservador (estableciendo costos pronosticados más altos que lo que puede ocurrir en realidad).

En contraste con esta tendencia general de inflación, se aplicó también un descuento para justificar los efectos del aprendizaje y de las eficiencias en la producción en respuesta a los requisitos regulatorios. La mayoría de los fabricantes que venden autos en América Latina estarán operando en condiciones de altos volúmenes de fabricación. Entonces, en base a las prácticas aplicadas por agencias tales como la NHTSA[18] y la Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. en anteriores evaluaciones de rentabilidad de normas, se aplicaron reducciones de costos a través del aprendizaje mediante la acción (volumen de producción acumulada y pequeños rediseños que reducen costos) a las estimaciones iniciales de costos. Específicamente, se asumió una reducción del 20 % para todas las tecnologías mayores a 3 años. Esto se redujo a 16 % para la valoración 2016 de los requisitos de cinturones de tres puntas y se aumentó al 90 % para los airbags (basado en el avance observado con la tecnología de airbag y un análisis económico [Abeles, 2004]).

La Tabla 8 muestra los elementos de ocupantes de vehículos donde el costo fue obtenido a partir de la revisión bibliográfica. La suma de todos estos elementos brinda un costo por vehículo de USD 1116. Este valor se calculó utilizando el Índice de Precio al Consumidor (CPI

[17] http://www.usinflationcalculator.com/
[18] https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.dot.gov/files/fmvss/DEIS_Appx_C.pdf

por sus siglas en inglés) como la medida de inflación. Para ilustrar la influencia de utilizar una medida de inflación alternativa, la última columna muestra los costos equivalentes con la inflación basada en ventas de vehículos nuevos (EE. UU. Oficina de Estadísticas Laborales, 2018). El efecto en el costo total de estas medidas de seguridad es reducir el total a 63 % del total en base al CPI.

Nótese que un costo al consumidor[19] de USD 1116 por vehículo es demasiado alto. Esto representa aproximadamente el 10 % del precio de venta de un vehículo para autos pequeños; algunas veces aún más, para los modelos básico de algunos autos nuevos pequeños en México o Chile. Dada la manera sostenible en que se han agregado estos elementos adicionales a los vehículos en otras regiones del mundo, tal aumento en el precio no es realista. La NHTSA recientemente estimó que el costo total de las tecnologías de seguridad vinculadas a todas las normas FMVSS (Normas Federales de Seguridad Vehicular) agregaba un promedio de USD 1929 (en dólares 2012) y aproximadamente el 7,6 % del costo y el 5,1 % del peso de un auto de pasajeros modelo 2012 en EE. UU. (Simons, 2017). Esto también apoyaría el razonamiento de que el pequeño subgrupo de tecnologías adicionales considerado dentro de estas medidas reglamentarias no debería costarle al consumidor USD 1116. Sin embargo, estos son los números obtenidos de la revisión bibliográfica y por lo tanto representan la mejor estimación de costo referenciable. En la Sección 6.3 se discute este tema en mayor profundidad. **En última instancia, estos costos no se asignaron a nuevas intervenciones debido a que los requisitos regulatorios ya se están implementando o se planea implementarlos en los cuatro países.**

[19] De acuerdo a la definición de NHTSA, el costo al consumidor incluye materiales, mano de obra, herramientas, ensamblaje, gastos generales, gastos del fabricante y comerciante e impuestos. El costo de un subsistema específico de componentes de un modelo posterior a las nomas, menos el costo de un subsistema de un modelo previo a las normas, equipara el costo incrementado al consumidor.

Tabla 8: Costo de elementos de seguridad secundaria para la protección de los ocupantes de vehículos

Ítem	Costo en bibliografía (USD, $)	Fuente	Costo (2018 USD, $)	Costo, CPI ($) vinculado a los autos
Cinturones frontales	46,46	(McLean *et al.*, 1978)	147	71
Avisador de cinturón para el conductor	7,5	(McCarthy y Seidl, 2014)	6	6
Cinturones traseros	10,92 para VW Passat 25,13 para Ford F-150 26,00 Hyundai Santa Fe	(Dailey, 2016)	3 x 18 = 54	51
Airbags	323.42 para sedan asiático	(Dang, 2008)	38,5	35
Estructura de impacto lateral	494 para Honda Accord 720 para Ford Taurus 764 para GM Saturn	(Fladmark y Khadilkar, 997)	832	542
Total elementos de seguridad secundaria			**1116**	**705**

Se buscó un costo equivalente para el equipamiento del ESC en un auto. Nuevamente un estudio desglosado para la Administración Nacional de Seguridad de Autopistas (NHTSA) brindó el costo de USD 111 que se informa en la introducción de la Norma Técnica Global (GTR por sus siglas en inglés) de la ONU. Con la inflación en los precios de 2018 y la aplicación del 20 % del efecto de aprendizaje, el costo atribuido a incluir sistemas de ESC en un auto fue de USD 102 por vehículo. Sin embargo, el costo mínimo para un sistema en ese estudio de desglose fue de USD 36,76 por vehículo en los precios de 2018. Se podría argumentar que si un sistema estaba disponible en 2005 por este precio entonces es razonable esperar que lo mismo sea cierto para 2018. Sin embargo, los asesores de industria recomendaron que se utilizara un costo al consumidor de alrededor de USD 50 para representar los precios y prácticas actuales de la industria. En base a este consejo, **se ha adoptado una estimación de USD 50 para el costo de incluir el sistema de ESC en un vehículo** ya equipado con ABS. Las cifras extremas de USD 36,76 y USD 102 han sido incorporadas en el análisis de sensibilidad (como se documenta en el Apéndice D).

2.1.6 Modelo de costo-beneficio

Para evaluar el valor de implementar las normas y medidas de seguridad asociadas es necesario comparar los beneficios con los costos. El componente final del modelo reúne los beneficios y los costos pronosticados. Estos son comparados utilizando una relación de costo-beneficio donde el valor del beneficio se divide por el costo. En estas circunstancias:

- un valor menor a 1 indica que el costo de la medida excede la valoración monetaria de los beneficios;
- un valor igual a 1 refleja el punto de equilibrio donde los beneficios y los costos

están equilibrados;

- un valor mayor a 1 indica que los beneficios sobrepasan los costos y es más fácil recomendar estas medidas para su implementación.

Para las predicciones de futuros beneficios es importante notar que se han aplicado descuentos (Apéndice E). Esto representa el concepto de que en general la gente prefiere recibir bienes y servicios ahora y no luego.

Finalmente, se incluye un análisis de sensibilidad en el modelado para investigar si algunos de los insumos son demasiado influyentes en los resultados (Apéndice D). También apoya una verificación de calidad respecto del nivel de confianza apropiado dadas las limitaciones de algunos supuestos y datos de entrada.

2.2 Modelo UVV

La Figura 4 esboza los pasos principales para el modelo de los UVV. Estos se alinean a grandes rasgos con aquellos utilizados en los modelos de ocupantes de vehículos descriptos en la Sección 2.1.

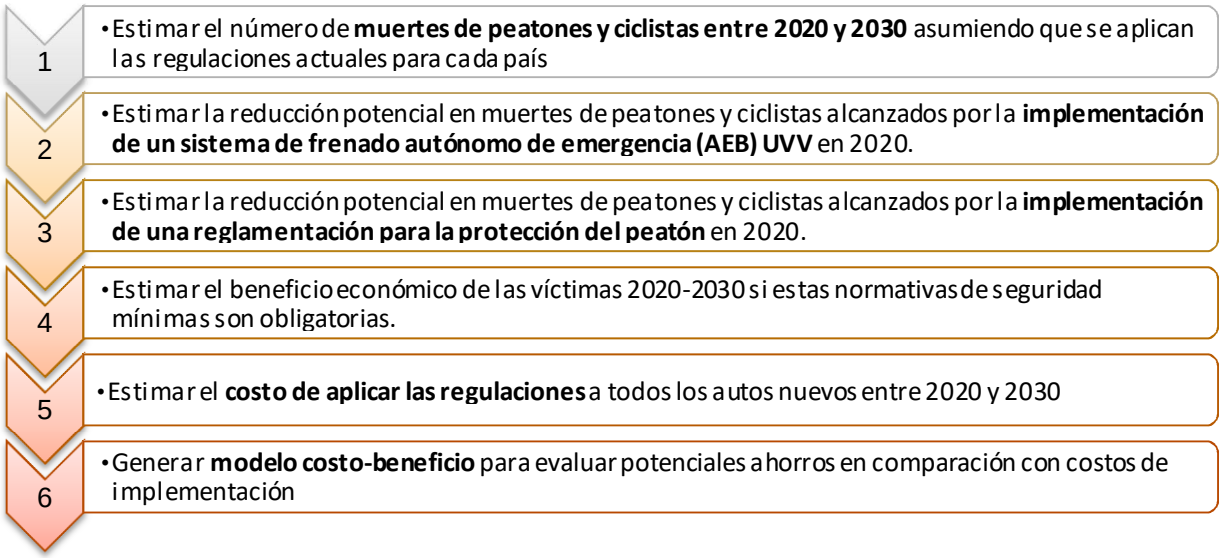


Figura 4: Pasos para el modelo UVV

2.2.1 Valores de referencia para las muertes

Como con el modelo de ocupantes de vehículos, se requirió una estimación de los valores de referencia para las muertes para peatones y ciclistas. Estas estimaciones explican la norma actual y adquisición de tecnologías en el parque automotor.

Para estimar esto, la tendencia en la tasa de víctimas (por ejemplo, muertes de peatones en

la población[20]) fue extrapolada asumiendo una tendencia exponencial[13 21 22] y se estimó la influencia de las normas (en este caso UVV; AEB y protección al peatón) utilizando el mismo método que para los ocupantes de vehículos, esto se describe en detalle en el Apéndice A.

Como tal, la extrapolación de los valores de referencia para las muertes ofrece una población objetivo sobre la cual influyen las medidas de seguridad al peatón. En este caso, los grupos objetivos son el número total de peatones y ciclistas fallecidos en siniestros de tránsito. El siguiente paso en el modelo fue establecer la potencial efectividad ya sea del Frenado Autónomo de Emergencia, que detecta y responde ante la presencia de Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV, incluidos peatones y ciclistas) o de la protección pasiva convencional brindada por los cambios a la geometría y dureza de los frentes de los vehículos.

2.2.2 UVV AEB

Se realizó una revisión bibliográfica para establecer la efectividad reportada del Frenado Autónomo de Emergencia (AEB) para los Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV). Se adoptó un proceso sistemático para esta revisión. En el Apéndice B se documentan el proceso y los hallazgos de la búsqueda.

A modo de resumen, se identificaron 193 fuentes potenciales de información, pero luego de filtrarlas en base a su relevancia directa, se mantuvieron solamente 8. Esto probablemente refleje el hecho de que el AEB para los UVV constituye una tecnología relativamente reciente, una tecnología donde la implementación detallada de las estrategias está protegida por los fabricantes y proveedores y por lo tanto solo evaluada en proyectos de investigación a futuro (beneficio predictivo). Luego de una apreciación crítica se excluyeron cuatro fuentes y solo cuatro fuentes se consideraron estimaciones efectivas relevantes de calidad adecuada. La revisión de estas cuatro fuentes se puede encontrar en el Apéndice B, Sección B.6.

El trabajo de Rosen de 2013 constituyó una fuente primaria que brindó estimaciones utilizadas en el modelado. En particular, Rosen predijo que el AEB para los UVV podría ser efectivo para prevenir lesiones fatales en el 48 % de los peatones víctimas y 55 % de la población de ciclistas fatalmente lesionados. Las estimaciones de efectividad alternativa (más baja) se modelan como parte del análisis de sensibilidad (Apéndice D).

La aplicación de estos porcentajes para los números de los valores de referencia para las muertes permite al modelo calcular el número de vidas salvadas cada año mediante la implementación completa de la norma. Sin embargo, no todos los autos de la región tendrán AEB instalado para los UVV. Por lo tanto, nuevamente se precisaba un paso adicional para predecir la proporción del parque automotor que tendría instalada la tecnología necesaria. En la Sección 2.1.1 se menciona el modelo de ocupantes de vehículos, pero se describe en detalle en el Apéndice A.

[20] Nótese que la población fue utilizada como la medida de exposición para peatones y ciclistas dado que no hay información disponible sobre el número de viajes, número de tramos en bicicleta o distancia recorrida utilizando cada modo en los cuatro países.

[21] Nótese que Argentina es una excepción a esto, donde se aplicó una tendencia logarítmica ya que esto brindaba predicciones más plausibles basadas en la tendencia actual.

[22] Como con el modelo de ocupantes de vehículos, se investigaron tendencias alternativas como parte del análisis de sensibilidad (Apéndice D).

2.2.3 Norma de protección al peatón

De la misma manera que con el AEB para los UVV, se utilizó otra revisión bibliográfica para determinar la efectividad de las medidas secundarias de seguridad para la protección al peatón. En particular, esto involucra los cambios al diseño de los frentes de los vehículos necesarios para cumplir con los requisitos de la GTR 9 y la Norma 127 de la ONU.

El Apéndice C describe la revisión realizada y los hallazgos generados. Se identificaron 534 posibles fuentes de protección pasiva para el peatón en base a los términos de búsqueda. Sin embargo, solo 40 fueron relevantes luego de revisar los resúmenes y solo 10 fueron críticamente valorados como de calidad metodológica adecuada. Posteriormente, solo cuatro fuentes probaron brindar estimaciones de efectividad relevantes que podrían aplicarse a la población de los UVV fatalmente heridos y que tenían una calidad adecuada. La revisión de estas cuatro fuentes se puede encontrar en el Apéndice C, Sección C.6.

A diferencia del AEB para los UVV, se tiene una muy buena comprensión de las implicaciones de esta norma para el diseño vehicular ya que las normas se han estado implementando en Europa y Japón por más de diez años. Resultó sorprendente, por lo tanto, descubrir que no se había realizado un análisis retrospectivo formal para determinar la efectividad de la legislación. En su lugar, se identificaron estudios prospectivos. En especial, se obtuvo una investigación europea mostrando la efectividad potencial de las fases de las Directivas de la EC sobre protección al peatón (Hardy *et al.*, 2006). Además, la GTR de la ONU brinda estimaciones de su efectividad a través de Europa y otras regiones del mundo. Esta última información ha sido generada por contribuyentes a los grupos de trabajo informales que desarrollan la GTR y apoyan los valores generales provistos en el preámbulo regulatorio.

Dado que el pronóstico de la efectividad prospectiva de Europa cae en el rango establecido por la GTR se lo utilizó para el modelado. Se justificó un valor de efectividad del 3,9 % para la población de muertes de peatones y 1,4 % para los ciclistas muertos en siniestros de tránsito. Las estimaciones de efectividad alternativa (la más alta y la más baja) se modelan como parte del análisis de sensibilidad (Apéndice D).

Estos valores parecen bajos en comparación con otras tecnologías investigadas en este trabajo. Sin embargo, esto refleja los siguientes puntos:

- no todas las muertes de peatones son causadas por autos;
- no todas las muertes de peatones son causadas por los frentes de los vehículos;
- la norma se concentra en el área central del frente del vehículo;
- la norma excluye los componentes vehiculares que no fueron considerados para ser incluidos (en el momento que se desarrolló la norma, por ejemplo, el borde del parabrisas, el parabrisas y el borde frontal del capó);
- algunas lesiones ocurrirán por contactos secundarios con el piso u otras partes del vehículo u otros vehículos;
- la mejora de los niveles de protección reducirá la gravedad del impacto de un

choque, pero puede no mejorar el resultado (por ejemplo, los choques de gran gravedad probablemente resulten fatales).

La consideración de todos estos aspectos conduce a la baja efectividad establecida en la norma y en los anteriores trabajos de investigación.

2.2.4 Beneficio económico relacionado a las víctimas

En lo que respecta al modelo para ocupantes de vehículos, se utilizó la reducción pronosticada en muertes entre los UVV para estimar el potencial para la reducción de las lesiones graves, siguiendo el enfoque descrito en el Apéndice H. Luego, se utilizó el mismo método de VSL para las víctimas peatones y ciclistas que el aplicado para los ocupantes de vehículos (ver Sección 2.1.4). La Tabla 7 muestra las cifras utilizadas para los cálculos del beneficio económico completados en este paso.

2.2.5 Costos de las normas

En cuanto al modelo para ocupantes de vehículos, hay una disposición en el modelo UVV para explicar los costos asociados a la implementación de AEB para los UVV y los requisitos regulatorios sobre la protección de seguridad secundaria para el peatón.

Discusiones recientes en relación con la revisión de la Norma General sobre Seguridad para la Comisión Europea han derivado el costo de implementación "por vehículo" para el AEB para los UVV (Seidl *et al.*, 2017). Esto se construyó en base a inferencias de un análisis de costos y masa de NHTSA para sistemas de advertencia de choques frontales y sistemas de frenado para vehículos livianos (Ricardo Inc., 2012). El rango de valores derivado para ese estudio fue de €186 a €249 asumiendo que no había un sistema de AEB. **El valor central determina un valor de AEB para UVV de USD 261 por vehículo utilizado en este modelo.**

También se han establecido los costos necesarios de las modificaciones de los vehículos para que cumplan con los requisitos de protección al peatón para ONU GTR Nº. 9 mediante un estudio de desglose de la NHTSA (*Waltonen Engineering*, Inc., 2014). El costo básico fue de alrededor de USD 300 por vehículo (en dólares 2012). Luego de la inflación y el descuento del efecto de aprendizaje, **el costo utilizado para las medidas de protección pasiva para el peatón fue de USD 258 por vehículo.**

2.2.6 Modelo de costo-beneficio

Para el modelo UVV se utilizó el mismo modelo que para el ocupante de vehículo para comparar las estimaciones de costo y beneficio y brindar una relación de costo-beneficio.

También se utilizó un proceso similar para investigar la sensibilidad de los resultados del modelo para las variaciones en los insumos y los supuestos para generarlos.

3 Datos centrales

Esta sección presenta la información utilizada para el modelado; resume las tendencias actuales en la población (Sección 3.1), las muertes en siniestros de tránsito (Sección 3.2) y el parque automotor (Sección 3.5) para cada país. También resume los desarrollos en seguridad vehicular de grupos específicos de usuarios (Sección 3.2) y los cambios recientes en la legislación de seguridad vehicular.

3.1 Datos de población

La Figura 5 muestra cómo ha cambiado la población de cada país entre 1950 y 2015.

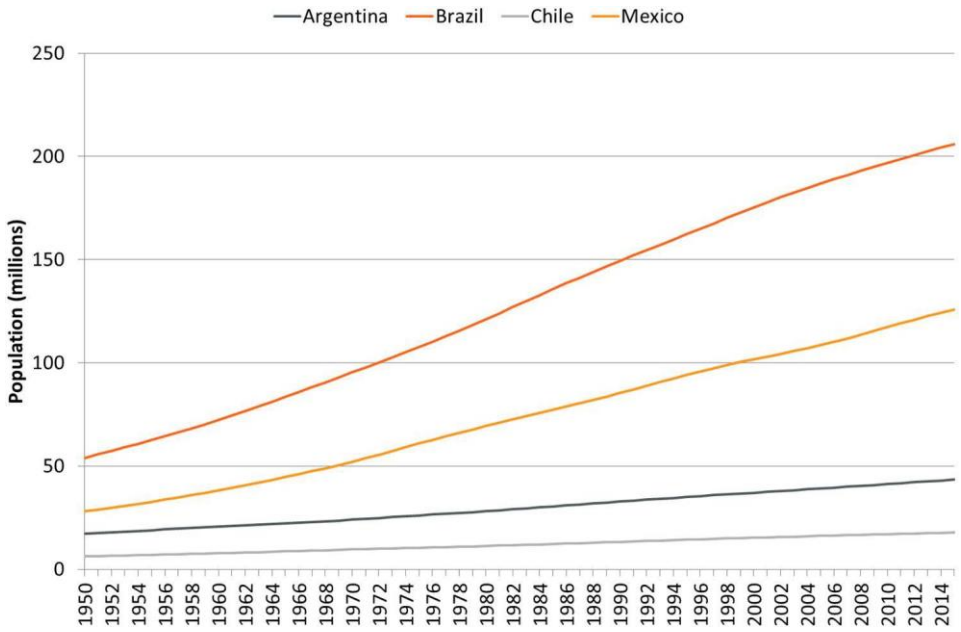


Figura 5: Población de Argentina, Brasil, Chile y México, 1950-2015

(Naciones Unidas, División Población, 2017)

En los cuatro países la población se ha más que duplicado entre 1950 y 2015 y en México, la población aumentó más de cuatro veces (28 millones contra 126 millones). La tasa de crecimiento en los cuatro países ha disminuido en los últimos años con un aumento anual desde 2014 hasta 2015 del 1,0 % en Argentina, 0,9 % en Brasil, 0.8 % en Chile y 1,3 % en México.

La ONU realiza un rango de proyecciones para el crecimiento poblacional, basado en diferentes supuestos sobre las tasas de fertilidad, mortalidad y migración. En base a las tendencias actuales se han seleccionado las siguientes variables como la mejor opción en cada país:

- Argentina y México: variante media (por ejemplo, tasa de fertilidad media[23],

[23] Se definen los países de fertilidad media como aquellos en que la fertilidad ha ido en descenso, pero cuyo nivel se encuentra por encima del nivel de reemplazo de 2,1 niños por mujer en el período 2005-2010. En el período 2005-2010 Argentina tenía una tasa de 2,35 y México de 2,29.

mortalidad y migración normales);

- Brasil y Chile: variante baja (por ejemplo, tasa de fertilidad baja[24], mortalidad y migración normales).

Se pueden encontrar todos los detalles para estas tres variantes en "*Las perspectivas de la población mundial Revisión 2012*" (Naciones Unidas, 2013). Se modelaron otras variantes como parte del análisis de sensibilidad (Ver Apéndice D).

La Figura 6 muestra el crecimiento demográfico pronosticado para cada país bajo estas variantes.

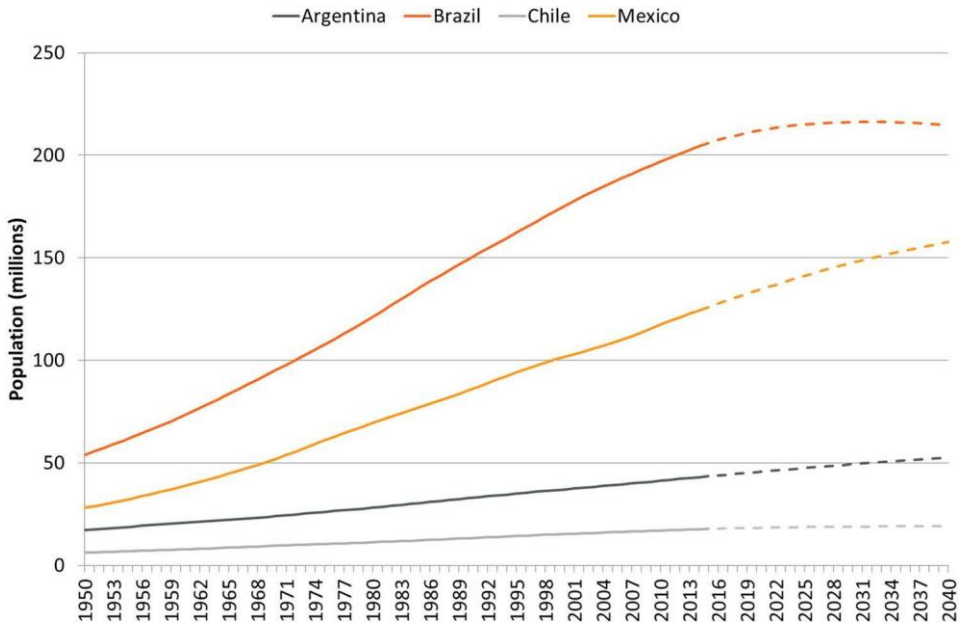


Figura 6: Población futura de Argentina, Brasil, Chile y México, 1950-2040 (Naciones Unidas, División Demografía, 2017)

3.2 Datos de muertes en siniestros viales

Hay muchas definiciones a nivel mundial en relación a cómo contabilizar las muertes. Por ejemplo, en los cuatro países latinoamericanos estudiados en este proyecto, las definiciones son las siguientes:

- Argentina: muerte dentro de los 30 días posteriores al choque;
- Brasil: muerte en cualquier momento luego del choque (como resultado de lesiones);
- Chile: muerte dentro de las 24 horas posteriores al choque;
- México: muerte en cualquier momento luego del choque.

La definición "oficial" ampliamente reconocida es la muerte dentro de los 30 días posteriores al choque y hay 100 países en el mundo que adoptan actualmente esta práctica (OMS, 2018).

[24] Se definen los países de fertilidad baja como aquellos con una fertilidad total con un nivel de reemplazo igual o menor a 2,1 niños por mujer en el período 2005-2010. La cifra para Brasil fue de 1,78 y para Chile de 1,82.

Como resultado de las diferencias en estas definiciones, los datos de muertes informadas en distintos países no son directamente comparables sin algunos ajustes. Para el objetivo de este estudio, la información de muertes de Brasil, Chile y México ha sido ajustada para presentar números de muerte a los 30 días. Los factores de ajuste utilizados son 0,97 para Brasil y México, 1,30 para Chile (Iaych, n.d). La Figura 7 muestra cifras de siniestros de tránsito ajustadas para cada país. En los casos en que existía información nacional, se utilizaron distintas fuentes de información para complementar los informes de la Organización Mundial de la Salud y el Foro Internacional de Transporte de la OCDE de manera de obtener tanta información como sea posible para el análisis de tendencias.

La comparación de los datos disponibles del último año con 2005 muestra que el número de muertes ha aumentado en todos los países. El mayor aumento se registró en Brasil (22 %) y Argentina (20 %) y hubo aumentos relativamente pequeños (1 %) tanto en Chile como en México.

Los cuatro países tienen poblaciones muy diferentes (como se muestra en la Figura 6) y por lo tanto es importante considerar estas diferencias para comparar los números de muertes. La Figura 8 muestra cómo se compara la tasa de muertes cada 100 000 habitantes en los cuatro países.

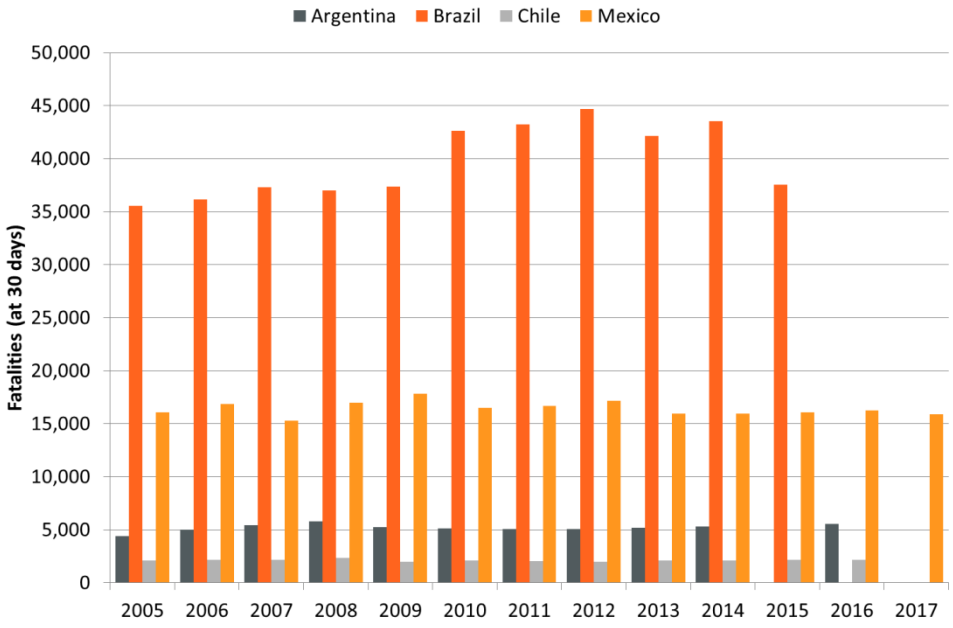


Figura 7: Número de muertes en siniestros de tránsito (a los 30 días) en Argentina (OCDE/ITF, 2017a), Brasil (OMS, 2016), Chile (CONASET, 2017) (OMS, 2018) y México (INEGI, 2017), 2005-2017 (en caso de existir información disponible)

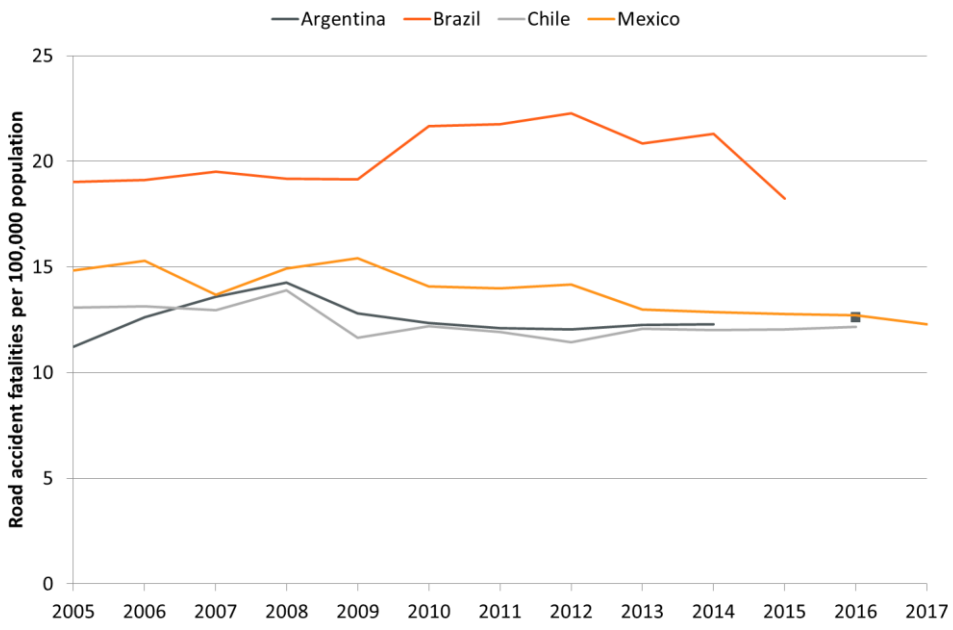


Figura 8: Muertes por siniestros de tránsito cada 100 000 habitantes en Argentina, Brasil, Chile y México, 2005-2017 (en caso de existir información disponible)

Brasil tiene la tasa de muertes cada 100 000 habitantes más alta y esta cifra ha ido en aumento en los últimos años, hasta 2015, año en que se produjo una disminución comparado con 2014. Las tasas de muertes para los otros tres países son similares (alrededor de 120-130 por millón de habitantes) y han permanecido relativamente constantes desde aproximadamente 2010.

La Figura 9 muestra la distribución de muertes por tipo de usuario de las vías. La distribución de muertes difiere sustancialmente por país, aunque las muertes de ocupantes de vehículos son un grupo relativamente grande, especialmente en Argentina y Chile. Argentina y Brasil tienen un gran número de motociclistas (30 % y 28 % respectivamente) y la bibliografía sugiere que la seguridad en motocicletas es una preocupación creciente en América Latina.

- En Argentina la flota de motocicletas se ha más que duplicado en 5 años, y el número de motociclistas muertos ha aumentado en 46 % desde 2010 a 2014. Desde 2012 se ha priorizado la interacción segura entre peatones, ciclistas y motociclistas en áreas urbanas (OCDE/ITF, 2016). En estas condiciones es probable que las medidas de mejora de seguridad transferibles al grupo de motociclistas sean especialmente valiosas.
- Chile muestra una tendencia similar: desde 2010 el número de motociclistas muertos ha aumentado en más de 45 % mientras que el número de birrodados motorizados aumentó en 64 %. En 2014, el gobierno lanzó un plan nacional para mejorar la seguridad de los motociclistas (OCDE/ITF, 2016).
- Un estudio en Pelotas, al sur de Brasil, mostró que, aunque el uso de motocicletas está ampliamente difundido en la población, 40 % de los usuarios entrevistados informaron no utilizar de manera adecuada la correa del casco. Sin embargo, a pesar de estos hallazgos, se concluye que este aumento en el número de motocicletas no ha sido acompañado por políticas públicas centradas en ellas (Seerig *et al.*, 2016).
- En México, entre 2010 y 2015, el número de motociclistas muertos aumentó en más

del 79 %. Esto se alinea con el aumento del 78 % en el número de birrodados motorizados durante el mismo período (*Statistica*, 2017). Podría ser que el descenso en el uso de autos y muertes de ocupantes de vehículos haya estado acompañado por un aumento concomitante en el uso de motocicletas y muertes de motociclistas.

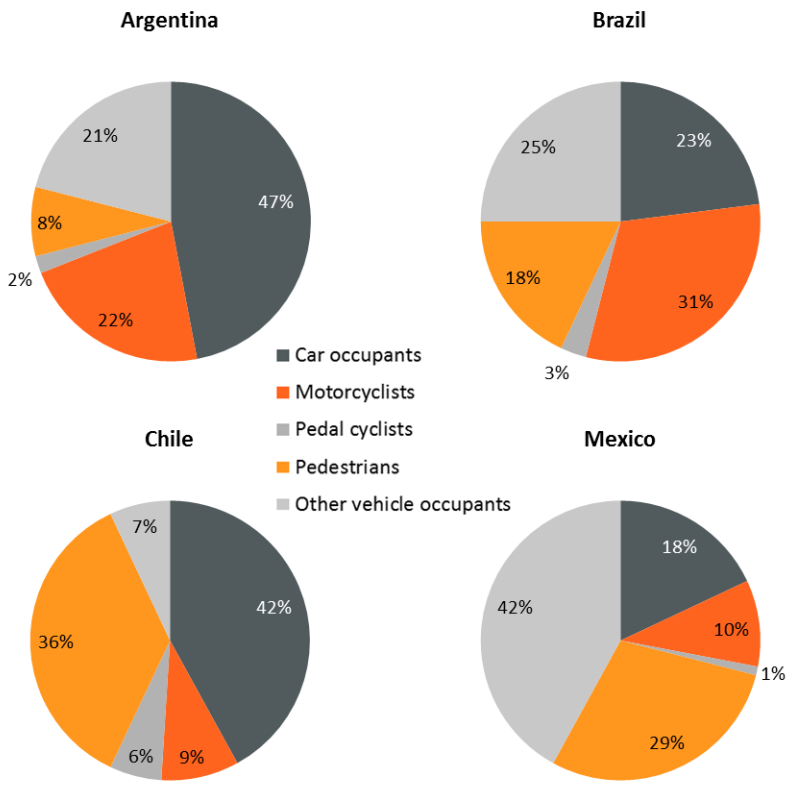


Figura 9: Distribución de muertes en siniestros de tránsito por tipo de usuario en Argentina, Brasil, Chile y México, 2016 (OMS, 2018)

Al compararse con los otros países, la Figura 9 muestra que Chile y México tienen una alta proporción de muertes de peatones (36 % y 29 % respectivamente). En Argentina, el número de peatones muertos ha aumentado en más del 72 % desde 2010; los aumentos en el número de vehículos y la falta de políticas específicas enfocadas en este grupo son factores influyentes en esta tendencia (OCDE/ITF, 2016).

Los ciclistas constituyen una pequeña proporción del total de las muertes (6 % en Chile, aunque un número menor en otros países). El Informe Anual de Seguridad Vial de la OCDE/ITF (2016) subraya que el ciclismo está ganando popularidad en Chile y en respuesta a este crecimiento la Comisión Nacional del Seguridad de Tránsito (CONASET) ha implementado varias campañas de concientización.

En Brasil y México hay una gran proporción de muertes en siniestros de tránsito denunciadas como “Otros ocupantes de vehículos”. Para México se determinó que la categoría “otros” (42 %) incluyera los conductores y pasajeros de ómnibus y camiones, así como la asignación de un 42 % a “otro transporte vial” (INEGI, 2017). Dado que no está claro a qué usuario vial

asignarlas, estas muertes fueron redistribuidas proporcionalmente dentro del modelo entre otras categorías (para Brasil y México).

3.3 Desarrollos en seguridad vial

Hay varios factores que afectan la seguridad vial en cada país incluidos los desarrollos de infraestructura, la extensión de carreteras en contraposición al manejo en ciudad, las iniciativas de seguridad vial (por ejemplo, educación, cambios a las leyes o el nivel de fiscalización), los cambios al nivel de exposición al riesgo de choque, la economía y cambios en la flota/seguridad vehicular. Esta sección (y las siguientes Secciones 3.4 sobre la economía y 3.5 sobre el parque automotor/seguridad vehicular) resalta algunos de los desarrollos recientes en cada país que pueden haber influido las tendencias de víctimas consideradas en la Sección 3.2.

Los desarrollos en infraestructura incluyen (OCDE/ITF, 2017a):

- En Argentina, la Agencia Nacional de Seguridad Vial (ANSV) supervisó, desde 2011, un total de 37 855 kilómetros de carreteras para determinar su nivel de riesgo. La ANSV trabaja actualmente junto con la Dirección Nacional de Vialidad (DNV) en la realización de auditorías y la supervisión de secciones de carreteras que en su momento permitirán la implementación de mejoras de seguridad.
- En Chile, existe en la actualidad una mayor concentración vehicular en las principales ciudades y como resultado se produce un aumento en la congestión especialmente en las horas pico. Se está desarrollando infraestructura y construyendo alternativas de transporte público para su mitigación.
- En 2015/16 se llevó a cabo un análisis para evaluar el desempeño y condición de la red federal de autopistas en México utilizando la metodología del Programa Internacional de Evaluación de Carreteras (iRAP). Esto resultó en el desarrollo de un plan de inversión para carreteras más seguras. El Proyecto iRAP México ha ayudado a atender importantes problemas de seguridad vial e identificar soluciones apropiadas (por ejemplo, señales de tránsito en postes verticales y marcas en la carretera). Se están realizando importantes proyectos de mejora de infraestructura incluida la instalación de barreras protectoras, mejoras en las intersecciones, puentes para peatones, paradas de ómnibus, marcas en las carreteras y escapes de emergencia para vehículos despistados.

Otras iniciativas viales (las listadas se relacionan específicamente con Chile) incluyen (OCDE/ITF, 2017a):

- cambios a los procedimientos del permiso de conducir en 2014, con nuevos exámenes teóricos y prácticos;
- la adopción en setiembre de 2014 de la “Ley Emilia” que incrementa la severidad del castigo para conductores ebrios responsable de lesiones graves o muertes;
- En agosto de 2015, el Ministro de Transporte y Telecomunicaciones presentó un proyecto de ley al Congreso que propone la reducción del límite de velocidad urbano de 60 a 50 km/h llevando el límite de velocidad en estas áreas al mismo que la mayoría

de los países IRTAD.

A pesar de esto, Chile tiene uno de los límites de velocidad más altos de los países latinoamericanos; ver Tabla 9.

Tabla 9: Límites de velocidad para autos de pasajeros, 2017 (km/h) (OCDE/ITF, 2017a)

País	Áreas urbanas	Caminos rurales	Carreteras
Argentina	40-60 (Ciudad de Buenos Aires límite de velocidad en un rango de 20 a 70 km/h)	110	120-130
Brasil	desconocido	desconocido	desconocido
Chile	60 (se propone 50)	100	120
México	10-80	50	110 (100 en carreteras de alta velocidad)

Además, desde 2009 en México, la agencia de salud ha promovido y fortalecido una acción estratégica contra la conducción bajo los efectos del alcohol con cuatro veces más puntos de control en 2016 que los establecidos en 2010 (OCDE/ITF, 2017a).

La Tabla 10 resume las diferencias en las normas de conducción bajo los efectos del alcohol (contenido de alcohol en sangre, CAS), normas de cinturón de seguridad, leyes de casco y celulares para cada país, en resumen:

- Brasil, seguido por Chile, tiene las normas más estrictas en cuanto a la conducción bajo los efectos del alcohol (y las mayores penas).
- Se han implementado normas de cinturones de seguridad para pasajeros delanteros y traseros en todos los países, aunque las tasas de uso tienden a variar (tanto por país como por posición), todas son menores a las observadas en Gran Bretaña (98 % para conductores, 96 % para pasajeros delanteros y 81 % para adultos en posiciones traseras en 2014 (DfT, 2015).
- Las leyes de uso del casco se aplican típicamente a los motociclistas (aunque no a los conductores de ciclomotores en Chile), aunque eso no se puede decir respecto de los ciclistas.
- El uso de teléfonos celulares (sin manos libres) al conducir es ilegal en los cuatro países.

Finalmente, la bibliografía revela algunos hechos específicos sobre las estrategias de seguridad vial en los cuatro países que brinda un contexto útil para este estudio (OCDE/ITF, 2016):

- El Plan de Seguridad Vial de Argentina se basa en los pilares recomendados por la Década de Acción para la Seguridad Vial de la ONU; se están desarrollando las metas de seguridad vial.
- El gobierno chileno ha lanzado una ambiciosa agenda de desarrollo que es la base para

alcanzar el objetivo final de lograr la condición de país de altos ingresos para 2018. El gobierno desarrolla actualmente una nueva Estrategia de Seguridad Vial Nacional que se basará en los cinco pilares del Plan Global de la Década de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020.

- En 2011 México lanzó su Estrategia Nacional de Seguridad Vial 2011-20. Su meta principal es reducir en un 50 % el número de muertes y reducir las lesiones y discapacidades por siniestros de tránsito tanto como sea posible.
- En Brasil, aunque hay varios planes temáticos, no existe una estrategia de seguridad vial nacional (OCDE/ITF, 2017b)

Tabla 10: Normas de conducción consumo de alcohol, cinturones, leyes de cascos y celulares por país (tasas de uso en caso de estar disponibles)

	Norma conducción bajo efectos del alcohol CAS (g/l) (OCDE/ITF, 2017b) [CEA conductores profesionales (OCDE/ITF, 2017a)]	Opciones de pena por conducción bajo efectos del alcohol (OCDE/ITF, 2017b)	Año de norma de cinturón de seguridad Ley (OCDE/ITF, 2017b) [tasa de uso, última información (OCDE/ITF [2017a] o [2017b])]		Ley (OCDE/ITF, 2017b) de casco *[tasa de uso, última datos* [2017a] o [2017b])]		Ley uso de celulares (prohibido en la mano) (OCDE/ITF, 2017b)
			Asiento delantero	Asiento trasero	Motociclistas	Ciclistas	
Argentina	≥ 0.5 *[>0.0 (nada por encima de 0.0 para conductores profesionales]*	multa de $250-1200 (variable de acuerdo precio de gasolina) Hasta 12 h de prisión	1995 *[50 % conductores en 2016]*	1995 *[23 % in 2016]*	Sí (ciclomotores y motos) *[65 % conductores, 44 % primeros pasajeros, 22 % pasajeros adicionales en 2016]*	No	1995
Brasil	Entre 0 y 0,6	Multa de $930-1860 12-24 meses sin licencia Incautación de vehículo	1997 *[79 % en 2013]*	1997 *[50 % en 2013]*	Sí (para ciclomotores y motocicletas) *[83 % para conductores, 80 % para pasajeros en 2013-14]*	desconocido	1997
	≥ 0,6	Multa $930-1860 Incautación hasta de por vida de licencia 6 meses a 3 años prisión Incautación vehículo					
Chile	Entre 0 y 0,3	Multa de $65-300 3 meses de incautación de licencia	1991 *[76 % conductores, 59 % pasajeros en 2015]*	2002 *[14 % en 2015]*	No (para ciclomotores) Sí (para ciclomotores) *[99 % para conductores, 98 % para pasajeros en 2016]*	Sí, en zonas urbanas	2005
	≥0,3	Multa de $500-1200 Incautación licencia de por vida 3 a 10 años de prisión					
México	≥ 0,8 *[> 0,3 - puede variar por estado]*	Multa de $40-2000 12-32 horas de prisión Arresto administrativo (en algunas áreas)	2012 para carreteras urbanas & 2015 para carreteras federales *[54 % en 2016]*	2012 para carreteras urbanas & 2015 para carreteras federales *[21 % en 2016]*	Sí (para ciclomotores en 26/32 estados federales) Sí (para motocicletas) *[82 % para conductores, 57 % para pasajeros en 2014]*	No	2003

3.4 La economía

Es bien sabido que la economía influye sobre la seguridad vial (Wegman *et al.,* 2017 & IRTAD/OCDE/ITF, 2015). Wegman *et al.* (2017) investigó los mecanismos causales para la reducción de víctimas en siniestros fatales en los países de la OCDE durante la recesión económica que comenzó en 2008. Esta investigación concluye que los mecanismos principales responsables de las reducciones observadas son una disminución desproporcionada de conducción entre los conductores de alto riesgo (en especial los jóvenes) y una reducción en la tasa de muertes por kilómetro de viaje probablemente relacionada con el comportamiento del conductor. Sin embargo, otros mecanismos plausibles incluyen: cambios en el volumen del tránsito, reducciones en la venta de autos nuevos y cambios en los gastos en infraestructura vial (IRTAD/OCDE/ITF, 2015).

La medida más ampliamente reconocida de la economía de un país es el Producto Bruto Interno (PBI). La Figura 10 muestra cómo esta medida ha cambiado en cada país en el período 1960-2016.

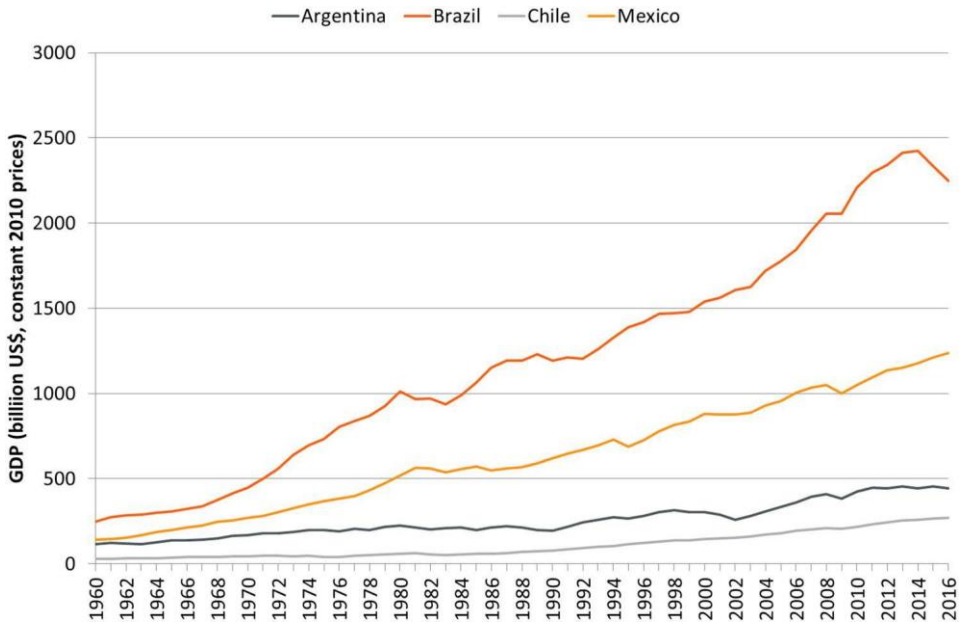


Figura 10: PBI (en USD 2010) en cada país (1960-2016) (Grupo del Banco Mundial, 2018)

En los cuatro países el PBI ha ido en aumento, pero en los últimos años ha caído para Brasil con la entrada en un período de recesión. La recesión terminó en 2017 (*Financial Times*, 2017) y se prevé que el PBI continúe creciendo en los cuatro países (Figura 11). Se ha calculado el pronóstico del PBI utilizando las cifras estimativas del Banco Mundial hasta 2020. Se calculó la media geométrica de la tasa de crecimiento entre 2000 y 2020 y se la utilizó como la tasa de crecimiento constante desde 2020-2030. Esto describe el método de cálculo adoptado para este estudio, aunque se reconoce que existen otras proyecciones económicas centradas en diferentes puntos en el futuro y que pueden ser algo diferentes en el período hasta 2030.

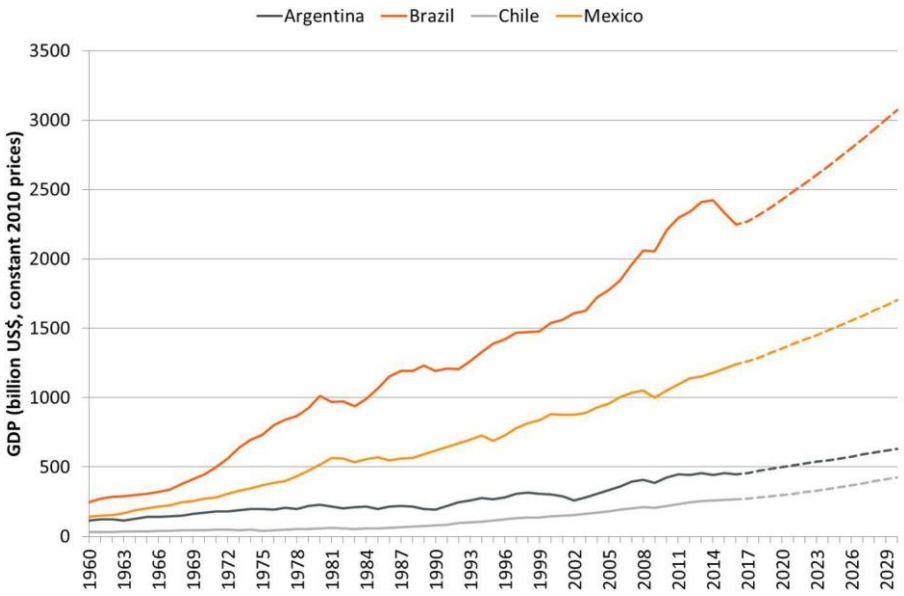


Figura 11: El pronóstico del PBI (en USD 2010 constantes) en cada país (1960-2030) (calculado con información del Grupo del Banco Mundial, datos 2018 desde 1960-2016)

3.5 Parque automotor y seguridad vehicular

3.5.1 Vehículos registrados

La Figura 12 muestra el número total de autos registrados en cada uno de los cuatro países entre 2005 y 2015.

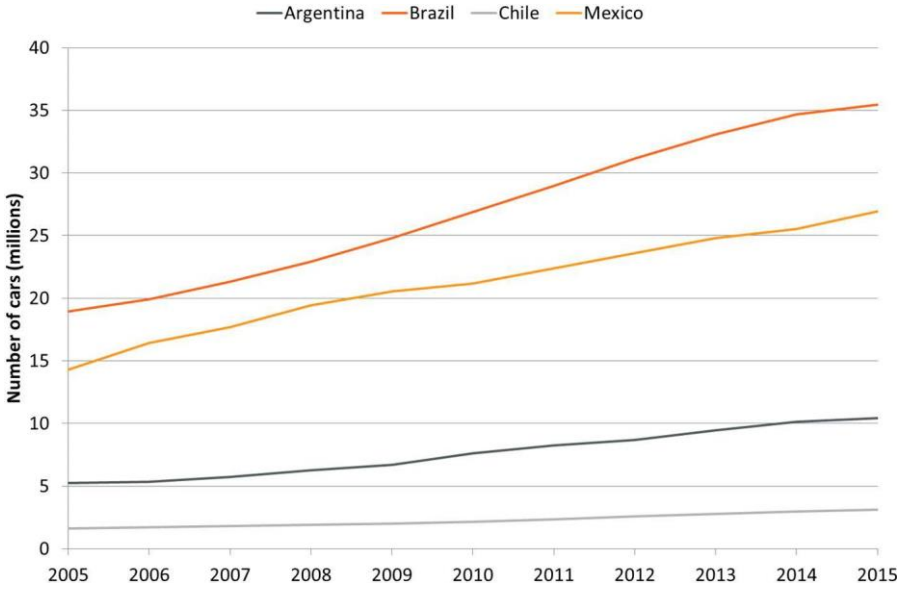


Figura 12: El número de autos registrados en Argentina, Brasil, Chile y México, 2005-2015 (OICA, 2017)[25]

[25] Nótese que las cifras para Argentina y Brasil no coinciden con las presentadas en el informe del ITF para América Latina (OCDE/ITF, 2017b). Sin embargo, dado que dicho informe solo brinda una única estimación del número de autos de pasajeros (2013) y ninguna información sobre los registros de autos nuevos, se decidió utilizar las cifras de la OICA para este análisis. Se ha estudiado el efecto de aumentar las cifras de Argentina y Brasil para alinearlas con las estimaciones del ITF para 2013 como parte del análisis de

La tendencia muestra que el número de vehículos prácticamente se ha duplicado en los cuatro países en los últimos 11 años.

Al combinar esta información con la tendencia demográfica podemos ver que la tasa de motorización (autos por habitantes) aumenta en los cuatro países (Figura 13).

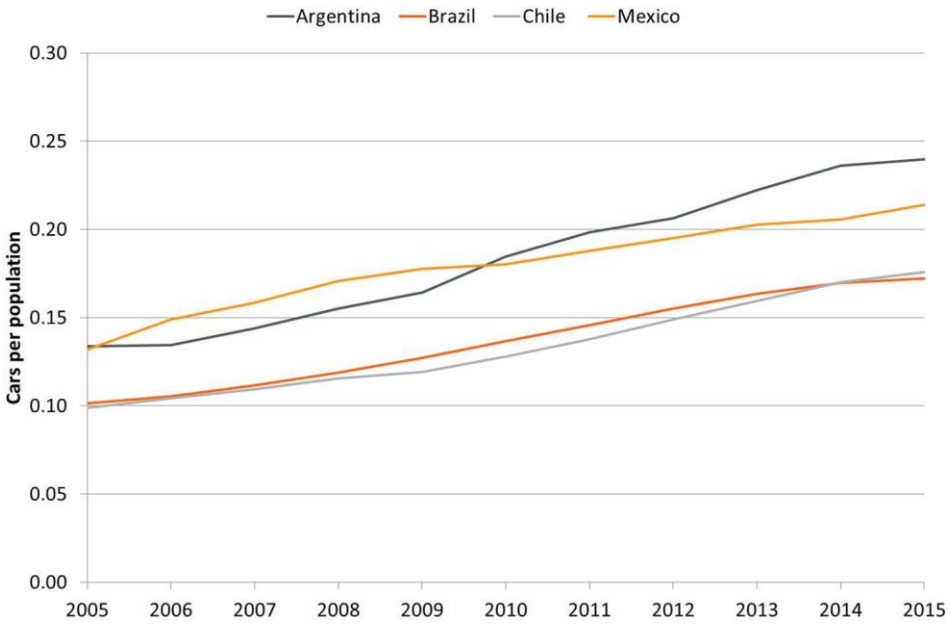


Figura 13: Tasa de motorización (autos por habitantes) en Argentina, Brasil, Chile y México, 2005-2015

Además de examinar la tendencia de los autos registrados, es importante entender cómo los autos nuevos ingresan al parque automotor para así comprender sus cambios. La Figura 14 muestra el número de autos nuevos vendidos en cada uno de los países entre 2005 y 2016.

sensibilidad (Apéndice D).

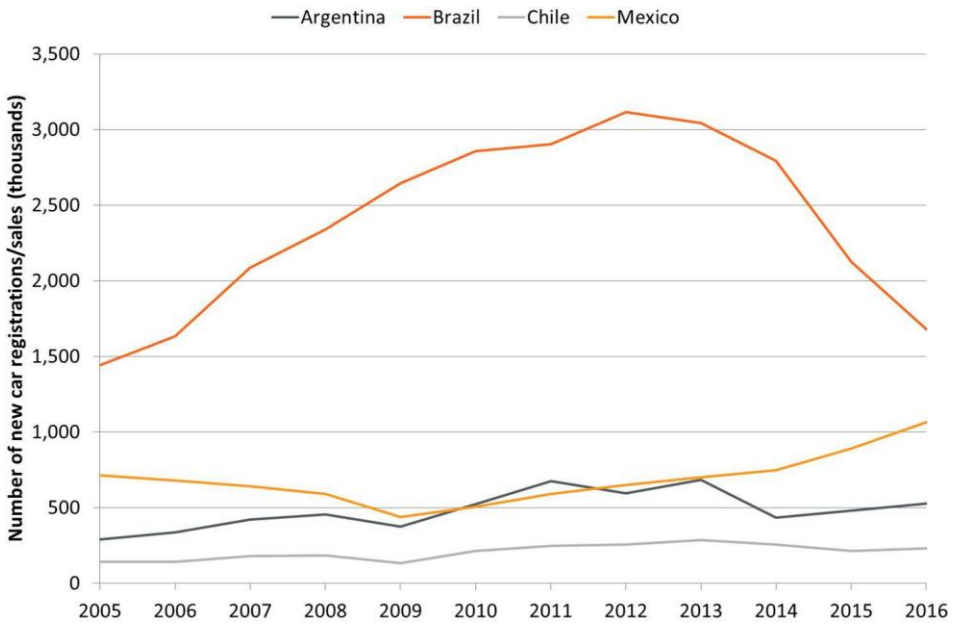


Figura 14: Ventas de autos nuevos en Argentina, Brasil, Chile y México, 2005-2016 (OICA, 2017)

En 2014 se produjo una gran reducción en las ventas en Brasil a causa de la crisis económica (ver Sección 3.4). En Chile, Argentina y México, las ventas de autos han aumentado gradualmente.

Si se tiene en cuenta el número de ventas de autos nuevos anual en cada país y el cambio año a año en el número de vehículos registrados, pareciera que los vehículos removidos de la flota cada año son relativamente pocos. Las bajas tasas de equipamiento de la flota con sistemas de ESC y los sistemas de protección para los UVV en el período considerado para la implementación regulatoria, permitió suponer que unos pocos vehículos "equipados" dejarían la flota cada año y que el equipamiento aumentaría aproximadamente en el número de autos nuevos vendidos en cada país.

3.5.2 Importaciones y exportaciones

Los vehículos no siempre se producen y venden en el mismo país:

- algunos vehículos se fabrican y venden en el mismo país (lo que se denomina vehículos "domésticos");
- otros vehículos se fabrican en un país y luego se exportan a otros países (ya sea dentro de América Latina o fuera de ésta);
- algunos vehículos se fabrican en otros países y luego se importan a América Latina.

Hay poca información sobre el número de vehículos en cada categoría en los cuatro países. Sin embargo, en Brasil en 2013, se estimó que el 83 % de los vehículos se produjo en el país y el 17 % restante fue importado. Además, en 2013 Brasil proveyó más de la mitad de los vehículos en América Latina; esto se redujo en 2014 tras la recesión, pero Brasil sigue siendo uno de los cinco mayores fabricantes mundiales de autos (Posada y Facanha, 2015).

En Chile, la situación es la opuesta: el suministro de vehículos para el mercado chileno se produce, en su totalidad, a través de la importación (BBVA, 2012). Corea del Sur es la fuente principal de autos nuevos vendidos en el mercado local desde 2013, nuevos proveedores han penetrado el mercado desde China e India lo cual ha incrementado el número de opciones accesibles a los consumidores y generado un crecimiento en los segmentos de bajo precio (BBVA, 2013).

El origen de los vehículos utilizados en cada país es importante si se asume que tanto la región de origen como la final tienen requisitos regulatorios. Si una línea de producción produce vehículos para dos regiones diferentes, entonces puede ser que los vehículos cumplan con los requisitos de ambas. Sin embargo, si una línea independiente de producción dirige vehículos solo a un país o región entonces los requisitos para esos vehículos pueden ser menores teniendo que satisfacer solo las estipulaciones de venta dentro de ese país o región.

A modo de ejemplo, los autos producidos en América Latina que se basan en vehículos europeos tendrán un perfil y forma del frente (con componentes y estructuras específicos para absorber energía) capaz de satisfacer los requisitos de protección al peatón. Sin embargo, no hay requisitos de protección al peatón para los vehículos producidos para el mercado de EE. UU. Por lo tanto, los beneficios de protección al peatón para la exportación a América Latina pueden variar si se comparten diseños con vehículos para los mercados de Europa o EE. UU. En este ejemplo, el mercado de vehículos de EE. UU. no cumpliría con los requisitos.

Argentina (Servicio Comercial de EE. UU., tercera edición)

- Controles recientes han dificultado las exportaciones de bienes de cualquier país a Argentina ya que el gobierno argentino ha incrementado el número de procesos que los importadores deben completar para importar bienes al país.
- En el mercado interno, se espera que las ventas también disminuyan, debido a la reducción en el número de autos autorizados para la importación, junto con los impuestos internos a vehículos de alto costo.

Brasil (Servicio Comercial de EE. UU., tercera edición)

- La demanda interna de automóviles ha aumentado drásticamente en los últimos años, de 1,6 millones en 2005 a 3,8 millones en 2013, debido a que los programas de gobierno y la estabilidad económica aumentaron el gasto de los consumidores y permitieron el ascenso de grandes proporciones de la población en el mercado consumidor. La disponibilidad de crédito y los incentivos del gobierno al sector automotriz fueron también esenciales para el crecimiento del mercado.
- Dada la importancia de la industria automotriz para la economía brasilera, su capacidad de creación de puestos de trabajo y la influencia política de los Fabricantes de Equipos Originales, las políticas gubernamentales han protegido tradicionalmente a la industria automotriz interna de la competencia internacional. Como ejemplo, en 2011 el Ministerio de Industria, Comercio y Comercio Internacional de Brasil, aumentó

los impuestos a los automóviles de las zonas[26] externas al Mercosur en 30 por ciento. En algunos casos, el aumento en el IPI (impuesto a las ventas), el 35 por ciento de impuestos a la importación e impuestos relacionados, aumentaron el precio de autos importados en más del 100 por ciento. El efecto de los precios más altos se refleja en la reducción del 35,2 por ciento en las ventas de autos importados en 2012 y 13,4 por ciento en 2013, luego de haber alcanzado un nivel récord de 853 000 unidades en 2011. Las ventas de las marcas chinas Chery y JAC, así como la coreana KIA fueron las más perjudicadas. Por otro lado, las compras internas de modelos lujosos tales como BMW, Land Rover y Audi aumentaron en 30 por ciento en 2013. Es importante notar que las estadísticas de importación no incluyen compras de países del Mercosur y México con quienes Brasil tiene acuerdos de libre comercio, así como importaciones de OEM (Fabricantes de Equipamiento Original, por sus siglas en inglés) que tienen plantas de fabricación en Brasil.

Chile (Servicio Comercial de EE. UU., tercera edición)

- Chile no produce ni ensambla vehículos. Ya que no hay producción local significativa de autopartes (solo un 10 por ciento), casi todas las partes de vehículos y accesorios son importados.
- Chile tiene una tarifa única del 6 por ciento a la importación. Sin embargo, como el Acuerdo de Libre Comercio entre EE. UU. y Chile (FTA) concluye su décimo año, los productos y servicios comercializados continúan siendo un éxito rotundo. El FTA se firmó e implementó el 1 de enero de 2004 y los impuestos se han reducido a cero en el 99 por ciento de las exportaciones de EE. UU. a Chile con todas las tarifas remanentes eliminadas en 2015.

México (Servicio Comercial de EE. UU., tercera edición)

- México espera captar USD 230 millones en inversión automotriz. Las plantas de ensamblaje que producen partes nuevas requieren actualmente que sus proveedores estén tan cerca como sea posible para reducir los volúmenes de inventario y facilitar la entrega a tiempo. El cambio ha forzado a muchos proveedores estadounidenses primarios y secundarios a moverse localmente para producir a menores costos, reducir los gastos de transporte y manipulación y entregar las partes y componentes rápidamente.

- México permanece como el octavo productor mundial de vehículos con 2,9 millones de autos. Es también el quinto mayor productor mundial de autopartes con 75 mil millones de dólares. La mayoría de las exportaciones de México van a EE. UU. (73 %), Canadá (6,7 %), Alemania (5,7 %), Brasil, Reino Unido (ambos 2,3 %), Argentina (1,5 %), etc. Las recientes inversiones de los fabricantes de vehículos establecidos y nuevos OEM han aumentado las oportunidades comerciales en todo el país.

[26] La zona de comercio del "Mercosur" comprende cinco estados miembros soberanos: Argentina, Brasil, Paraguay, Uruguay y Venezuela (suspendida desde diciembre de 2016); y la recientemente incorporada, Bolivia (desde el 17 de julio de 2015).

3.5.3 *Tipos y antigüedad de los automóviles*

Además de las tendencias anteriormente examinadas, la bibliografía reveló algunos hechos específicos sobre el crecimiento de los vehículos y la composición en los cuatro países lo cual brinda un contexto útil para este estudio. Las siguientes viñetas brindan un resumen de estos hallazgos:

- Por muchos años Brasil incentivó las ventas de autos con motor 1.0 que se volvieron la marca de la industria automotriz en 1990 alcanzando el 70 % de las ventas en 2001. Esta proporción de autos con motor 1.0 ha disminuido desde entonces (alcanzando 36 % en 2013) a favor de los vehículos de tamaño medio con motores más grandes. Hay una creciente demanda de vehículos más grandes tales como SUV. Sin embargo, en comparación con otras regiones (incluidos Europa y EE. UU), el parque automotor brasileño es todavía típicamente menor en tamaño, más liviano y menos potente (Posada y Facanha, 2015).
- Chile enfrenta un problema comparable con el de Brasil donde hay un desafío de satisfacer la demanda de vehículos más grandes tales como los SUV (BBVA, 2013).
- En promedio, los autos en Chile tienen alrededor de 9,5 años, lo que convierte a Chile en uno de los países con el parque automotor más nuevo en la región. Sin embargo, el 11 % de los vehículos tiene más de 20 años (Mazzucco, 2015) mostrando que los autos más viejos están aún a un nivel comparable con otras regiones (por ejemplo, el valor equivalente en el Reino Unido es de 1 % [DVLA], 2016).
- En México, la edad promedio del parque automotor se estima en 16 años (PwC, 2014).
- En Argentina, la edad promedio de los vehículos era de 13 años en 2014, una reducción significativa de los 18,5 registrada en 2011 (Servicio Comercial de EE. UU., Tercera edición). Esta transformación radical se logró con ayuda del gobierno argentino que brindó financiamiento para la compra de autos nuevos, mediante, por ejemplo, el préstamo de hasta el 80 por ciento del dinero (Gilbert, 2014).
- En Brasil, la edad promedio de los vehículos ha comenzado a crecer nuevamente debido a la baja significativa en las ventas. Incluidos los autos para pasajeros, los vehículos utilitarios livianos, camiones y ómnibus, la edad promedio del parque automotor en 2016 era de casi 9 años (Valour Internations, 2016).

La antigüedad de los vehículos en el parque automotor y la distribución de los tipos de vehículos en los segmentos del mercado son importantes ya que influyen en la capacidad de las tecnologías instaladas de propagarse en la flota. En el caso de la incorporación voluntaria, por ejemplo, la incorporación del ESC en Europa comenzó con los autos más grandes y costosos, los segmentos de lujo y ejecutivo. Se produjo, luego, una propagación a los segmentos de autos grandes y medianos (compactos). Por último, se produjo la incorporación en los autos de menor tamaño y más económicos, los pequeños y mini, pero en muchos países la incorporación voluntaria en estos segmentos fue muy limitada. Por lo tanto, es improbable que la incorporación voluntaria se produzca en todos los vehículos, en todos los segmentos y no se logrará sin intervención legislativa.

3.5.4 Desarrollos en seguridad vehicular

Argentina

- En 2011 se alcanzó un acuerdo con los fabricantes e importadores de autos para cumplir con los estándares europeos para vehículos nuevos vendidos en Argentina (por ejemplo, desde enero de 2014, cada auto nuevo debía tener Sistema de Frenos Antibloqueo y airbags). También se firmó un nuevo acuerdo en 2014 entre los fabricantes de autos y el Ministerio de Industria para hacer obligatorio el sistema de Control Electrónico de Estabilidad en todos los vehículos nuevos a partir de 2018 (OCDE/ITF, 2015). Sin embargo, esto no ha sucedido y se ha pospuesto por lo menos hasta 2020 (Cars Magazine, 2018).
    - Nótese que los airbags no son obligatorios en Europa, tampoco lo son, estrictamente hablando, necesarios para cumplir con las normas de protección ante impactos, la 94 y 95 de la ONU. Más aún, si bien los airbags han demostrado ser extremadamente efectivos en reducir las lesiones en caso de choque (Kahane, 1996), las evaluaciones se han vinculado a la introducción de un procedimiento de ensayo de choque. Por lo tanto, la evidencia es que es el airbag en combinación con el resto de los sistemas de retención lo que brinda el beneficio, no el airbag en sí mismo.
- La Agencia Nacional de Seguridad Vial propone una modificación integral de la Ley de Tránsito que incluye el reconocimiento y regulación de los vehículos eléctricos y los cuatriciclos (OCDE/ITF, 2016).

Brasil

- En 2014 todos los autos vendidos y fabricados en Brasil debían estar equipados con airbags para los ocupantes delanteros y sistemas de freno ABS (Alves, 2015).
- Para estimular aún más a la industria automotriz y atraer inversiones, en octubre de 2012, el gobierno brasilero lanzó un programa conocido como Inovar Auto (Decreto 7819) diseñado para apoyar los desarrollos tecnológicos de la industria automotriz, la innovación, la seguridad, la protección ambiental, la eficiencia energética y la mejora de la calidad. Para beneficiarse de los incentivos de reducción impositiva, se espera que los OEM inviertan en investigación y desarrollo en Brasil y alcancen una producción más económica, precios más bajos y vehículos más seguros. El programa Inovar Auto tuvo validez hasta diciembre de 2017 y benefició tanto a aquellos OEM que ya han establecido plantas de fabricación en el país como a otros OEM internacionales cuyos nuevos proyectos de plantas de producción han sido aprobados por el gobierno. Las empresas que solicitan formar parte de Inovar Auto se comprometen a que sus modelos hechos en Brasil alcancen mayores niveles de eficiencia energética (por ejemplo, un promedio del 12 por ciento menos de consumo de combustible). (https://www.trade.gov/td/otm/assets/auto/CS_Resource_Guide.pdf)

Chile (OCDE/ITF, 2016)

Las mejoras recientes en seguridad vehicular incluyen:

- airbags frontales obligatorios (para conductores y pasajeros) en vehículos livianos nuevos vendidos en Chile (2015);
- sistemas de anclaje ISOFIX o LATCH para vehículos de 2700 kg o menos para simplificar la correcta instalación de sistemas de retención infantil sin la necesidad de usar cinturones de seguridad (2014);
- mayores requisitos de seguridad para motocicletas, incluidos estándares para motocicletas alineados con las normas internacionales (2014);
- dispositivos de seguridad para ómnibus interurbanos tales como los Sistemas de Freno Antibloqueo, Control Electrónico de Estabilidad, luz trasera antiniebla y alarmas de reversa (2013).

México (Estados Unidos de México, Ministerio de Economía, 2016[27])

El principal promotor de la seguridad vehicular en México surgió a través del lanzamiento de la Norma NOM-194-SCFI-2015. Esta norma trata sobre los dispositivos de seguridad en los vehículos, en especial, fijó un plazo para los requisitos de seguridad considerados clave, por ejemplo:

- retención para la cabeza;
- cinturones de seguridad y avisadores de cinturón de seguridad (SBR);
- luces;
- sistemas de freno anti-bloqueo (ABS);
- pruebas de choque frontal y lateral.

Sin embargo, la aplicación de los requisitos para SBR, ABS y pruebas de choque completas se pospusieron (ver Tabla 4). La implementación de estos requisitos apoya la idea de que la seguridad avanza cómo lo hizo en Europa 15 años antes. Es también una base fundamental para las víctimas evitadas que se pronostican junto con las mejoras de la seguridad secundaria (cómo se calcula en el Apéndice F); sin la implementación, esas vidas se seguirán perdiendo.

[27] http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5436325&fecha=09/05/2016

4 Pronósticos de los valores de referencia para las muertes

Esta sección presenta las estimaciones de los valores de referencia para las muertes en cada país. Como se describe en la Sección 2, estas estimaciones toman en cuenta la tendencia actual en la tasa de muertes (para explicar las mejoras generales en seguridad vial en el tiempo) y la implementación planificada de las normas de seguridad vehicular en los plazos actuales.

La Sección 4.1 muestra los pronósticos de los valores de referencia para las muertes para los ocupantes de vehículos y la Sección 4.2 muestra el equivalente para los UVV (peatones y ciclistas).

4.1 Ocupantes de vehículos

Como se explica en la Sección 2.1.1 se seleccionó la mejor medida de exposición para el modelado de la tasa de muertes para cada país. La Figura 15 muestra la tasa de muertes de ocupantes de vehículos cada 100 millones de kilómetros pasajeros en México y la Figura 16 muestra la tendencia en las muertes de ocupantes por millón de vehículos registrados para los otros tres países. Se ha fijado una línea de tendencia exponencial para los datos de cada país para mostrar la disminución de esta tasa en el tiempo.

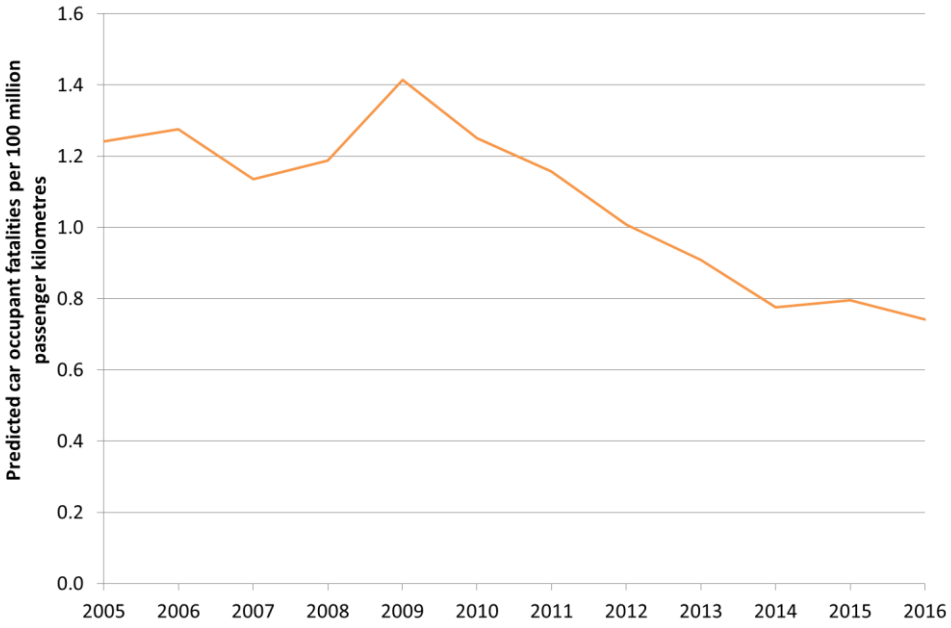


Figura 15: Tasa de muertes de ocupantes de vehículos (cada 100 millones de kilómetros pasajeros) en México (2005-2016)

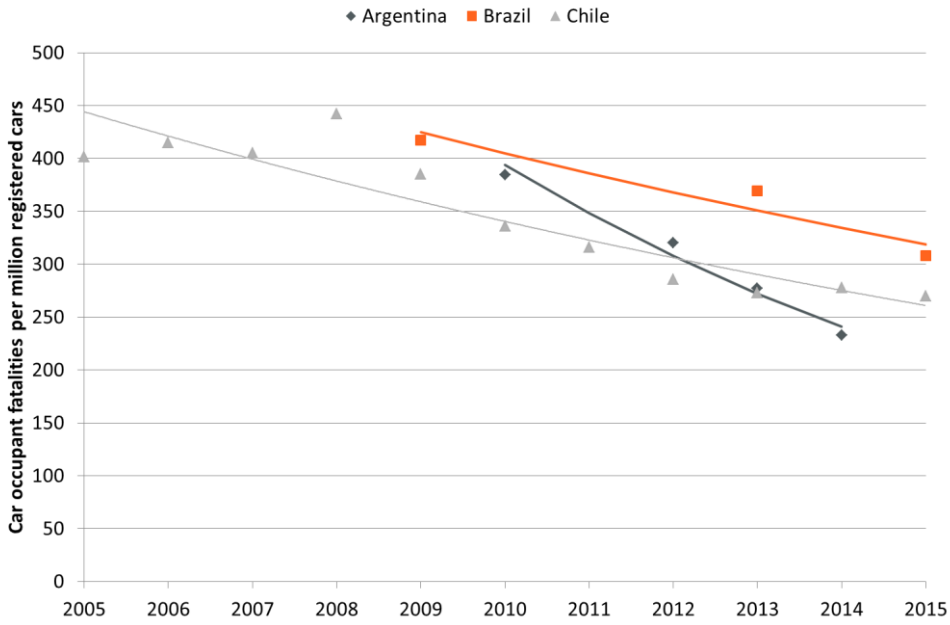


Figura 16: Tasa de muertes de ocupantes de vehículos (cada millón de autos registrados) para Argentina, Brasil y Chile (2005-2015, últimos datos disponibles en cada caso)

El primer paso en los pronósticos de muertes de referencia es extrapolar esta tendencia para estimar la tasa de muertes hasta 2030 asumiendo que continuará la tendencia de desarrollos en seguridad vial (Figura 17 y Figura 18).

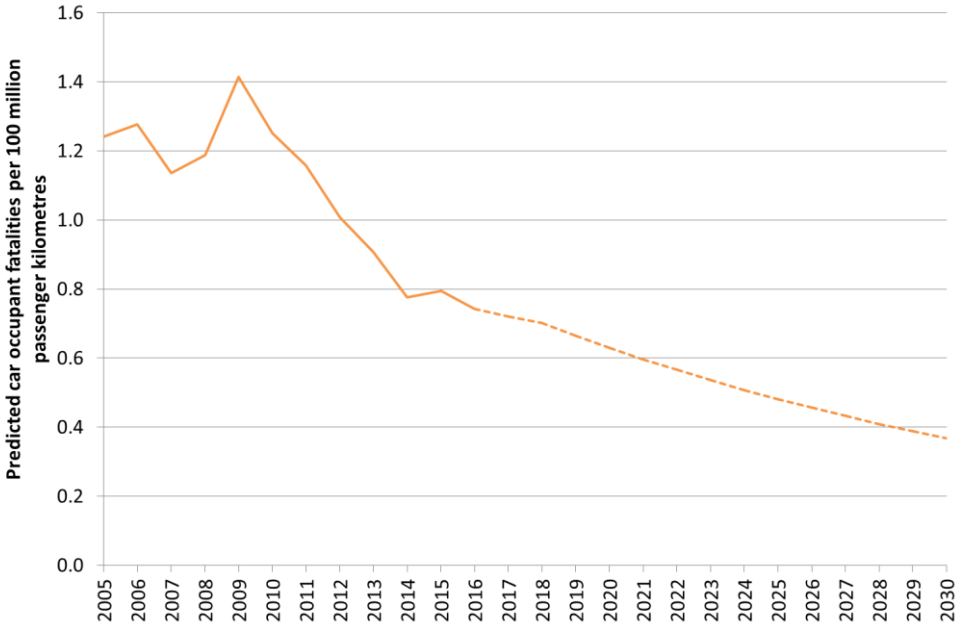


Figura 17: Tasa de muertes de ocupantes de vehículos pronosticada (cada 100 millones kilómetros pasajero kilómetros) en México (2005-2030)

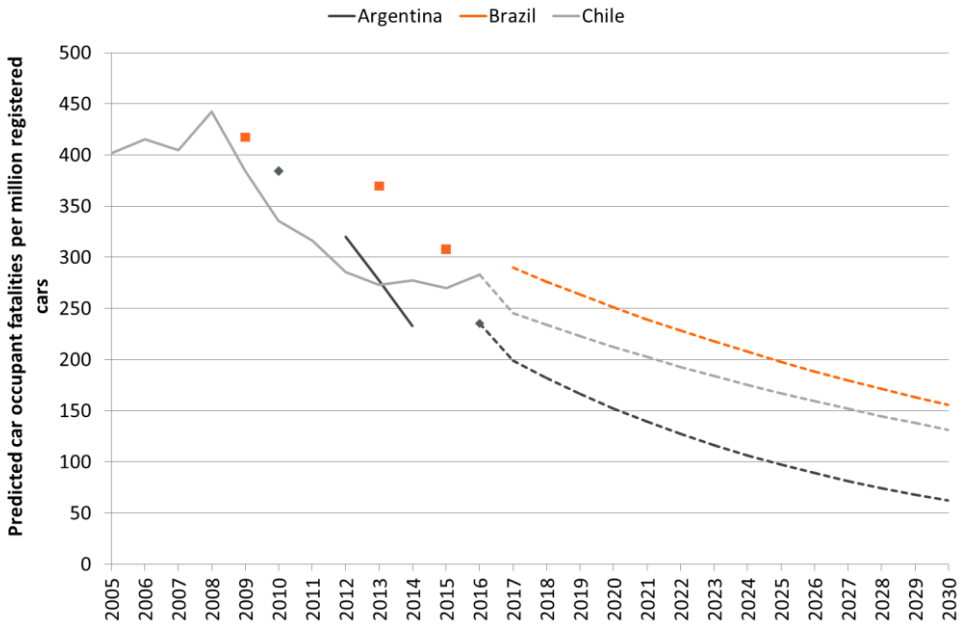


Figura 18: Tasa de muertes de ocupantes de vehículos pronosticada (cada millón de autos registrados) para Argentina, Brasil y Chile (2005-2030).

En base a estos pronósticos, el número de muertes de ocupantes de vehículos por millón de autos registrados alcanzará alrededor del 62 en Argentina para 2030. Se estima que la tasa en 2014 en Gran Bretaña era de alrededor de 28. En México el pronóstico es de 0,37 muertes de pasajeros por millón de kilómetros pasajero, el valor correspondiente para Gran Bretaña en 2016 fue de 0,12. Por lo tanto, en caso de continuar, estas tendencias representarían un logro considerable; sin embargo, la diferencia con GB muestra que se pueden mejorar los logros, particularmente si se puede alcanzar una mejor alineación en la norma de seguridad vehicular o intervención.

A pesar de que los datos sobre muertes sugieren que las muertes de ocupantes de vehículos por millón de autos registrados han disminuido rápidamente en Argentina (ver Figura 16), esta tasa se basa en datos limitados. Existe información disponible sobre el número total de muertes en siniestros de tránsito en Argentina entre 2005 y 2014 (ver Figura 7), sin embargo, existe información limitada sobre cuántas de estas son de ocupantes de vehículos (las estimaciones 2010, 2012-14 y 2016 están disponibles); como resultado, esta tendencia se basa en relativamente pocos puntos de datos.

Además, la revisión de desarrollos de seguridad vial, de los cambios a la economía y del uso vehicular (Secciones 3.3 y 3.5) no ha sugerido cambios sustanciales que podrían influir sobre estas tendencias. Por lo tanto, esto cuestiona la confiabilidad de estos pronósticos; sin embargo, en ausencia de información contradictoria, se han utilizado para el resto del análisis. Se evalúan supuestos alternativos como parte del análisis de sensibilidad (ver Apéndice D).

Junto a los pronósticos de la tasa de muertes, se pronostica el número de kilómetros pasajero (para México) y los autos registrados (para Argentina, Brasil y Chile) suponiendo una tendencia lineal (Figura 19 y Figura 20).

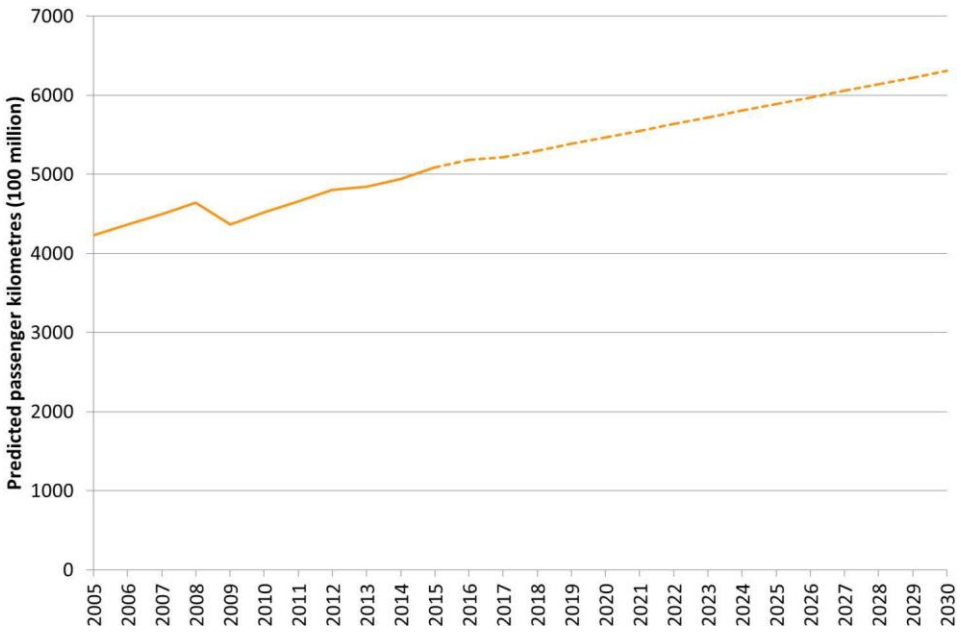


Figura 19: Pronóstico kilómetros-pasajero en México (2005-2030)

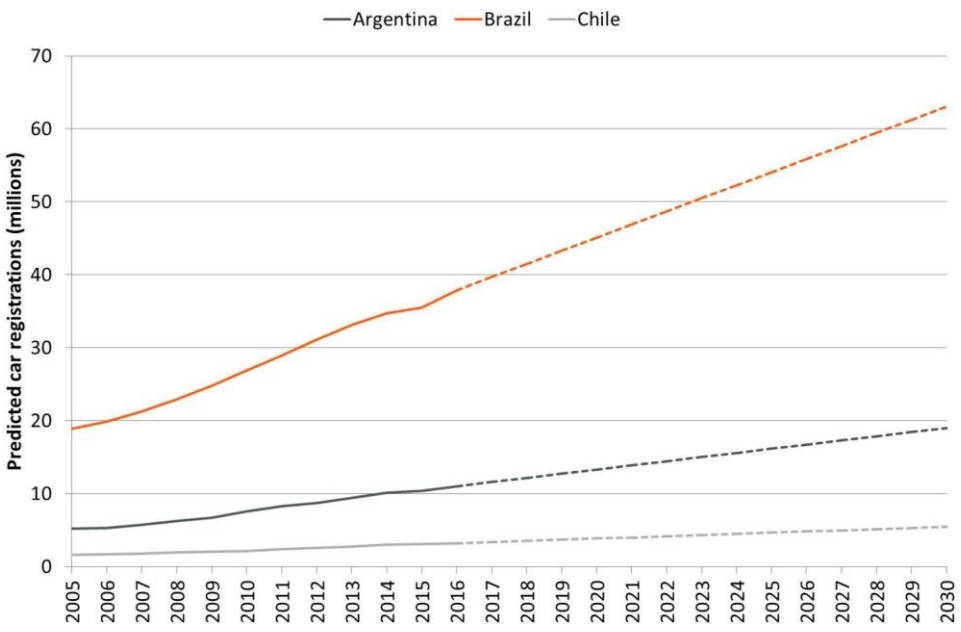


Figura 20 Número pronosticado de autos registrados en Argentina Brasil y Chile (2005-2030)

Estos pronósticos indican que para 2030 Brasil superará los 60 millones de automóviles. Aunque probablemente haya factores limitantes al crecimiento del parque automotor (incluidos la población y los ingresos disponibles relacionados con el estado de la economía), estas estimaciones parecen realistas dados los pronósticos sobre los cambios demográficos. Por ejemplo, en Argentina, si los pronósticos presentados en la Figura 6 (Sección 3.1) son ciertos, la cifra de 19 millones de autos en uso equivale a una tasa de motorización (autos por

habitante) de 0,39; en Gran Bretaña, en 2001, la cifra era de alrededor de 0,42 (ver Tabla 6).

Se combinan luego la tasa de muertes de ocupantes de vehículos y los estimados de exposición para calcular el número pronosticado de muertes de ocupantes de vehículos hasta 2030 (Figura 21). Aquí se puede observar que mientras los números de muertes en siniestros de tránsito aumentaron en los cuatro países, el número de muertes de ocupantes de vehículos ha disminuido, y se predice que este fenómeno continúe en Argentina y México durante el período de evaluación. El cambio modal con un aumento en la carga de muertes de motociclistas debería explicar estas tendencias (datos de México apoyan esta explicación, [INEGI, 2017]).

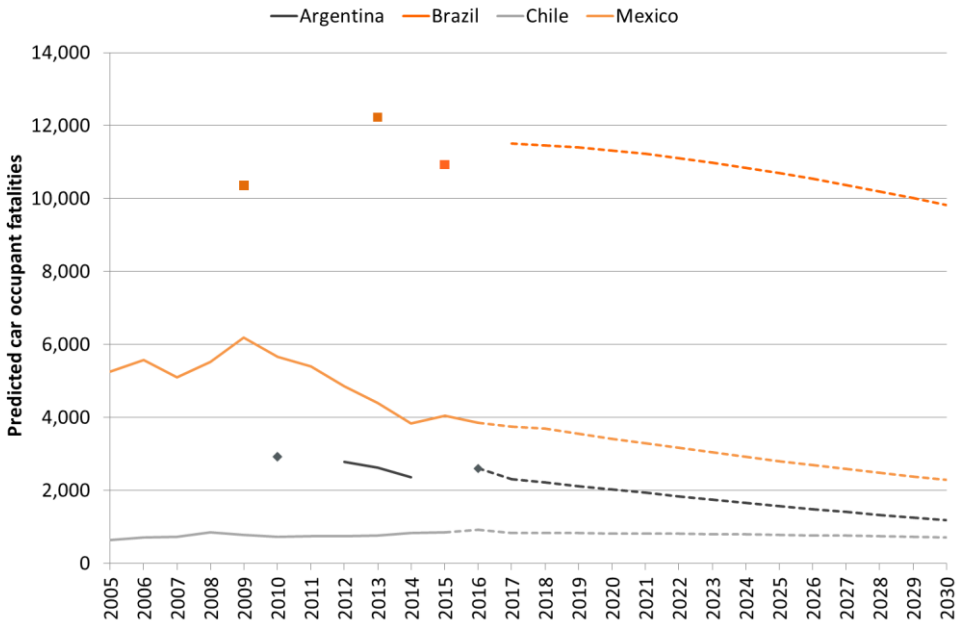


Figura 21: Número de ocupantes de vehículos pronosticado en cada país (2005-2030)

Finalmente, se realizan ajustes para explicar las normas que serán (o han sido) introducidas en cada país antes de 2030. Estas se basan en el período actual de normas propuestas que difieren de acuerdo al país (ver Tabla 11).

Además de estas normas, también es necesario justificar la incorporación voluntaria del ESC a la flota por elección del consumidor (incentivada por Latin NCAP) y la implementación por parte de los fabricantes. Como se describe en el Apéndice A, esta incorporación voluntaria se modela en base a la aceptación vista en Europa bajo condiciones similares, donde se estimó que llevaría 20 años alcanzar el máximo nivel de incorporación voluntaria para todos los vehículos nuevos equipados con sistemas de ESC (60 % para los cuatro países).

El efecto de esta incorporación voluntaria se modela primero mediante el pronóstico de cuántos vehículos ingresan al parque automotor ya equipados con sistemas de ESC cada año y luego combinado con esto, la estimación de la efectividad de los sistemas de ESC (38 %) desde la revisión bibliográfica (Sección 2.1.2) y la población objetivo (35 %), este proceso se describe en detalle en la Sección 5.1.

Tabla 11: Normas de seguridad vehicular para ocupantes de vehículos propuestas en los plazos actuales (año de implementación por país)

Norma	Argentina	Brasil	Chile	México[28]
Ensayo de choque frontal para modelos nuevos	2014	2012	n/a	2019
Ensayo de choque frontal para todos los automóviles nuevos	2016	2014	2016	2020
Ensayo de choque lateral para modelos nuevos	2018	n/a	n/a	2019
Ensayo de choque lateral para todos los automóviles nuevos	2022	n/a	2016	2020
Cinturones de seguridad y anclajes de cinturón de seguridad	1986(cinturones) 1991 (anclajes)[29]	2015	2000 (cinturones)[30]	2015

La Figura 22 muestra la estimación final de muertes para cada país, asumiendo que no habrá nuevas normas implementadas (distintas de aquellas descriptas en la Tabla 11) antes de 2030. Las estimaciones "base" replican aquellas ilustradas en la Figura 21 (por ejemplo, se basan en asumir que continúan las tendencias actuales en seguridad vial). Las cifras "en los plazos actuales" representan las muertes y lesiones evitadas dada la implementación de normas de seguridad secundaria y la incorporación voluntaria de sistemas de ESC.

Hay una diferencia relativamente grande en las estimaciones de los valores de referencia y las estimaciones actuales para cada país, lo que sugiere que las medidas que ya se están tomando para mejorar la seguridad vehicular son probablemente beneficiosas para reducir el número de víctimas entre los ocupantes de vehículos. Específicamente, la implementación de normas de ensayos frontales y laterales en los cuatro países probablemente impacte sustancialmente en las tendencias de muertes (los resultados del análisis se presentan en el Apéndice F). Este apéndice estima que se habrán salvado aproximadamente 11 000 vidas a través de la implementación de estas normas entre la actualidad y 2030 demostrando los beneficios sustanciales que las normas de seguridad secundaria tendrán en estos países.

La incorporación voluntaria del ESC también tiene un rol cuantificable, aunque se podría hacer más para acelerar los beneficios a través de la implementación de las normas para sistemas de ESC; en la Sección 5.1 se modela este efecto.

[28] Estas son las fechas presentadas en la "Norma Oficial Mexicana NOM-194-SCFI-2015, Dispositivos de seguridad esenciales en vehículos nuevos-Especificaciones de seguridad." Se sabe que los requisitos especificados para colisiones frontales y laterales no han sido implementados todavía; sin embargo, las fechas alternativas no están disponibles. Por lo tanto, no se han hecho ajustes para la diferencia en años entre los desarrollos en seguridad vial en GB y en México.

[29] Norma IRAM 3641/86, PARTE I y II, Cinturones de seguridad para ser utilizar en automóviles (Requisitos y métodos de verificación, Inspección y Recepción) y Norma IRAM-AITA IK 15/91, Anclaje para cinturones de seguridad.

[30] DS 26/2000 MTT; Las reglas que deben cumplir los cinturones de seguridad son aquellas establecidas por el Código Federal de Reglamentaciones de Estados Unidos o por las Directivas de Seguridad Comunitarias de la Comunidad Económica Europea o las Reglamentaciones de Seguridad de la Comisión Económica Europea de Naciones, Brasil, Japón o Corea según lo determine el Ministerio.

Figura 22: Número de muertes de ocupantes de vehículos pronosticado en cada país ajustado para el período de normas actuales (2005-2030)

4.2 Usuarios Vulnerables de las Vías

4.2.1 Peatones

La Figura 23 muestra la tendencia en las víctimas peatones por millón de habitantes. Como con la tendencia de muertes de ocupantes de vehículos, se ha trazado una tendencia exponencial lineal en los datos de Brasil, Chile y México para mostrar cómo esta tasa disminuye con el tiempo. Para Argentina, la tasa parece aumentar y por lo tanto en este caso no es apropiada una tendencia exponencial (que tendería al infinito). En lugar de esto, se ha asumido una tendencia logarítmica a pesar de que se reconoce que hay incertidumbre en este supuesto dado que la tendencia se basa solo en cuatro puntos de datos, el último de los cuales es de 2014.

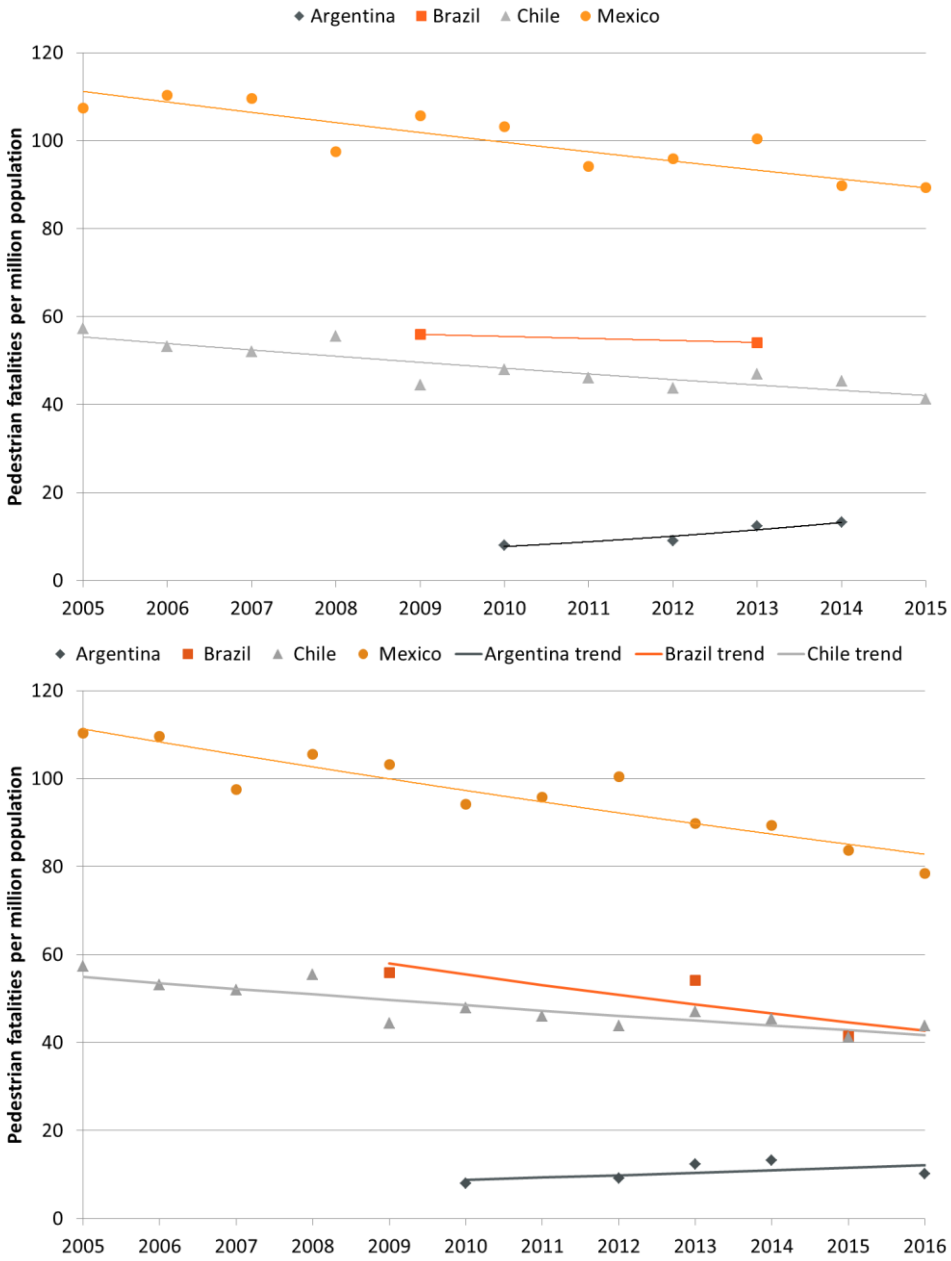


Figura 23: Tasa de muertes de peatones (por millón de habitantes) para cada país (2005-2015, últimos datos disponibles en cada caso).

Luego se pronostica la tendencia para 2030 (Figura 24).

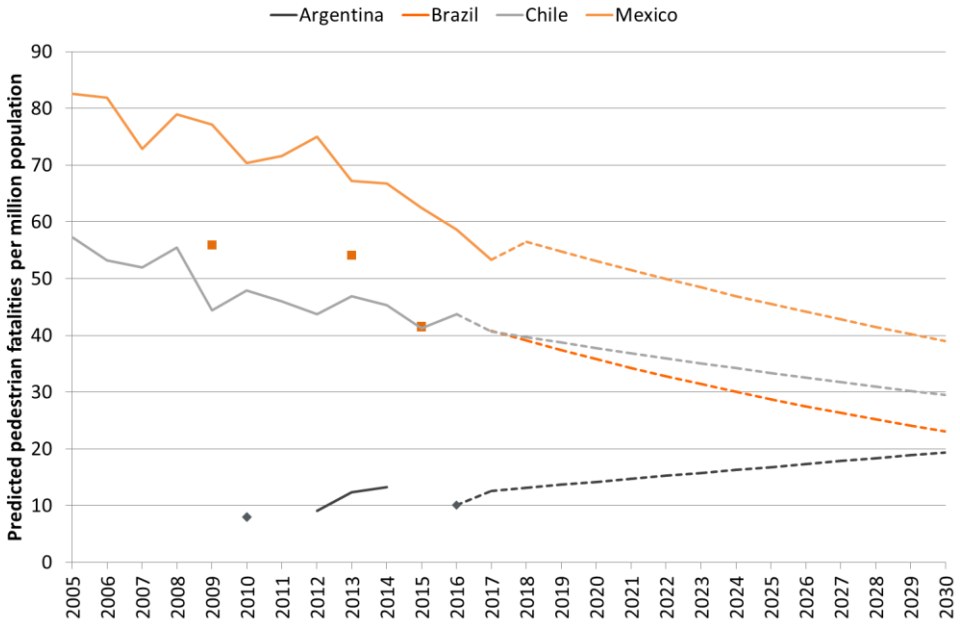


Figura 24: Tasa de muertes de peatones pronosticada (por millón de habitantes) para cada país (2005-2030)

Para calcular el número de muertes de referencia, las proyecciones demográficas (generadas por las Naciones Unidas e incluidas en la Sección 3.1, Figura 6) se combinan con la tasa de muerte pronosticada para peatones. La Figura 25 muestra los resultados para cada país, estos representan las cifras esperadas si la seguridad vial continúa desarrollándose como lo ha hecho en los últimos años, pero sin implementarse nuevas medidas de seguridad vehicular.

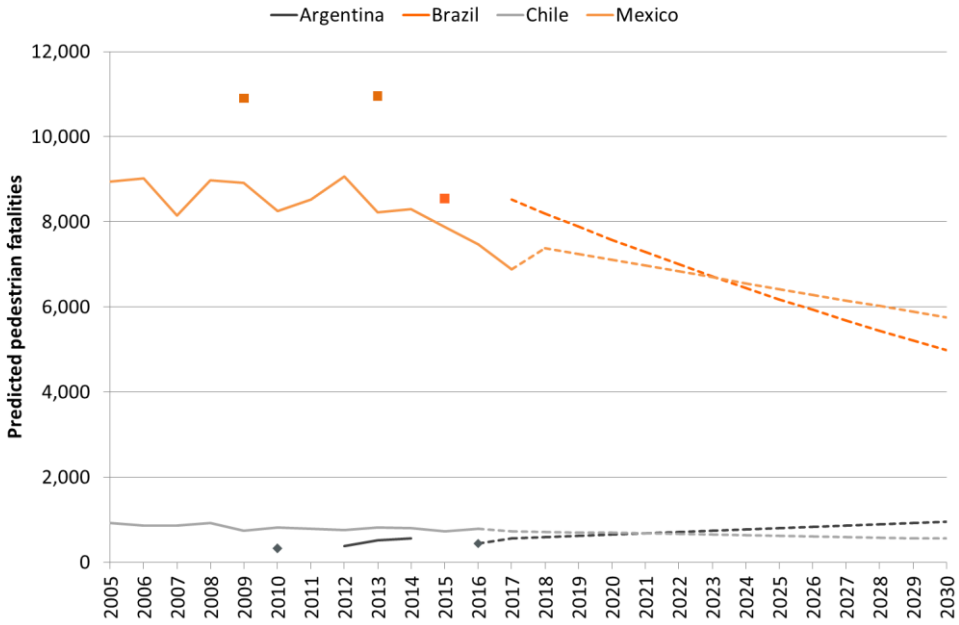


Figura 25: Número de muertes de peatones pronosticado en cada país (2005-2030)

Finalmente, los ajustes se realizan para explicar las normas a ser introducidas en cada país entre 2015 y 2030. No hay actualmente planes para introducir normas para UVV-AEB o protección al peatón en ninguno de los cuatro países. Por lo tanto, las estimaciones de muerte de referencia en el período actual se basan solamente en la incorporación voluntaria (impulsada por elección del consumidor y fabricantes que eligen equipar sus vehículos con este sistema como estándar). Para ambas tecnologías se asume que, en un escenario voluntario, tomaría 20 años alcanzar el 50 % de autos nuevos equipados (ver Apéndice A para una descripción completa de esta metodología).

Teniendo en cuenta el efecto de esta incorporación voluntaria (utilizando el equipamiento pronosticado de la flota y las estimaciones de efectividad de la revisión bibliográfica - ver Sección 2.2.2 y 2.2.3), la Figura 26 muestra la estimación final de muertes para cada país en el período actual (nótese que las cifras “de los valores de referencia” replican aquellas ilustradas en la Figura 25 y se incluyen solo con propósitos comparativos).

Debido a la relativamente lenta aceptación de UVV-AEB y protección al peatón únicamente a través de la incorporación voluntaria, hay relativamente poca diferencia en las estimaciones de “referencia” y las “actuales”.

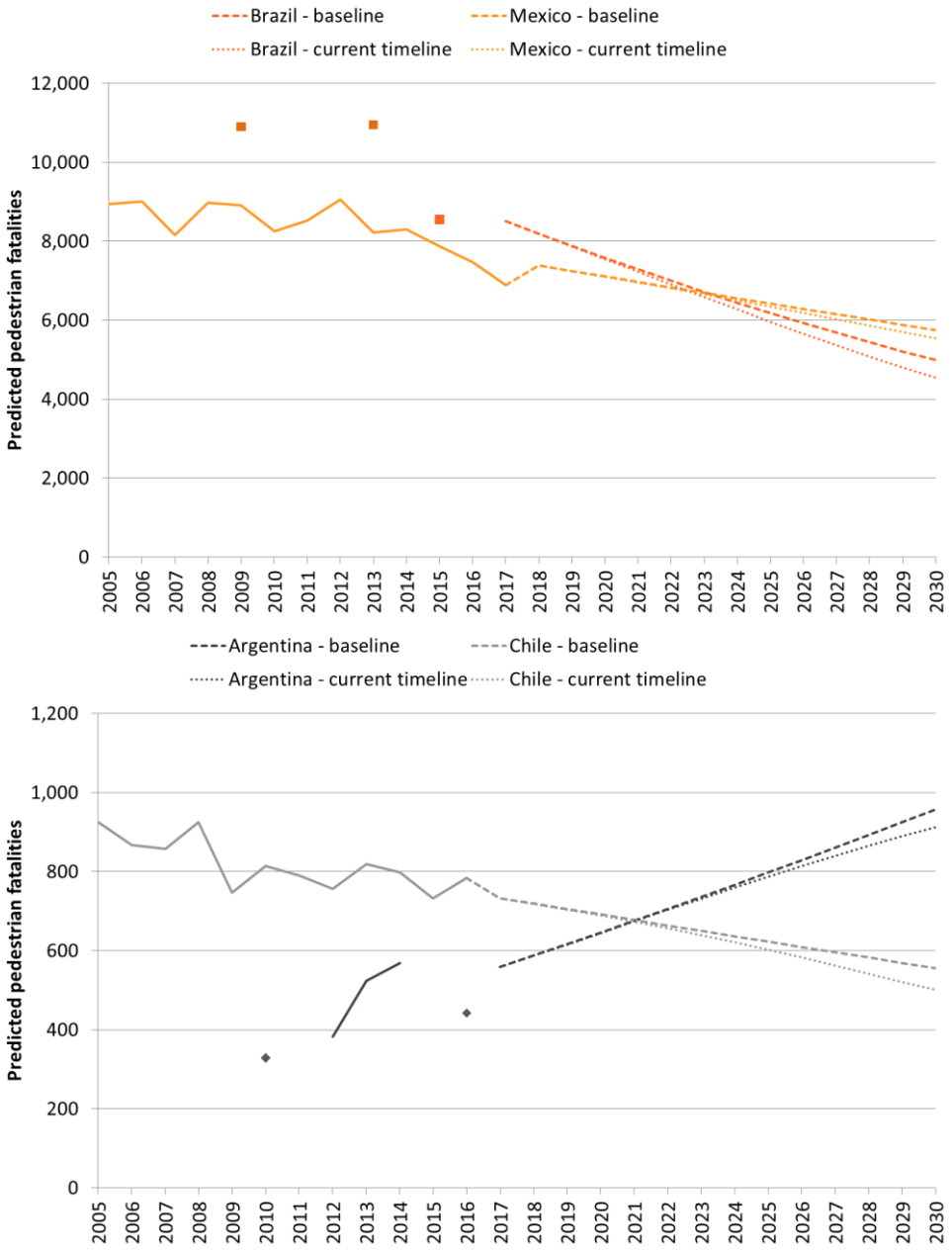


Figura 26: Número pronosticado de muertes de peatones en cada país ajustado para los plazos de normas actuales (2005-2030)

4.2.2 Ciclistas

Esta sección presenta los resultados equivalentes para ciclistas. La Figura 27 presenta la tendencia real y pronosticada en la tasa de mortalidad y la Figura 28 presenta las cifras de muertes de los "valores de referencia" y "de los plazos actuales" pronosticados asumiendo que se aplica el mismo plazo de norma a los ciclistas que a los peatones.

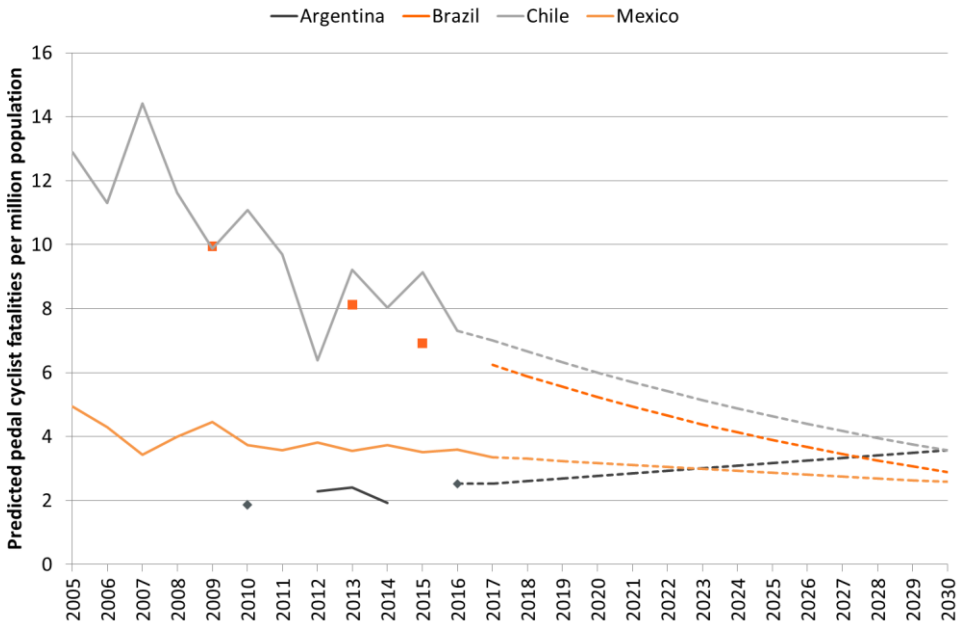


Figura 27: Tasa de muertes de ciclistas pronosticada (por millón de habitantes) para cada país (2005-2030)

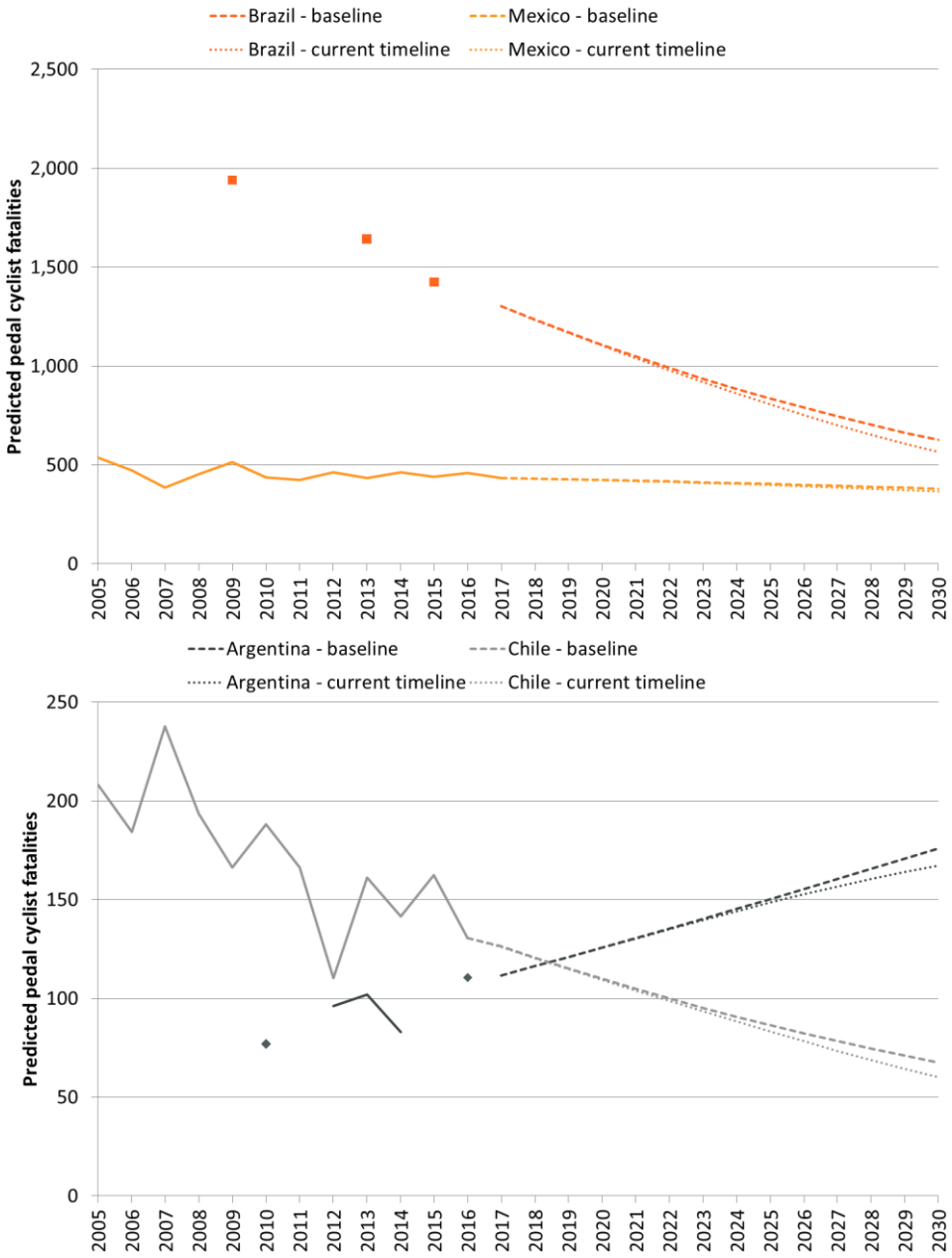


Figura 28: Número de muertes de ciclistas en cada país ajustado para el plazo de normas actual (2005-2030)

5 Predicción de los beneficios de la norma en relación a las víctimas

Esta sección presenta los resultados de las estimaciones de los beneficios. Para cada tipo de víctima, se documentan los supuestos para la introducción de cada tecnología en la flota junto con el número de víctimas evitadas como resultado de la tecnología (utilizando estimaciones de efectividad de la tecnología y penetración en la flota). Los beneficios en relación a las víctimas se calculan utilizando el método VSL y luego se descuentan para relacionar los precios presentados con los valores actuales. La Sección 5.1 presenta los resultados para ocupantes de vehículos y la Sección 5.2 para los UVV.

5.1 Ocupantes de vehículos

Como se discute en la Sección 4.1, para 2020 (fecha de implementación de interés para este estudio) los cuatro países ya habrán implementado las normas de seguridad secundaria o, en el caso de México, habrán declarado la intención de implementar las normas de seguridad secundaria. Además, habrá habido incorporaciones voluntarias del ESC, el modelo utilizado en la Sección 4.1 supone que llevaría aproximadamente 20 años desde la introducción del ESC hasta alcanzar el 60 % de los autos nuevos equipados con esta tecnología. El efecto de esto ya está incorporado dentro del "plazo actual" de estimaciones de muertes presentadas en la Sección 4.1. Esta sección se centra en el efecto que la introducción del ESC podría tener en el número de muertes de ocupantes de vehículos hasta 2030. Para el objetivo de este análisis, se supone que esta norma se introduciría en 2020 en los cuatro países.

Como se discute en la Sección 2.1.2 la revisión bibliográfica ha concluido que el ESC tiene una efectividad del 38 % para reducir el número de muertes en caso de pérdida de control en un choque. Para aplicar este nivel de efectividad a las cifras de los valores de referencia para las muertes, es necesario estimar el número de muertes en estos choques.

Hay relativamente pocos datos disponibles sobre los tipos de colisión o factores causales en América Latina: se encontró solo un estudio relacionado con los datos sobre muertes en Chile. La Figura 29 presenta la información para 2015 y sugiere que el 20 % de las muertes fueron producto de la pérdida de control (segmento naranja).

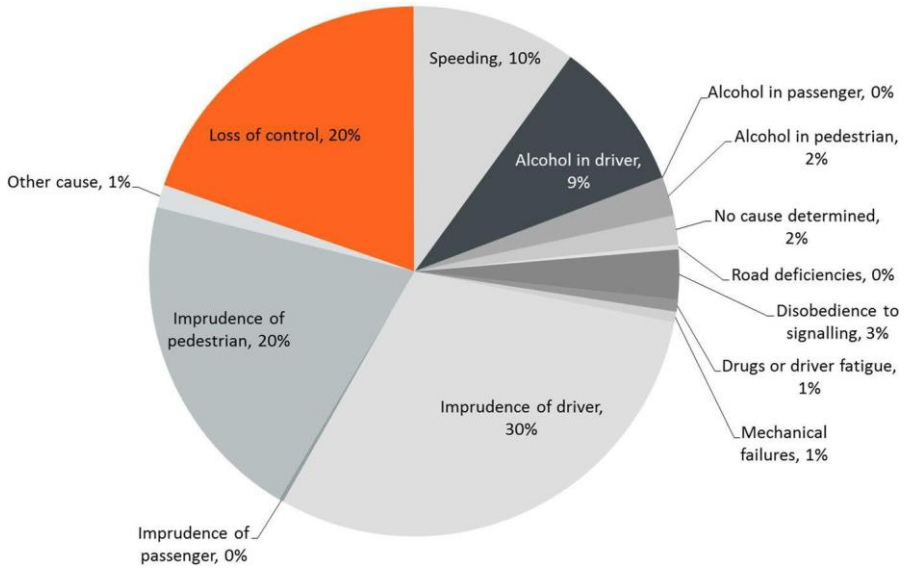


Figura 29: Proporción de muertes asignadas a cada factor causal (Chile, 2015) (CONASET, 2017)

Sin embargo, dado que esta clasificación solo permite un factor causal para cada muerte, es probable que subestime el número real relacionado con la pérdida de control. Por ejemplo, un choque puede involucrar tanto la velocidad como la pérdida de control, pero se puede atribuir solo una causa. Además, estas cifras se relacionan a todas las muertes y no solo a los ocupantes de vehículos y entonces pueden sobre o subestimar la población objetivo para el grupo de usuarios de ocupantes de vehículos.

En cambio, se decidió analizar los datos de colisiones de Gran Bretaña y EE. UU., dos regiones que publican datos con un nivel de detalle suficiente para permitir el análisis de la pérdida de control y que puede mostrar características viales muy diferentes, representando límites coherentes para un rango de prevalencia de la pérdida de control esperable en diferentes entornos viales. El análisis STATS19 (datos GB) mostró que el 43,5 % de las muertes de ocupantes de vehículos ocurrió en choques donde la pérdida del control fue un factor contribuyente. El análisis FARS (datos EE. UU.) concluyó que el 26,3 % de las muertes de ocupantes ocurrió en vehículos que perdieron el control antes del impacto. Ambas estimaciones se basan en un promedio de 5 años, desde 2011 a 2015, y corregidas por el hecho de que aproximadamente 55 % y 45 % de la flota británica y estadounidense en las muestras, respectivamente, ya estaban equipadas con ESC. Para el total de los cálculos de costo-beneficio, se utilizó el promedio entre estos límites, 34,9 % de las muertes de ocupantes de vehículos se consideraron dentro de la población objetivo para el ESC. Se utilizaron los límites superiores e inferiores de 43,5 % y 26,3 % respectivamente para el análisis de sensibilidad.

Se puede estimar el número de vida salvadas gracias a la implementación de la norma del ESC, ver Figura 30, al combinar el equipamiento estimado de la flota bajo el supuesto de la norma (descripto en el Apéndice A), la efectividad estimada del ESC (38 %) y la población objetivo para esta medida (35 %). Nótese que las cifras para Brasil se presentan en un cuadro separado de los otros tres países ya que la magnitud de las víctimas evitadas es mayor para este país debido a la mayor población; esto permite esclarecer las tendencias en el tiempo para los

cuatro países.

Se debe apreciar que los beneficios estimados dependen de la tasa de adopción de autos con ESC en el parque automotor. Esto se incorpora en estas estimaciones a través del modelo de equipamiento de la flota. Sin embargo, esto estará sujeto a las fluctuaciones del mercado en las compras de autos y a los grandes cambios en los ingresos o crecimiento económico. Además, es posible que el equipamiento de la flota esté influido por los incentivos para reemplazar autos viejos por autos nuevos. El efecto de tales iniciativas sería aumentar los beneficios al poco tiempo de implementarse la legislación, otorgando el aumento correspondiente en el número total de vidas salvadas y mayores beneficios (en particular al representar el descuento de futuros beneficios).

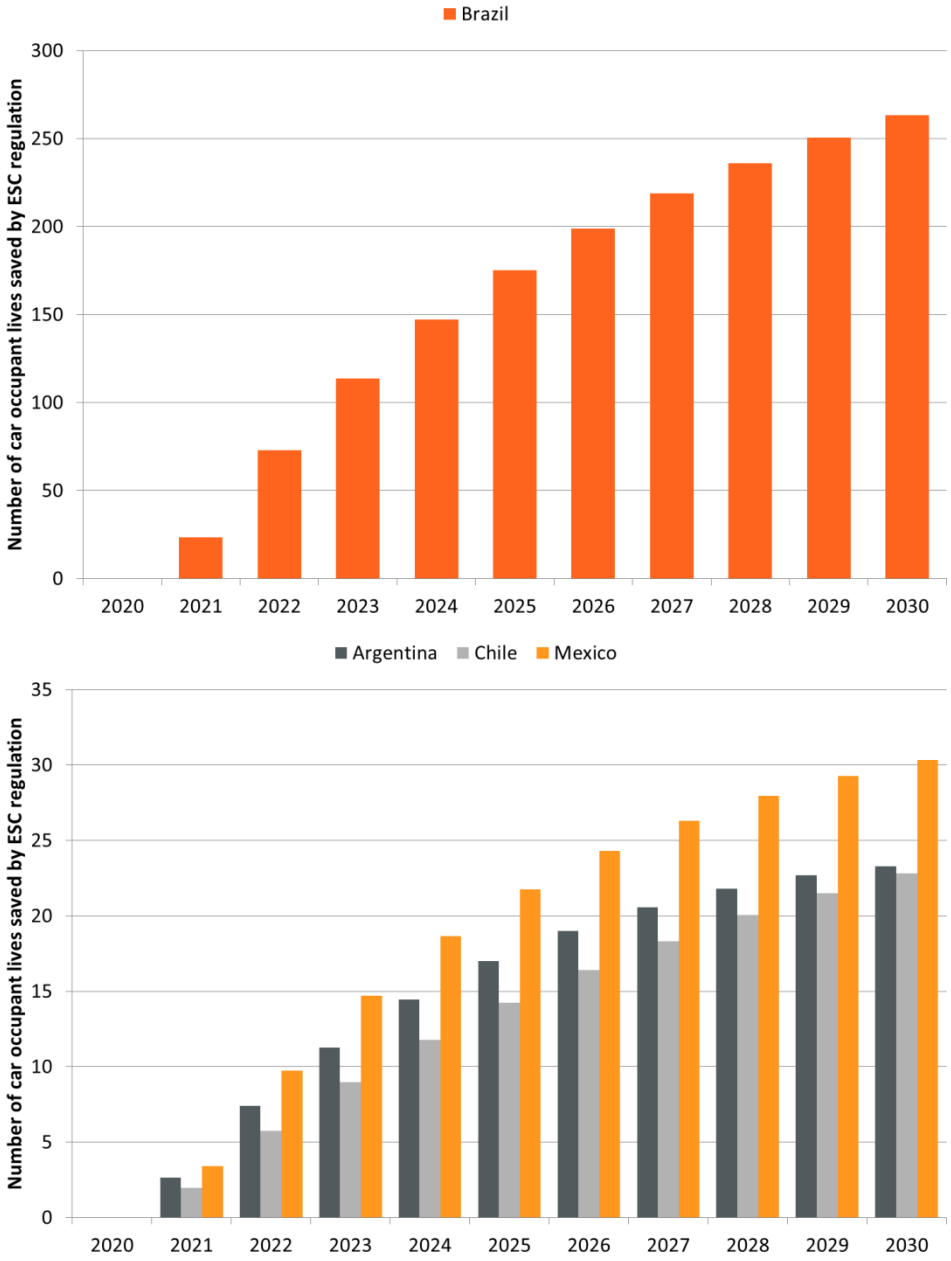


Figura 30: Estimación de número de vidas de ocupantes de vehículos salvadas por la implementación de la norma del ESC en 2020 (2020-2030)

Los resultados muestran que para 2030, la implementación de la norma del ESC salvará unas 260 vidas por año en Brasil y 75 más en los otros tres países combinados. Estas cifras asumen que también se han implementado estándares mínimos para la seguridad estructural a los choques para el comienzo del período de evaluación.

Si bien estos números no son considerables, la Figura 30 muestra que estas cifras crecen año a año. Además, dado que esto solo representa las muertes evitadas, se anticipa que también se evitarán lesiones considerablemente más graves, como se indica en la Tabla 12.

Además de las víctimas evitadas ya pronosticadas, se estima que otras 15 000 vidas se hubieran salvado entre 2020-2030 si las acciones regulatorias hubieran asegurado el ESC en toda la flota de vehículos para 2020. Este beneficio adicional no se logrará por el tiempo que llevará renovar la flota y reemplazar a los autos más antiguos sin ESC.

Con el método descripto en el Apéndice H, se utilizaron las muertes evitadas pronosticadas para estimar también el número de lesiones graves que se podrían evitar si se implementase la norma para el ESC. Con este enfoque, se estima que la norma evitará 8000 lesiones graves. Como se reconoce en el método, existen algunas limitaciones importantes con este enfoque debido a la falta de datos disponibles sobre lesiones graves en cualquiera de los cuatro países y, por lo tanto, los resultados presentados deben considerarse con cautela.

Utilizando el método VSL (Bhalla *et al.*, 2013) que relaciona la pérdida económica de cada muerte con el PBI, se obtuvieron los límites inferiores y superiores del costo de una muerte a partir de la revisión bibliográfica, ver Tabla 7. Para este análisis, se calculó el promedio de estas dos estimaciones y el mismo fue utilizado para estimar el beneficio económico de las vidas salvadas por el ESC (descontado y presentado en precios de 2018; esto se explica en el Apéndice E). El método VSL se utilizó también para relacionar la pérdida económica de cada lesión grave al PBI. La Tabla 12 presenta las muertes evitadas acumuladas entre 2020 y 2030 y el beneficio económico relacionado para cada país.

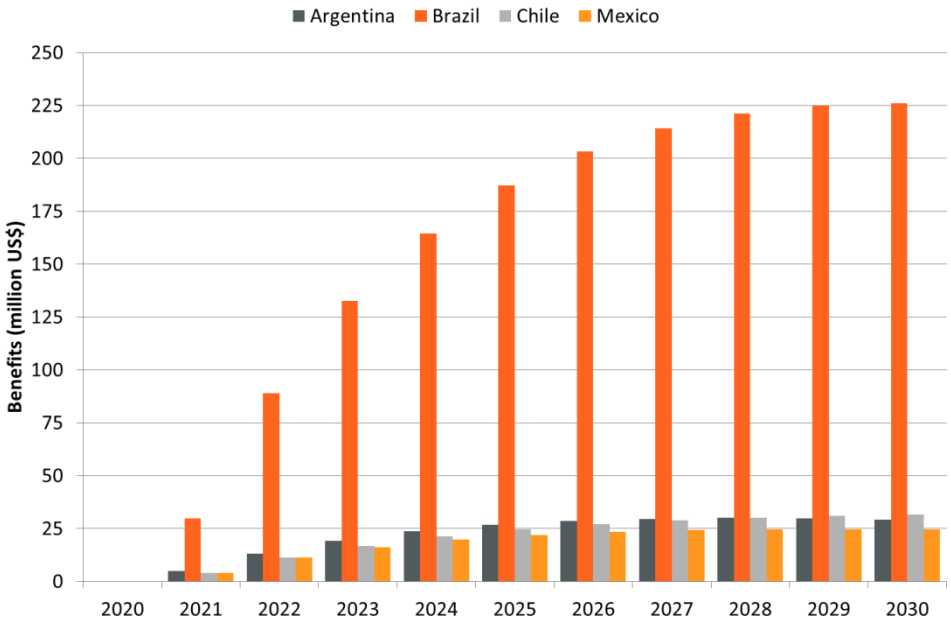


Figura 31: Estimación de beneficio económico para ocupantes de vehículos por la implementación de la norma del ESC en 2020 (2020-2030)

Tabla 12: Estimación de beneficio económico para ocupantes de vehículos por la implementación de la norma del ESC en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas, 2020-2030	Lesiones graves evitadas acumuladas, 2020 - 2030	Estimado medio de la pérdida económica de una muerte debido a un siniestro de tránsito (2018 US $, miles)	Pérdida económica estimada de una lesión grave por siniestro de tráfico (2018 US $, miles)	Beneficio económico descontado, 2020-2030 (2018 US $, millones)
Argentina	160	578	1342	220	235,11
Brasil	1699	6138	914	150	1693,01
Chile	142	512	1473	241	226,61
México	206	746	864	141	194,99
Total	**2207**	**7975**			**2349,72**

Se estima que en total la implementación de la norma del ESC resultaría en un beneficio económico de USD 2350 millones en los cuatro países al combinar la reducción estimada en muertes y lesiones graves.

5.2 Usuarios Vulnerables de las Vías

Esta sección presenta los beneficios estimados de implementación de dos normas para los UVV:

1. UVV-AEB
2. Protección al peatón

Las estimaciones de efectividad aplicadas a cada tecnología difieren para los peatones y ciclistas y por lo tanto los resultados para cada uno se presentan en secciones separadas.

5.2.1 Peatones

Las estimaciones de efectividad sugieren, según la bibliografía, que el UVV-AEB tendrá una efectividad del 48 % para reducir las muertes de los peatones (Sección 2.2.2). La cifra equivalente para la protección pasiva de peatones es 3,9 % (Sección 2.2.3). La combinación de estas estimaciones con el equipamiento de la flota (descripta en el Apéndice A) permite estimar el número de vidas salvadas por UVV-AEB y la protección al peatón en la Figura 32. Nótese que esta es la estimación combinada de ambas medidas. Al igual que con las cifras presentadas en la Sección 5.1 para ocupantes de vehículos, las muertes evitadas para Brasil son mayores que para los otros países y por lo tanto se presentan en un cuadro separado.

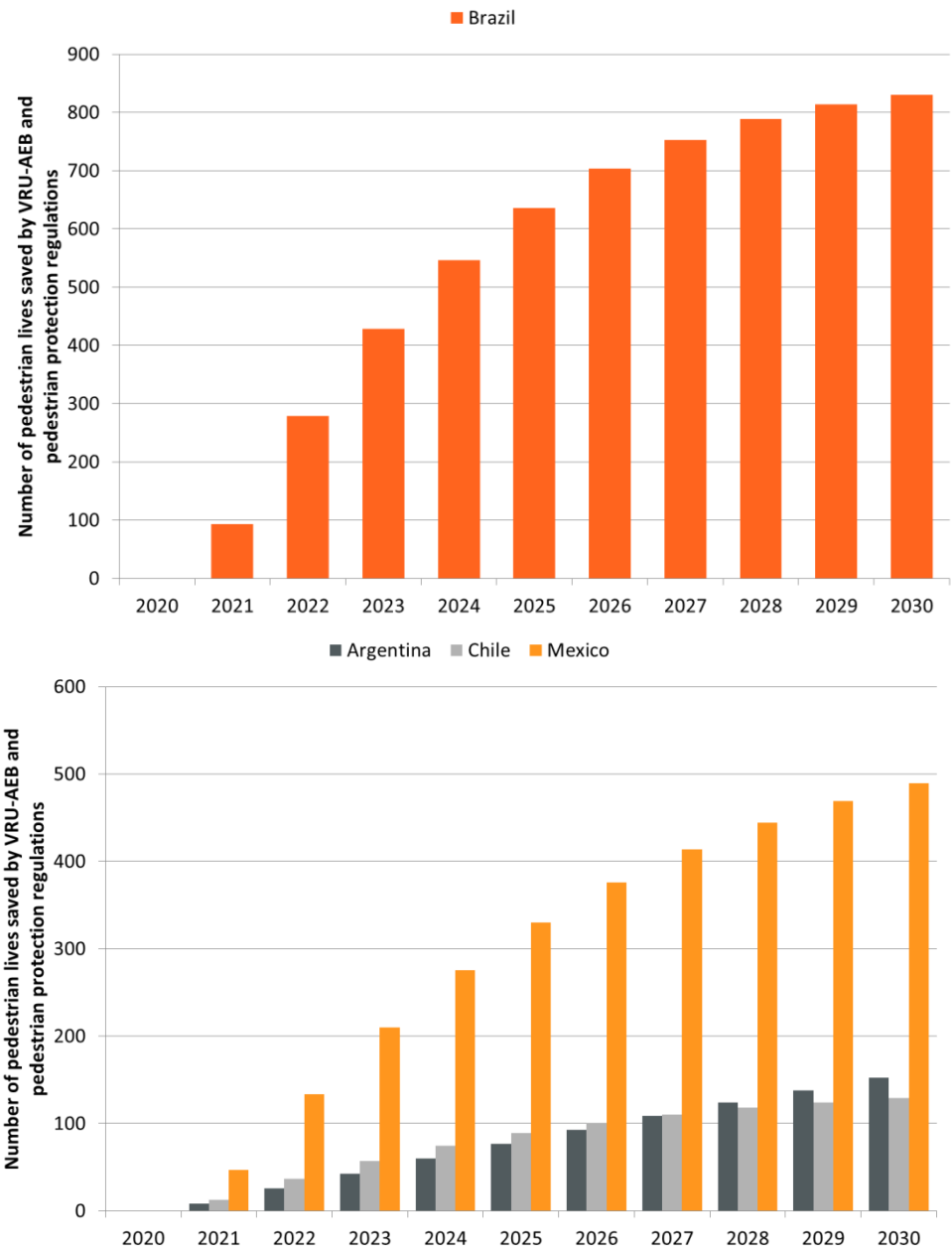


Figura 32: Estimación de número de vidas de peatones salvadas por la implementación de la norma UVV- AEB y las normas de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

El modelo sugiere que de implementarse las normas de protección al peatón UVV-AEB se salvarán, en 2030, más de 800 peatones en Brasil, más de 500 en México, 150 en Argentina y 130 en Chile. Estas muertes evitadas son mayores que aquellas para el ESC debido a la menor incorporación pronosticada de UVV-AEB y protección al peatón en ausencia de norma (Apéndice A).

Sumado al pronóstico de víctimas peatones evitadas, se estima que se salvarían otras 58 000 vidas entre 2020 y 2030 si se hubieran aplicado medidas regulatorias con anterioridad asegurando la instalación de UVV-AEB y Protección al peatón en toda la flota para 2020. Este beneficio adicional no se logrará debido al tiempo que implicará la renovación de la flota y el

reemplazo de los autos más antiguos que no cuentan con ese tipo de protección. También se estima que, utilizando el método descripto en el Apéndice H, se evitarán 122 000 lesiones graves entre 2020 y 2030.

Por último, la Tabla 13 presenta el beneficio económico descontado utilizando la estimación media del costo de muerte y el estimado del costo de una lesión grave (ilustrado en la Tabla 12).

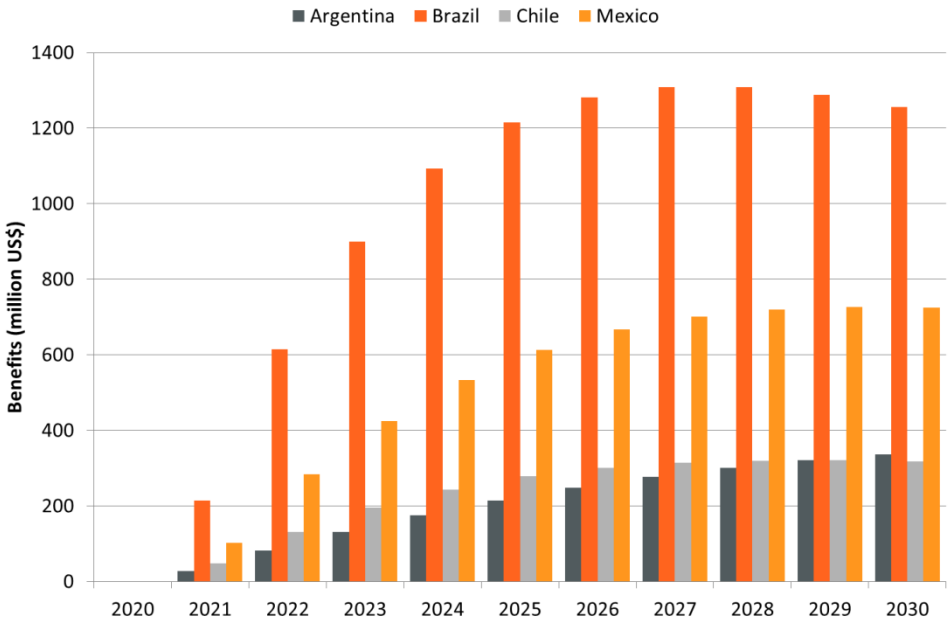


Figura 33: Estimación de beneficio económico para peatones por la implementación de las normas de UVV- AEB y de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

Tabla 13: Estimación de beneficio económico para peatones por la implementación de la norma de UVV- AEB y de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas, 2020-2030	Lesiones graves evitadas acumuladas, 2020-2030	Estimación media de pérdida económica de una muerte por siniestro de tránsito (2018 US $, miles)	Estimación de pérdida económica de una muerte por siniestro de tránsito (2018 US $, miles)	Beneficio económico descontado 2020-2030 (2018 US $, millones)
Argentina	829	9207	1342	220	2115,13
Brasil	5871	65 550	914	150	10 482,44
Chile	851	9751	1473	241	2471,10
México	3187	37 462	864	141	5500,12
Total	**10 738**	121 970			**20 568,80**

Se estima que en total la implementación de estas dos normas resultaría en un beneficio económico de USD 20 600 millones para los peatones en los cuatro países.

5.2.2 Ciclistas

Se utiliza un enfoque similar de modelado para los ciclistas, aunque las estimaciones de efectividad difieren:

- 55 % para UVV-AEB
- 1,4 % para protección pasiva de peatones

La Figura 34 presenta el número de vidas de ciclistas salvadas por estas normas y la Tabla 14 estima el beneficio económico.

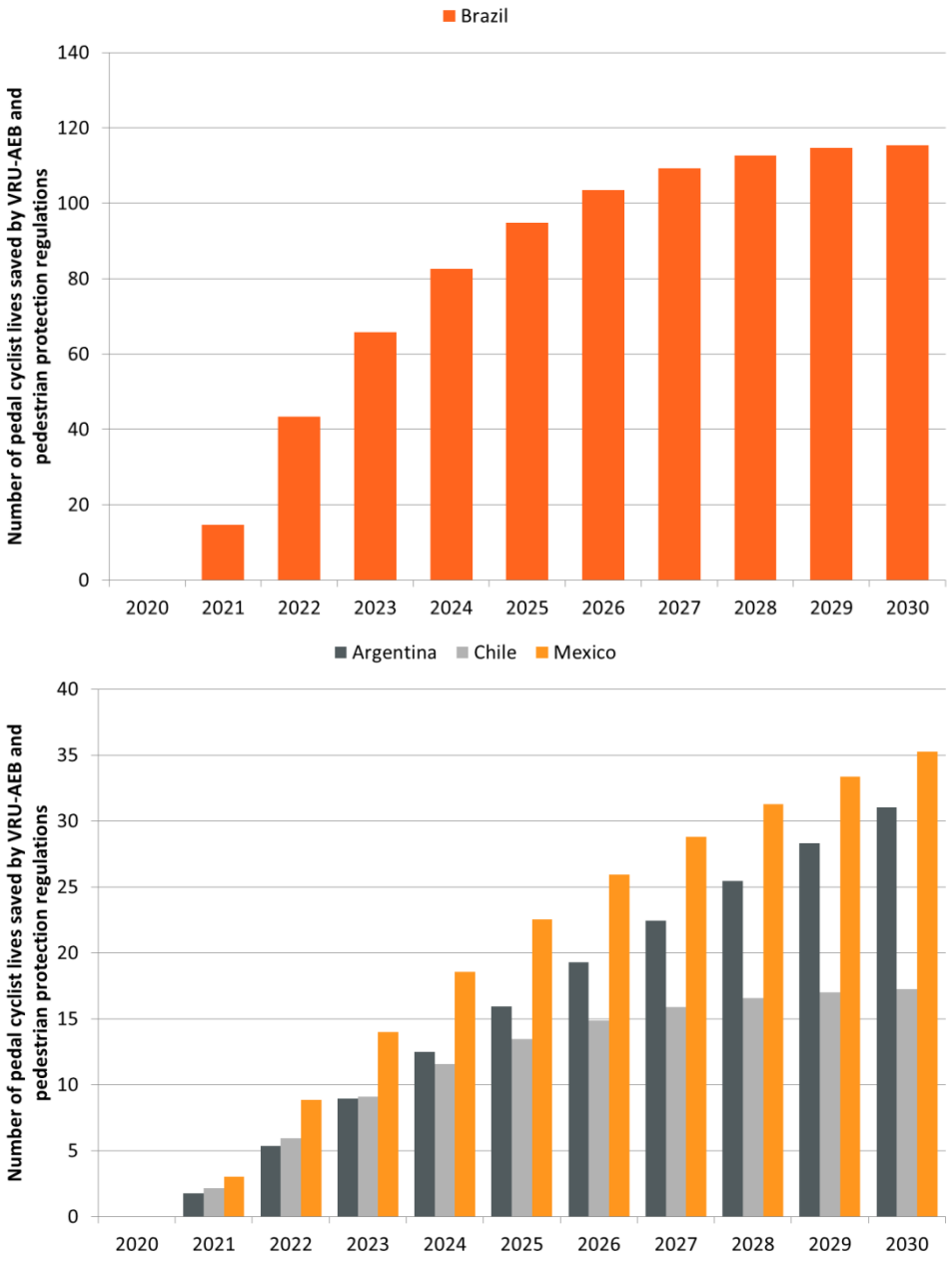


Figura 34: Estimación de número de vidas de ciclistas salvadas por la implementación de las normas de UVV- AEB y de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

En comparación con los peatones, los ciclistas constituyen una proporción relativamente pequeña de cada flota (ver Figura 9, Sección 3.2). Como resultado, la prevención de víctimas para este modo es mucho menor que aquella presentada en la Sección 5.2.1. El modelo

sugiere que cerca de 115 ciclistas se salvarán en Brasil en 2030, alrededor de 35 en México, unos 30 en Argentina y 17 en Chile, si se implementan las normas de UVV-AEB y de protección al peatón en 2020.

Además del pronóstico de las muertes de ciclistas evitadas, se estima que se salvarían otras 6500 vidas entre 2020 y 2030 de haberse implementado acciones regulatorias que aseguraran la instalación en toda la flota de Protección al peatón y UVV-AEB para 2020. Este beneficio adicional no se logrará debido al tiempo que implicará la renovación de la flota y reemplazar a los autos más antiguos sin ese tipo de protección. También se estima que la utilización del método en el Apéndice H evitará 37 500 lesiones graves entre 2020 y 2030.

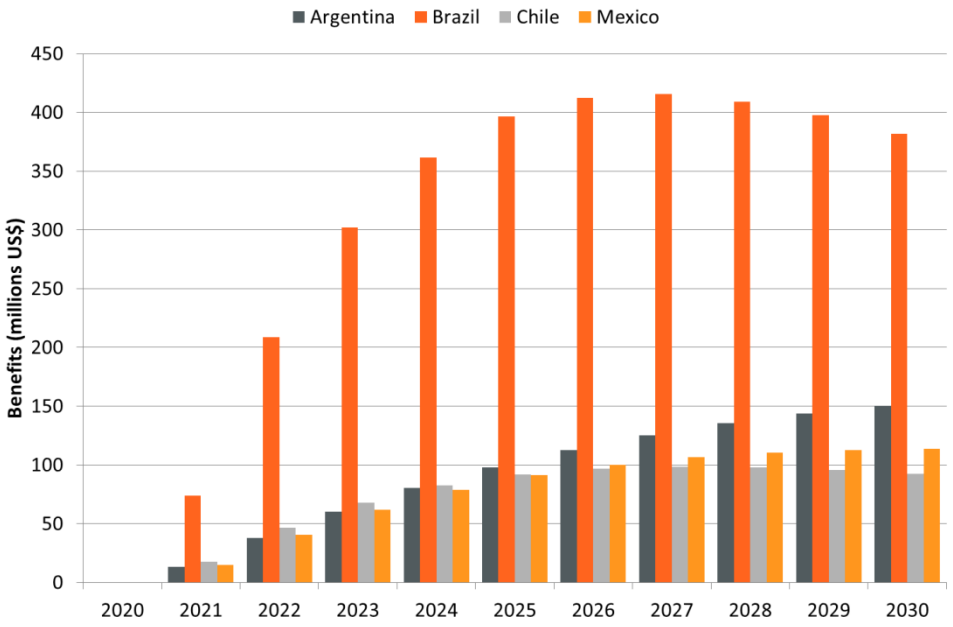


Figura 35: Beneficio económico estimado para ciclistas por la implementación de las normas de UVV AEB y de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

Tabla 14: Beneficio económico estimado para ciclistas por la implementación de las normas de UVV- AEB y de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas, 2020-2030	Lesiones graves evitadas acumuladas, 2020-2030	Estimación media de pérdida económica de una muerte por siniestro de tránsito (2018 US $, miles)	Estimación de pérdida económica de una muerte por siniestro de tránsito (2018 US $, miles)	Beneficio económico descontado 2020-2030 (2018 US $, millones)
Argentina	171	4428	1342	220	956,47
Brasil	857	23515	914	150	3359,29
Chile	124	3436	1473	241	788,54
México	222	6121	864	141	830,57
Total	**1373**	37 500			**5934,87**

Se estima que en total la implementación de estas dos normas resultaría en un beneficio económico justo por encima de los USD 5900 millones para ciclistas en los cuatro países.

Estos análisis muestran que el beneficio en los dos grupos de UVV para estas dos normas estaría justo por encima de los USD 26 500 millones.

6 Costo de medidas reguladas

Esta sección presenta los resultados de las estimaciones de costos para los consumidores. Se obtuvieron los costos estimados por vehículo para cada tecnología de una variedad de fuentes. Estos costos se combinaron con una estimación del número de vehículos nuevos equipados con la tecnología asumiendo la introducción de las normas en 2020. Luego se descontaron los resultados presentados para reflejar la preferencia de tener dinero disponible ahora en vez de en el futuro. La Sección 6.1 presenta los resultados para los ocupantes de vehículos, la Sección 6.2 para los UVV y la Sección 6.3 discute otros costos que no han sido incorporados en este análisis.

Los costos obtenidos para las medidas regulatorias aquí discutidas han sido asumidos como estáticos desde el punto del primer equipamiento hasta el final del período de evaluación. Sin embargo, es poco probable que este sea el caso en la práctica. Mientras que los costos pueden ser constantes (o congruentes) para una producción (para un modelo completo), es poco probable que sean congruentes de un modelo al siguiente. Habrá eficiencias de producción y presiones para la reducción de costos que implicarán una reducción de los costos de la tecnología en el tiempo. No se identificó evidencia alguna para especificar un nivel de reducción de costo que pudiera utilizarse en las tareas de modelado para explicar estas reducciones. Sin embargo, se utilizó el modelado de sensibilidad para investigar el efecto de una reducción del costo del 50 % en el período de evaluación. Las implicaciones de esta incertidumbre en estimaciones de costo se discuten junto con los resultados del análisis de sensibilidad en la Sección 7.

6.1 Ocupantes de vehículos

Como se muestra en la Sección 2.1.5, se estima que la implementación de la norma del ESC costaría, en promedio, USD 50 por vehículo.

La Figura 36 presenta el número pronosticado de autos nuevos registrados en cada uno de los cuatro países en base a una tendencia lineal a partir de la información existente entre 2005-2016. Nótese que, para Brasil, el número de autos nuevos registrados ha descendido en los últimos años, esto podría estar influido por la recesión económica desde 2012 a 2017 en el país (ver Sección 3.4). La tendencia ascendente pronosticada entre 2017 y 2030[31] se basa en la suposición de que toma aproximadamente 5 años para que las ventas de autos nuevos regresen a los niveles prerecesión (basado en la tendencia de GB tras la recesión de 2007-2010).

[31] En la Figura 36, se espera que la tendencia descendente en los registros de autos nuevos continúe hasta 2017 cuando culmine la recesión de Brasil, la tendencia de 2022-2030 se basa en una tendencia lineal de los datos desde 2005 hasta 2016 y se realiza una suposición lineal entre 2017 y 2022. En realidad, no es probable que haya un cambio radical en la tasa de nuevos registros de 2022, esa inflexión es un artefacto de la concurrencia de las dos tendencias modeladas en ese año.

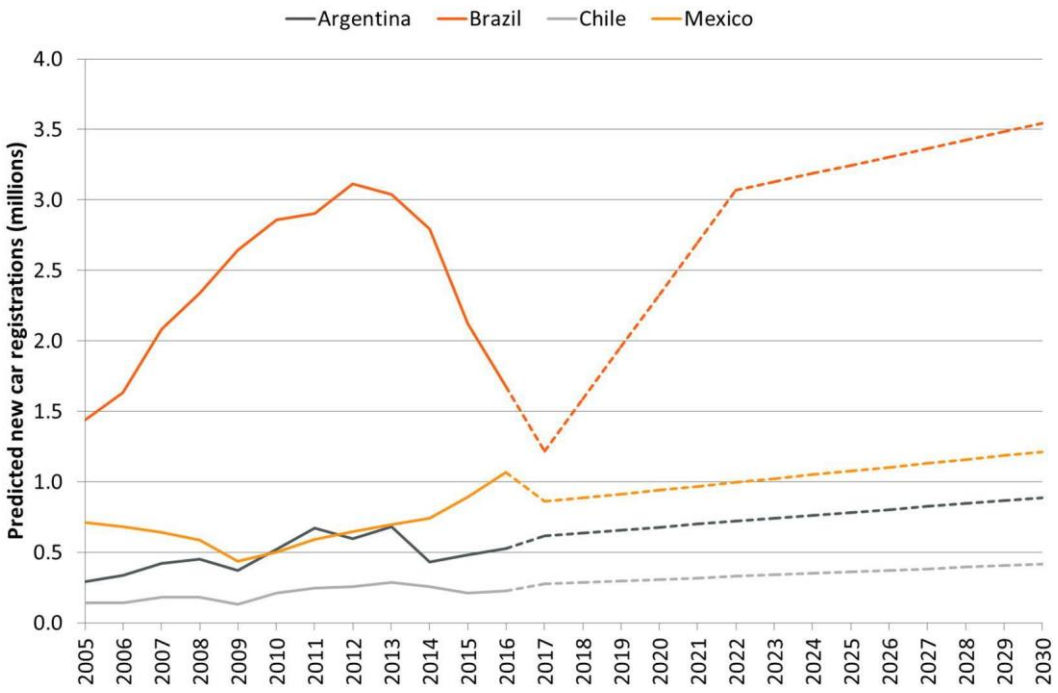


Figura 36: Número pronosticado de vehículos recientemente registrados en cada país (2005-2030)

Para estimar el costo de equipar a la flota debido a la introducción de la norma del ESC en 2020, se calcula la diferencia en el número de vehículos nuevos que ingresan a la flota con ESC por la norma y el número que ingresa a la misma por incorporación voluntaria. Luego se multiplica por los costos para cada vehículo (USD 50 por auto). Como resultado, las cifras presentadas en la Tabla 15 representan el costo adicional para cada país de introducir la norma, habiendo quitado el efecto de cualquier actualización voluntaria (de manera similar a los beneficios, estos costos son descontados de los precios 2018).

Tabla 15: Costos estimados asociados a la implementación de la norma ESC en 2020 (2020-2030)

	Adicional pronosticado Vehículos equipados, 2020 – 2030	Costo económico descontado, 2020-2030 (2018 US $, millones)
Argentina	3 086 156	109,87
Brasil	14 363 598	518,25
Chile	1 503 222	53,74
México	4 810 872	173,41
Total	**23 763 847**	**855,27**

Se estima que en total la implementación de la norma del ESC resultaría en un beneficio económico de USD 850 millones en los cuatro países.

6.2 Usuarios vulnerables de las vías

Como se explicó en la Sección 2.1.5, el costo estimado de la implementación de UVV-AEB y la protección pasiva al peatón se estimó de la siguiente manera:

- USD 261 por vehículo para UVV-AEB
- USD 258 por vehículo para protección al peatón

La aplicación del mismo método descripto en la Sección 6.1 para estas dos tecnologías nos permite calcular los costos asociados para implementar las normas asociadas en 2020. Esta estimación suprime el costo de la incorporación voluntaria que se anticipa ocurrirá de todos modos incluso en ausencia de la norma. Nótese que, aunque las estimaciones de beneficio económico se pueden dividir por tipo de UVV (peatones y ciclistas), no es posible diferenciar los costos de la misma manera: entonces si se instala un sistema UVV-AEB en un vehículo, tendrá beneficios de prevención de choque tanto para peatones como para ciclistas.

Utilizando las estimaciones para vehículos nuevos (presentados en la Figura 36), el número de autos equipados en el escenario de una incorporación voluntaria y los costos estimados, la Tabla 16 presenta los costos descontados asociados a la implementación de UVV-AEB y la Tabla 17 presenta la cifra equivalente para las normas de protección al peatón.

Tabla 16: Costos estimados asociados con la implementación de la norma UVV-AEB en 2020 (2020-2030)

	Pronóstico vehículos adicionales equipados 2020-2030	Descuento costo económico para UVV- AEB, 2020-2030 (2018 USD, millones)
Argentina	6 016 793	1136,15
Brasil	20 862 903	3953,39
Chile	2 494 486	471,75
México	7 400 237	1401,59
Total	**36 774 419**	**6962,88**

Se estima que en total la implementación de la norma UVV- AEB resultaría en un beneficio económico de USD 7000 millones en los cuatro países.

Tabla 17: Costos estimados asociados a la implementación de la norma de protección al peatón en 2020 (2020-2030)

	Pronóstico vehículos adicionales equipados 2020-2030	Descuento costo económico para protección peatones 2020-2030 (2018 USD, millones)
Argentina	4 801 373	896,70
Brasil	18 687 545	3485,98
Chile	2 787 776	519,82
México	8 268 080	1543,95
Total	**34 544 774**	**6446,46**

Se estima que en total la implementación de la norma para la protección del peatón resultaría en un beneficio económico de aproximadamente USD 6500 millones en los cuatro países.

Estos análisis muestran que el beneficio en los dos grupos de UVV para estas dos normas estaría justo por encima de los USD 13 400 millones.

6.3 Otros costos

Los costos que hemos obtenido para las tecnologías vehiculares requeridas para cumplir con los requisitos regulatorios son establecidos en términos de un precio por vehículo. Sin embargo, estos costos no solo pretenden representar costos de piezas, sino también incluir los costos de fabricación que serían un precio único por ciclo de producción. En este caso la inversión inicial podría ser grande en términos de herramientas, pero se amortiza con los vehículos producidos con esa parte o partes.

Si bien los costos de estas piezas y los de producción ya están contemplados, hay potencial para que existan otros costos en respuesta a los cambios regulatorios. Un ejemplo podría ser la implementación de centros de evaluación. Se requiere que los centros de ensayos verifiquen que los nuevos tipos de vehículos cumplan con las normas. Para la protección de impacto frontal, esto incluiría un laboratorio de ensayo de choque a gran escala donde se puedan practicar los impactos frontales a 56 km/h necesarios para verificar el cumplimiento.

En el Reino Unido hay varios centros de ensayo donde se pueden realizar pruebas de esta naturaleza. Ninguno de ellos trabaja únicamente con ensayos de choque, pero las ganancias anuales declaradas por el total de la actividad son de alrededor de £40 millones[32].

En 2013, el gobierno brasilero anunció su intención de crear instalaciones para pruebas de choque en el país[33]. Se ha informado que esto ha costado USD 50 millones, aunque no hay novedades en cuanto al estado de la construcción y la instalación.

[32] Rutland Partners (2013) Investment in Millbrook; www.rutlandpartners.com/news-and-media.html?id=90

[33] Automotive World (2013) Government to set up Brasil's first crash test centre; www.automotiveworld.com/analysis/govt-to-set-up-Brasils-first-crash-test-centre/

La creación de centros equivalentes en Argentina, Chile y México podría agregar un adicional de USD 50 millones a cada país. Es probable que compartir las instalaciones pueda mitigar la necesidad de cada país de contar con sus propias instalaciones de ensayo y el personal necesario. Sin embargo, si esto no se puede arreglar, los costos deberán ser modificados por esta cifra. El cambio para la protección de los UVV sería insignificante, pero para el ESC podría tener un peso considerable en la efectividad del costo-beneficio de la iniciativa.

Para otras áreas relacionadas con la fiscalización de la legislación, se ha supuesto que las funciones de aprobación vehicular funcionan de la misma manera que las actuales y que las autoridades de aprobación ya tienen la capacidad de lidiar con cualquier aumento en los requisitos de procesamiento.

7 Estimaciones de costo-beneficio

Esta sección considera las estimaciones de beneficios presentadas en la Sección 5 y las estimaciones de costo en la Sección 6 y calcula la relación de costo-beneficio (RCB) para cada país. Estas relaciones de costo-beneficio permiten una comparación del punto hasta el cual los beneficios exceden (o no alcanzan) los costos relacionados a la implementación de la norma equivalente en el período 2020-2030, en comparación con el escenario de referencia (que solo incluye la incorporación voluntaria para cada tecnología). Los valores mayores a 1 indican que los beneficios son mayores que los costos ocasionados. Por ejemplo, se puede interpretar una RCB de 1,5 de la siguiente manera: "por cada dólar gastado por los consumidores en comprar vehículos con estas tecnologías, hay un beneficio económico de USD 1,50 para la sociedad".

Además de los resultados generales en el período, se presentan los resultados para los años individuales y rangos de incertidumbre del análisis de sensibilidad. En el Apéndice D se brinda una descripción completa de la metodología utilizada para el análisis de sensibilidad.

7.1 Ocupantes de vehículos

La Tabla 18 muestra el año en que la norma para el ESC se vuelve positiva en relación costo-beneficio (RCB mayor que 1) en cada uno de los cuatro países. También se presentan los límites inferiores y superiores del análisis de sensibilidad.

Tabla 18: Año en que el ESC se vuelve positivo en la relación costo-beneficio en cada país

País	Primer año positivo en relación costo-beneficio	Primer año positivo en relación costo-beneficio (estimación inferior según análisis sensibilidad)	Primer año positivo en relación costo-beneficio (estimación superior según análisis sensibilidad)
Argentina	2022	2027	2021
Brasil	2022	2024	2021
Chile	2021	2023	2021
México	2024	>2030	2023
Total	**2022**	**2025**	**2021**

En cada uno de los cuatro países estudiados en este informe, los resultados sugieren que el ESC tendrá una relación positiva de costo-beneficio (RCB mayor a 1) a los pocos años de presentar la norma. Al analizar los países individualmente se pronostica que el ESC será beneficioso muy rápidamente en Chile, Brasil y Argentina, pero que tardará un poco más en México. Como se muestra en la Figuras 21 y 22, se pronostica que el número de muertes de ocupantes de vehículos en México disminuirá sustancialmente hasta 2030 incluso en ausencia de nuevas intervenciones normativas específicas (en base a la tendencia actual para la tasa de muertes de ocupantes de vehículos). Como se menciones en la Sección 3.2, esta tendencia se alinea con un aumento en el uso de motocicletas y muertes, no solo con las mejoras en la

seguridad al ocupante de automóviles. Además, México presenta la flota vehicular más antigua de los cuatro países. La renovación de la flota es lenta y como resultado, el efecto inmediato de la norma para el ESC en el número de muertes es reducido, si se lo compara con los otros países.

Las estimaciones más bajas para cada país se relacionan con el Escenario 6 (descripto en el Apéndice D) que utiliza una estimación más baja para la efectividad del ESC. Estas estimaciones demuestran que si el ESC es solamente efectivo en un 15 % (el límite inferior de confianza del 95 % para la estimación de efectividad en vehículos livianos a partir de la fuente bibliográfica [Høye, 2011]) en lugar del 38 % de efectividad, la relación costo-beneficio solo es mayor a 1 antes de 2030 en Argentina, Brasil y Chile, pero no en México.

En contraste, las estimaciones superiores se basan en el Escenario 13 que utiliza un Valor Estadístico de Vida alternativo para cada país (Viscusi y Masterman, 2017)[34] para aquellos descriptos en la Tabla 7. Estas estimaciones demuestran que si las estimaciones VSI para cada país son sustancialmente más altas (USD 2,23, USD 1,47, USD 2,33, USD 1,47 millones de dólares en 2018 para Argentina, Brasil, Chile y México respectivamente, comparado con las estimaciones medias utilizadas en el resto de este informe: USD 1,34, USD 0,91, USD 1,47 y USD 0,86 millones), la relación costo-beneficio es mayor a 1 al año de la implementación de la norma en Argentina, Brasil y Chile, y a los tres años en México).

La Figura 37 muestra la tendencia para la mejor estimación de RCB para el período 2020-2030 lo que refleja los resultados en la Tabla 18.

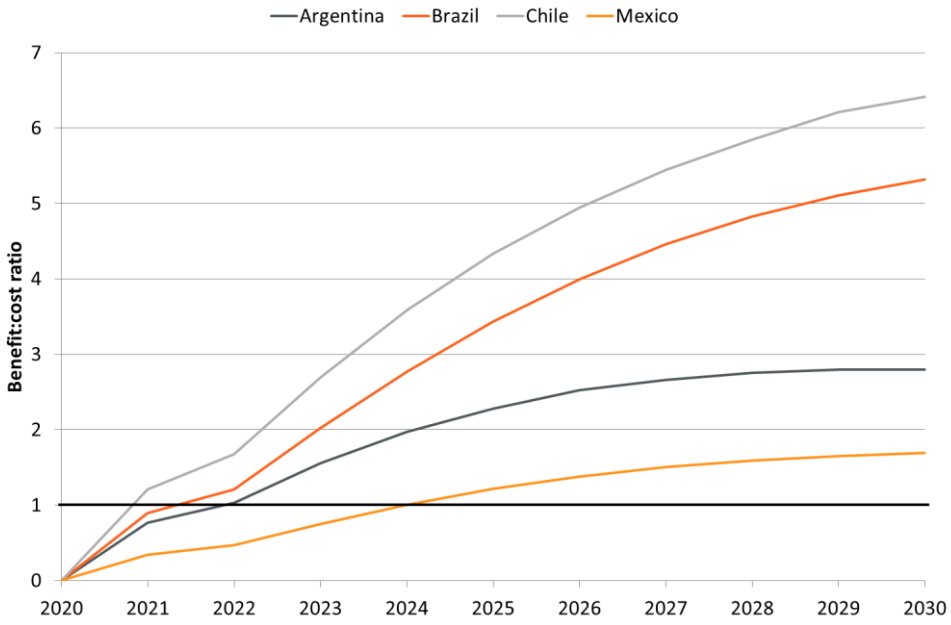


Figura 37: Relación costo-beneficio estimada asociada a la implementación de la norma del ESC en 2020 (2020-2030)

[34] A pesar de que las estimaciones de Viscusi & Masterman (2017) son más recientes que las presentadas por Bhalla et. al. (2013), las últimas fueron seleccionadas como más apropiadas para el proyecto porque este informe también estima la relación entre el PBI per cápita y lesiones graves no fatales. Estas estimaciones se utilizan en el análisis de lesiones graves en el Apéndice G. Además, Viscusi & Masterman reconocen que sus VSL exceden los valores que los legisladores de otros países han utilizado en el pasado.

La forma de estas curvas es típica de los análisis de costo-beneficio de las nuevas tecnologías: los costos de equipar los vehículos se producen durante todo el período mientras los vehículos ingresan a la flota, pero los beneficios de estos vehículos solo se acumulan gradualmente a medida que se equipa una mayor proporción de la flota. Eventualmente, se nivela la RCB y luego disminuye, a medida que la población objetivo para las colisiones disminuye a cero, al ser reducida o mitigada por la nueva tecnología.

7.2 Usuarios vulnerables de las vías

La Tabla 19 muestra la RCB acumulada para el efecto combinado de las normas para UVV-AEB y la seguridad secundaria (pasiva) a los peatones tomando en cuenta el efecto tanto en el peatón como en el ciclista.

Tabla 19: Año en que la relación costo-beneficio se vuelve positiva para los sistemas UVV-AEB y protección al peatón en cada país

País	Primer año positivo en costo beneficio	Primer año positivo en costo beneficio (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	Primer año positivo en costo beneficio (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	2024	2026	2023
Brasil	2023	2025	2021
Chile	2022	2023	2021
México	2023	2025	2021
Total	**2023**	**2025**	**2021**

A pesar de que esta tabla sugiere que las normas para los UVV tendrán una relación de costo-beneficio positiva para los cuatro países a partir de 2024 y aún antes para Brasil, Chile y México. La Figura 38 muestra la RCB para cada año en los cuatro países.

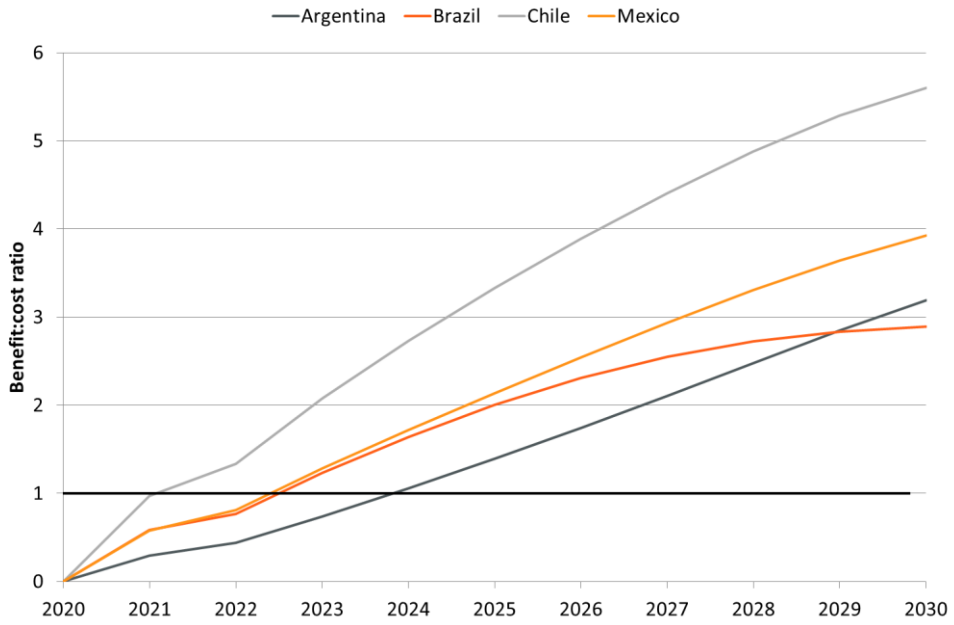


Figura 38: Relación costo-beneficio estimada asociada a la implementación de las normas de protección al peatón y UVV-AEB en 2020 (2020-2030)

Al igual que con el modelo de ocupantes de vehículos, las estimaciones más bajas de la RCB presentadas en la Tabla 19 se basan en el escenario 4 para el modelo de UVV donde se asume que la estimación de efectividad para UVV-AEB es menor y las estimaciones superiores se basan en el escenario 11 donde los costos son reducidos a la mitad. Se mantienen los mismos comentarios sobre la probabilidad de estos escenarios según se discute en la Sección 7.1.

7.3 Estimaciones generales de costo-beneficio

La Tabla 20 y la Figura 39 muestran los resultados combinados para las tres normas: ESC, UVV-AEB y protección al peatón.

Tabla 20: Año en que la combinación de tecnologías (ESC, UVV-AEB y protección al peatón) se vuelve positiva para cada país

País	Primer año costo beneficio positivo	Primer año costo beneficio positivo (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	Primer año costo beneficio positivo (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	2024	2026	2023
Brasil	2023	2025	2021
Chile	2022	2023	2021
México	2023	2025	2021
Total	**2023**	**2025**	**2021**

Estos resultados muestran que para 2024, la relación costo-beneficio supera el costo-beneficio neutro (es decir, 1) para los cuatro países y lo hace aún antes en el caso de Chile (2022), Brasil y México (2023). Lo que indica que la implementación y armonización de estas normas serían positivas para la región. La Figura 39 muestra la RCB para cada año, así como la RCB en la región marcada con una línea punteada.

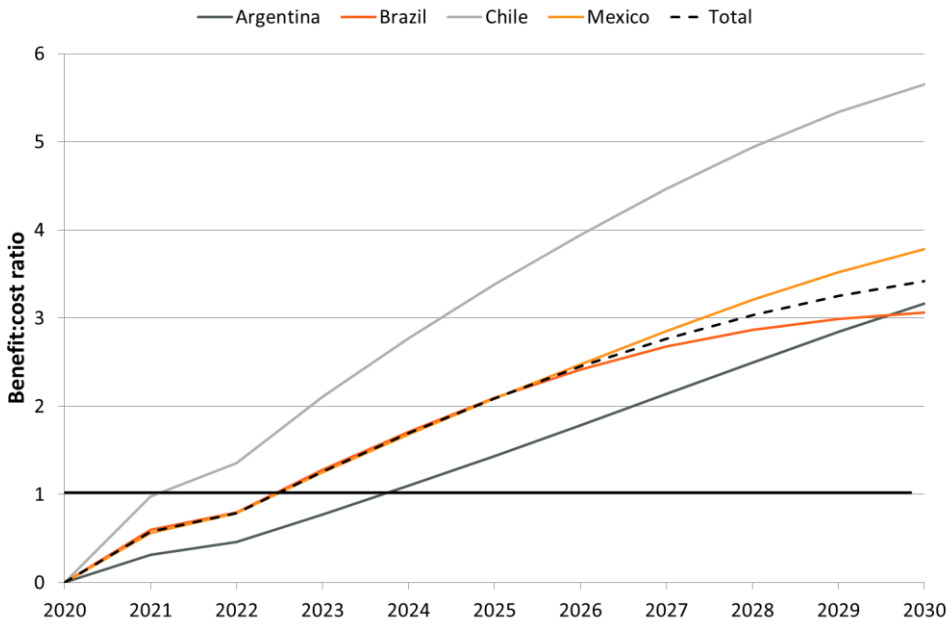


Figura 39: Relación costo-beneficio estimada asociada a la implementación de las tres normas (ESC, UVV-AEB y protección al peatón) en 2020 (2020-2030)

8 Conclusiones

En la Unión Europea (y otras regiones industrializadas) los estándares de seguridad vehicular han mejorado sustancialmente en las últimas décadas, lo que resulta en una reducción significativa del número de víctimas. Estas mejoras han sido impulsadas por normas (incluidas las normas de choques frontales y laterales) y programas de evaluación para consumidores tales como Euro NCAP que han estimulado a los fabricantes a exceder los requisitos mínimos establecidos en las normas.

La Organización Mundial de la Salud estima que la cifra de víctimas mortales por siniestros de tránsito ha ascendido a 1,35 millones de personas por año (OMS, 2018). El Informe sobre la Situación Mundial de la Seguridad Vial (OMS, 2018) destacó que mientras los vehículos de países de altos ingresos son cada vez más seguros, menos de la mitad de los países implementan los requisitos mínimos de seguridad vehicular y estos estándares no están presentes en muchos de los principales fabricantes de autos de los países de ingresos medios.

La seguridad vehicular es uno de los cinco pilares de la Década de Acción para la Seguridad Vial de las Naciones Unidas (2011-2020) y por lo tanto su inclusión en la agenda de los legisladores a nivel mundial es muy importante.

8.1 Potencial reducción del número de víctimas

Este proyecto tuvo por objetivo cuantificar el número de muertes de usuarios de las vías que podrían evitarse en las cuatro regiones principales de América Latina (específicamente Argentina, Brasil, Chile y México) si se aplicaran normas de seguridad vehicular a los autos de pasajeros. El proyecto construye sobre análisis previos que analizaron normas de seguridad secundaria mínimas y programas de evaluación para consumidores según informa en Cuerden *et al.* (2015) y Wallbank *et al.* (2016). Los análisis no consideraron los sistemas de seguridad primarios ni el efecto de los sistemas diseñados para evitar choques o reducir las lesiones asociadas a los usuarios vulnerables de las vías.

Por lo tanto, este proyecto estimó el efecto de implementar, como mínimo, normas equivalentes a estas:

- cinturones y anclajes homologados para todas las posiciones (Normas 14 y 16 de la ONU);
- protección al ocupante en choques frontales y laterales (Normas 94 y 95 de la ONU);
- Control Electrónico de Estabilidad (ESC) (Norma 140 de la ONU o GTR 8 de la ONU);
- protección al peatón (Norma 127 de la ONU o GTR 9 de la ONU);
- sistema de Frenado Autónomo de Emergencia (AEB) para Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV).

Debido a la ausencia de evidencias de mejoras sustanciales en seguridad vehicular desde los últimos proyectos, se concluyó que en general, los autos actuales en América Latina todavía están 15 años atrasados en relación a Gran Bretaña. Por lo tanto, el modelado de seguridad secundaria para ocupantes de vehículos se construyó sobre el supuesto de que los modelos de autos de 2016 en los cuatro países de América Latina son como los vendidos en Europa en

2001.

La actualización de los resultados de los beneficios de la seguridad secundaria de aquellos proyectos previos llevó a estimar que, de continuar implementando un mínimo de normas de seguridad vehicular de acuerdo a lo planificado, se evitarán más de 11 000 muertes de ocupantes de vehículos en los cuatro países de este estudio entre 2017 y 2030. Esto supone que la Norma 94 de la ONU (protección al ocupante en choque frontal), la Norma 95 (protección al ocupante en choque lateral) y las Normas 14 y 16 (cinturones de seguridad homologados y anclajes para todas las posiciones) sean obligatorias para los vehículos nuevos en los cuatro países. Estas son buenas noticias para estos países y, si las normas se implementan y cumplen de acuerdo a lo planificado, se demostrarán sus grandes beneficios en la próxima década.

Además de estos datos, el proyecto ha estimado el número de muertes de ocupantes de vehículos que se podrían evitar con el sistema de seguridad primario ESC: el modelo estima que podrían evitarse 2200 muertes más entre 2020 y 2030 si se introdujese la norma adecuada en 2020 para todos los modelos nuevos y en 2022 para todos los autos nuevos. De manera similar, cuando se consideran las normas para los UVV, los modelos estiman que UVV-AEB y la protección al peatón salvarán hasta 11 000 peatones y 1400 ciclistas entre 2020 y 2030. La Tabla 21 muestra cómo se desglosan estas cifras por país.

Tabla 21: Estimación de vidas salvadas por la implementación de cada norma de seguridad vehicular en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas, 2020-2030		
	ESC para ocupantes de vehículos	UVV-AEB y protección al peatón para peatones	UVV-AEB y protección al peatón para ciclistas
Argentina	160	829	171
Brasil	1699	5871	857
Chile	142	851	124
México	206	3187	222
Total	**2207**	**10 738**	**1373**

Además de las muertes evitadas que se pronostican anteriormente, se estima que se hubiesen salvado otras 15 000 vidas entre 2020 y 2030 de haberse tomado acciones regulatorias para asegurar la instalación del ESC en toda la flota de vehículos para 2020. Este beneficio adicional no se logrará debido al tiempo que llevaría renovar de la flota y reemplazar a los autos más antiguos que no cuentan con ESC.

Por último, además de las muertes evitadas, también se aplicó una simplificación del proceso de modelado para estimar el número de lesiones graves evitadas. Los resultados estiman que entre 2020 y 2030 se evitarán:

- unas 8000 lesiones graves de ocupantes de vehículos.
- unas 120 000 lesiones graves a peatones.
- unas 44 000 lesiones graves a ciclistas.

8.2 Costos y beneficios económicos

El método del Valor de una Vida Estadística (VSL) estima la pérdida económica debido a los siniestros de tránsito en términos del PBI per cápita. Esta metodología tiene limitaciones, pero su aplicación a las muertes y lesiones graves evitadas (solo para aquellas normas que aún no han sido implementadas en cada país) sugiere que la implementación de la norma del ESC podría ahorrar hasta 2350 millones de dólares (USD 2018) en el período 2020-2030. La adopción de AEB para los UVV y la protección secundaria (pasiva) para los peatones y ciclistas podría ahorrar más de 26 500 millones de dólares en el mismo período.

Los costos se obtuvieron de la bibliografía para abordar los cambios vehiculares que tendrían que hacerse para equipar a todos los autos nuevos con partes y componentes tecnológicos necesarios para cumplir con estas normas. Los costos correspondientes para la región son 850 millones de dólares para adoptar sistemas ESC y 13 400 millones para adoptar medidas de protección para los UVV.

La comparación de los beneficios y costos, considerando tanto las muertes como las lesiones graves muestra que las relaciones costo-beneficio para cada uno de los países es mayor que 1 en los siguientes años:

Tabla 1: Años en los que la relación costo-beneficio es mayor que 1

País	Año en que el ESC muestra un costo-beneficio positivo (muertes y lesiones graves)	Año en que las medidas para proteger a los UVV muestra un costo-beneficio positivo (muertes y lesiones graves)
Argentina	2022	2024
Brasil	2022	2023
Chile	2021	2022
México	2024	2023
Total	**2022**	**2023**

Los años equivalentes en que las medidas logran una relación costo-beneficio mayor que uno al considerar solamente las muertes se muestran en las Tablas 27 y 29 en el Apéndice G.

Además, la comparación de los beneficios y costos acumulados de muertes y lesiones graves lleva a las siguientes relaciones de costo-beneficio acumuladas para la región para 2030[35]:

- ESC = 2,75
- Medidas de protección a los UVV = 1,98

Nótese que si bien se espera que la relación acumulada de costo-beneficio en la región para el ESC aumente por encima de 1 para 2022, en México se espera que lleve hasta 2024 para que los beneficios anuales superen los costos anuales. Este resultado para México se debe a la reciente tendencia a la baja en la tasa de muertes de ocupantes de vehículos (número de

[35] Si se cuentan solo los beneficios en relación a las muertes solamente, la relación costo-beneficio para los cuatro países entre 2020 y 2030 es: 1,58 para el CEE y 0,61 para las medidas de protección a los UVV.

muertes cada 100 millones de km pasajero, por año) y una lenta renovación de la flota de automóviles. Se ha sugerido que la reducción en la tasa de muertes de ocupantes de vehículos podría estar vinculada al aumento en el uso de motocicletas y muerte de motociclistas más que a una mejora en la seguridad de los ocupantes. Por la razón que sea, si las mejoras de seguridad para los ocupantes en el país se enlentecen, entonces los beneficios del ESC podrían ser mayores. De la misma manera, si la proporción de la flota vehicular que se renueva cada año aumenta, entonces el retorno de la inversión en el equipamiento con ESC será mayor y se notará antes.

En cambio, se espera que el ESC muestre una relación costo-beneficio positiva muy rápidamente en Brasil y Chile (al año o dos años de la introducción de la norma) y razonablemente rápido en Argentina (3 años luego de ser implementada).

Para las medidas de protección para los UVV, se espera que la relación costo-beneficio acumulada agregada para la región supere el valor de 1 para 2023. En Argentina, sin embargo, se espera que la relación costo-beneficio anual supere 1 en 2024. Sin embargo, la relación de costo-beneficio agregada alcanza un valor anual de 1 muy rápidamente para Chile (para 2022) y razonablemente rápido para Brasil y México (para 2023). De los cuatro países, Argentina tiene la menor proporción de peatones en las muertes por siniestros de tránsito (10 %) Los ocupantes de automóviles (50 %) y los motociclistas (30 %) representan la mayoría de los usuarios de las vías muertos en Argentina. Esto explica por qué los cambios para la protección de los usuarios vulnerables (peatones y ciclistas) llevaría la mayor cantidad de tiempo para un retorno positivo a la inversión de los cambios implementados en la flota vehicular.

Estos resultados proponen que, de considerarse tanto las lesiones graves como las muertes, las normas para el ESC y los UVV tendrían una relación de costo-beneficio positiva en los cuatro países. Sin embargo, se debería ser cauteloso con estas estimaciones dado que tal como se discute en el Apéndice H, hay supuestos sustanciales sobre las cifras de víctimas que podrían significar que el número de lesiones graves evitadas no refleja verdaderamente las cifras observadas en cada país.

8.3 Limitaciones del modelo

El modelo presentado en este trabajo ha utilizado varios supuestos y valores de entrada para pronosticar los efectos de introducir una variedad de normas de seguridad vehicular en cuatro países de América Latina. Las predicciones a futuro están, por definición, inherentemente sujetas a cierto grado de incertidumbre. Este estudio ha utilizado valores de entrada basados en tendencias históricas y si bien el análisis de sensibilidad (Sección Apéndice D) brinda una evaluación sobre el efecto que las desviaciones de la tendencia esperada podrían tener sobre el resultado, no puede explicar completamente los cambios extremos en las circunstancias. Se deben tomar en cuenta las siguientes limitaciones significativas del modelo de simulación y las estimaciones de valores de entrada al interpretar los resultados.

Las predicciones se basan en el supuesto de que las tendencias actuales de muertes por siniestros de tránsito continúan como lo han hecho en los últimos años. Para algunos países (Chile y México) estas tendencias se basan en más de 10 años de información, pero para otros (Brasil y Argentina) la información es limitada. Si bien las cifras de muertes utilizadas han sido verificadas en varias fuentes (cuando fue posible), los autores no pueden asegurar cuán

fiables son. Por ejemplo, si han cambiado los niveles de subregistros[36] o existen sesgos inherentes en los datos provistos, estas tendencias podrían no ser ciertas en el futuro.

Además, este método no puede captar ninguna alteración potencial que pueda ocurrir en el mercado de la movilidad en el futuro, tal como un cambio radical en el escenario de colisiones por la conducción autónoma, la movilidad como un servicio que reduzca la propiedad de autos privados, o una crisis económica grave que reduzca la incorporación de vehículos nuevos. Las alteraciones son altamente inciertas e imposible de predecir en relación a cuándo y en qué medida ocurrirán y por lo tanto su efecto no puede ser capturado en los modelos. Si ocurrieran tales cambios, entonces el efecto de implementar normas de seguridad vehicular en América Latina podría ser drásticamente diferente a los aquí pronosticados.

La efectividad y estimaciones de costo utilizados tienen un grado de incertidumbre. El nivel de incertidumbre varía entre las medidas de seguridad; existen numerosos estudios sobre la efectividad de los sistemas ESC, pero dados los avances con UVV-AEB (que no tienen aún una norma correspondiente ni en Europa ni en las Naciones Unidas) se han propuesto pocas estimaciones más allá de los estudios de alcance tecnológico. Las normas de protección pasiva al peatón son diferentes otra vez, ya que la investigación formativa para evaluar la norma europea se completó hace más de diez años. Las estimaciones de costo se establecieron a partir de la bibliografía relevante y por lo tanto es considerada para representar los valores más altos de evidencia que se podrían adquirir en el plazo de este proyecto. Sin embargo, desde que se publicaron, los fabricantes han reducido los costos de incorporar las mismas medidas en los últimos modelos de vehículos y parece poco realista esperar que los costos totales obtenidos a partir de la revisión bibliográfica sean alguna vez adjudicados por completo a los consumidores. Para tratar la incertidumbre restante en estos valores, se utilizaron, para el análisis de sensibilidad, las estimaciones superiores e inferiores.

Los resultados del análisis de costo-beneficio deben interpretarse con este contexto en mente y entendidos como una predicción basada en la evidencia de la relación de costo-efectividad de las normas si las tendencias históricas continúan dentro de un rango de incertidumbre esperada.

Además, con la implementación de cualquier norma, serán necesarias medidas para asegurar su cumplimiento. Esta investigación no ha estudiado en detalle si se requerirán cambios sustantivos para la fiscalización de la seguridad vehicular en cualquiera de los cuatro países de forma de lograr el beneficio pronosticado. Sin embargo, se debería reconocer esta necesidad junto con las predicciones presentadas.

8.4 Resumen de resultados clave

[36] Nótese que existe evidencia de información hospitalaria de México de que el número de muertes registrado por información provista por la policía (fuente INEGI) es mucho menor que la información provista por las estadísticas de muerte de los hospitales (STCONAPRA, 2017). Mientras que esto sugiere un grado de subregistro en las cifras utilizadas en este informe, las tendencias en los datos hospitalarios en el período de tiempo disponible (2011-2015) fueron similares a aquellos observados en los datos provistos por la policía y por lo tanto no había evidencia que sugiriese que el subregistro haya cambiado en el tiempo. Para maximizar el número de años de información disponible para este análisis, y para reflejar las cifras informadas utilizadas en el Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial (OMS), se tomó la decisión de usar cifras de muertes informadas por la policía para todos los países.

Este análisis ha mostrado que los cuatro países incluidos en este estudio ya podrían haber evitado más de 11 000 muertes de ocupantes de vehículos entre 2017 y 2030 a través de la implementación de las Normas 94 y 95 de la ONU (protección al ocupante de vehículos en choques frontales y laterales) y las Normas 14 y 16 de la ONU (cinturones homologados y anclajes para todas las posiciones).

Además, si se implementaran los sistemas de ESC, seguridad secundaria para peatones y AEB para los UVV, entonces se estima que éstas tendrían el potencial para:

- Salvar alrededor de 14 000 vidas durante el período 2020 y 2030 (y alrededor de 290 000 lesiones graves).
- Tener un beneficio económico de USD 28 900 millones (9500 millones de dólares al incluir solo las lesiones fatales).
- Brindar una relación de costo-beneficio en un año mayor a 1 para 2023 (2028 solo para las lesiones fatales).

La combinación de normas de cinturones y anclajes para cinturones, choques frontales y laterales, ESC, seguridad secundaria para la protección del peatón y AEB para los UVV podrían salvar más de 25 000 vidas en Argentina, Brasil, Chile y México para 2030 y evitar más de 170 000 lesiones graves.

8.5 Recomendaciones

Algunas recomendaciones que surgen de este estudio son claras, por ejemplo:

- Las cifras de muertes han sido factoreadas para representar una definición estándar de 30 días (donde la muerte debe haber ocurrido dentro de los 30 días posteriores al choque). Sería útil asegurar que toda la información se recolecte sobre esta base para todos los países.
- Se recomienda que Brasil implemente en un tiempo razonable la Norma 95 de la ONU de protección al ocupante del vehículo en caso de impacto lateral. Esto ha sido implementado (o su futura implementación anunciada) por los otros tres países incluidos en este estudio y debería homologarse en toda América Latina, en especial dado el potencial de estas medidas de seguridad secundaria para salvar vidas en la región. La consecuencia de no alinear los cronogramas para esta medida, no solo implica que no se desarrolló el potencial de salvar vidas de las contramedidas, sino también que se pospongan o cancelen las iniciativas en otros países. El ejemplo aquí se da con la implementación del sistema de ESC en Argentina la cual se ha pospuesto para alinearse con otros países. A su vez, también se recomienda que México complete la implementación de las normas de seguridad estructural a los choques para cumplir con su parte en los requisitos de armonización para los cuatro países.
- El uso del cinturón de seguridad es vital para la seguridad de los ocupantes de vehículos y es un requisito fundamental para alcanzar los beneficios estimados para las medidas de seguridad secundaria de protección ante impactos. En otras regiones del mundo, los avisadores de cinturón de seguridad han mostrado ser efectivos en aumentar las tasas de uso de cinturones de seguridad. Por lo tanto, para maximizar

los beneficios de las medidas de seguridad secundaria de protección ante impactos, se recomienda que los cuatro países aseguren que sus requisitos para cinturones de seguridad incluyan el cumplimiento obligatorio de la Norma 16 de la ONU (o una equivalente) a un nivel de revisión que requiere avisadores de cinturón de seguridad para la posición del conductor. Promulgar la última versión de la Norma 16 de la ONU incluiría implícitamente el requisito para avisadores de cinturón de seguridad y ayudaría a la armonización mundial de estándares de seguridad.

- La relación de costo-beneficio pronosticada para el ESC en los cuatro países recomienda su implementación en toda la región, con los beneficios anuales superando los costos a los pocos años de la implementación.

El diseño vehicular amigable para los impactos contra los usuarios vulnerables de las vías es especialmente importante para las regiones que tienen un número sustancial de este tipo de víctimas. Adoptar la norma de protección al peatón (GTR 9 o Norma 127 de la ONU) asegura un nivel mínimo de protección en caso de choque con un auto de pasajeros. Sin embargo, hay una oportunidad para que América Latina capitalice el sistema de Frenado Autónomo de Emergencia para Usuarios Vulnerables de las Vías que está surgiendo y probablemente sea obligatorio en Europa.

- En caso de implementarse en 2020, estas medidas de protección al usuario vulnerable de las vías tienen el potencial de salvar más de 12 000 vidas entre 2020 y 2030.
- Estas medidas de protección al usuario vulnerable tienen una relación de costo-beneficio anual que se vuelve mayor a uno para 2024 en Brasil, Chile y México y para 2029 en Argentina, debido al efecto de las medidas en el número de muertes y lesiones graves.

También se pueden justificar otras recomendaciones.

- Se observa que en Argentina se pospusieron las iniciativas para implementar los sistemas de ESC para armonizar la legislación con Brasil. Por esta razón y para maximizar el potencial para salvar vidas, se deberían fijar las mismas fechas de implementación para sistemas de ESC en toda América Latina. La legislación puede ser la única manera de asegurar un equipamiento igualitario de ESC en todos los segmentos del mercado automotriz y, por lo tanto, alcanzar una igualdad de protección para los ocupantes.
- En Europa, la norma de protección al peatón mediante medidas de seguridad secundarias se complementó con los requisitos para el equipamiento de Sistemas de Frenado Asistido (BAS). Agregar el requisito obligatorio de equipar a los vehículos con BAS puede mejorar la efectividad de la norma para los UVV. También puede traer beneficios para otros usuarios de las vías, heridos en otras colisiones con sistemas de frenado de emergencia iniciados por el conductor.

Agradecimientos

Este informe representa contribuciones combinadas de dos grupos dentro de TRL. Los autores agradecen a todos los miembros del equipo que han contribuido con el proyecto. Especialmente a Arun Kalaiyarasan, Agnes Boscoe-Wallace, Rishabh Ramnath, Robert Hunt y David Hynd quienes han contribuido sustancialmente con la información presentada en este informe.

En las discusiones sobre los procesos de fabricación y producción, los autores quisieran reconocer el aporte discursivo brindado por Alan Thomas de Consultancy and Research (CAVT, Ltd.).

En ocasiones, la información de los cuatro países considerada para este proyecto fue escasa. Por lo tanto, los autores también quisieran agradecer la orientación y bibliografía de apoyo brindada por Dr. Marcilio Alves de la Universidad de San Pablo, Brasil, Stephan Brodziak del Poder del Consumidor, México y Sonia Aguilar González y Saul Alveano de World Resources Institute, México.

Gracias a las discusiones con Nhan Tran, se obtuvo información sobre los datos disponibles de la Organización Mundial de la Salud, también le agradecemos los datos provistos para apoyar esta investigación.

Referencias

Abeles EC (2004). *The ability of automakers to introduce a costly, regulated new technology: a case study if automotive airbags in the U.S. light-duty vehicle market*. University of California, Davis; Institute of Transportation Studies, http://escholarship.org/uc/item/5cj9h1qr.

Alves M (2015). Road fatalities among Brasilian children: legislation and data analyses. *13th international conference on the Protection of children in cars, Munich, Germany.* TÜV SÜD.

BBVA (2012). *Chile Automobile Market Outlook*. BBVA Research Latam: Santiago de Chile.

BBVA (2013). *Chile Automobile Market Outlook*. BBVA Research: Santiago de Chile.

Bhalla K, Sharaz S, Abraham J, Bartels D and Yeh PH (2011). *Road Injuries in 18 Countries. Methods, Data Sources and Estimates of the National Incidence of Road Injuries*. Harvard School of Public Health, Harvard University: Boston, Massachusetts .

Bhalla K, Diez-Roux E, Taddia A, De La Pena Mendoza S and Pereyra A (2013). *The Costs of Road Injures in Latin America 2013*. Inter-American Development Bank.

Cars Magazine 2018, *Sorry: the mandatory ESP was postponed in Argentina.*, viewed 1 February 2018, <http://www.carsmagazine.com.ar/se-postergo-la-obligatoriedad-del-esp-en-argentina/>.

Central Bank News, *Central Bank News.*, viewed January 2018, <http://www.centralbanknews.info/p/inflation-targets.html>.

Central Bank of Argentina, *Politica Monetaria.*, viewed January 2018, <http://www.bcra.gob.ar/PoliticaMonetaria/Politica_Monetaria_i.asp>.

Central Bank of Brasil. *Inflation Targeting in Brasil.*, viewed January 2018 Available from: http://www.bcb.gov.br/pec/metas/InflationTargetingTable.pdf.

CONASET (2017). *Estadisticas Generales.*, viewed November 2017 Available from: https://www.conaset.cl/estadisticas-generales/.

Cuerden R, Lloyd L, Wallbank C and Seidl M (2015). *The potential for vehicle safety standards to prevent road deaths and injuries in Brasil. TRL Published Project Report PPR766*. Transport Research Laboratory (TRL): Wokingham, United Kingdom.

Dailey J (2016). *Cost and weight analysis or rear center 3-point belts and indirect tire pressure monitoring systems* (Report FEV-P311859). FEV, U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Dang JN (2008). *Cost and weight analysis of advanced frontal air bag systems*. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Department for Transport (2012). *A valuation of road accidents and casualties in Great Britain: Methodology note*. Department for Transport: London.

DfT (2015). *Seat belt and mobile phone use surveys: England and Scotland, 2014*. Department for Transport.

Driver and Vehicle Licensing Agency (DVLA) 2016, *Number of cars in the UK over 20 years of age.*, viewed 1 February 2018, <https://www.gov.uk/government/publications/number-of-cars-in-the-uk-over-20-years-of-age>.

European Commission (2002). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*.

European Commission (2008). *Guide to Cost Benefit Analysis of Investment Projects*. Directorate General Regional Policy.

European Commission (2014). *Guide to Cost-Benefit Analysis of Investment Projects*. Directorate General for Regional and Urban Policy, Brussels.

Financial Times 2017, *Brasil ends worst recession as GDP expands for second straight quarter.*, <https://www.ft.com/content/5e4c3cee-d42a-392d-aa8c-06d61ac80c1c>.

Fladmark GL and Khadilkar AV (1997). *Cost estimates of (1) Side impact crash protection of 1993-95 vs 1996 model year passenger cars; (2) Automatic crash protection of 1996 model year pickup trucks, vans, ad MPV's; and (3) Automatic crash protection of two 1996 model year passenger cars* (Report No. DOT HS 809 803, Volume III). Biodynamics Engineering Inc., U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Freedman M, Lerner N, Zador P, Singer J and Levi S (2009). *Effectiveness and Acceptance of Enhanced Seat Belt Reminder Systems: Characteristics of Optimal Reminder Systems*. NHTSA: Washington.

Gilbert J 2014, *Argentina's car troubles.*, viewed 1 February 2018, <https://www.newyorker.com/business/currency/argentinas-car-troubles>.

Global NCAP (2015). *Road Map for Safer Cars 2020. Democratising Road Safety*. Global NCAP: London.

Hamdane H, Serre T, Masson C and Anderson R (2015). Issues and challenges for pedestrian active safety systems based on real world accidents. *Accident Analysis and Prevention*, 53-60.

Hardy BJ, Lawrence GJL, Knight IM and Carroll JA (2006). *A study in the feasibility of measures relating to the protection of pedestrians and other vulnerable road users - Final 2006* (UPR/VE/045/06). TRL, TRL: Wokingham, U.K.

Hardy BJ, Lawrence GJL, Knight IM and Carroll JA (2006). *A Study on the Feasibility of Measures Relating to the Protection of Pedestrians and other Vulnerable Road Users*. TRL Limited.

HM Treasury (2003). *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government*. TSO: London.

HM Treasury (2013). *The Green Book: Appraisal and Evaluation in Central Government.*, viewed January 2018 Available from: https://www.gov.uk/government/publications/the-green-book-appraisal-and-evaluation-in-central-governent.

Høye A (2011). The effects of Electronic Stability Control (ESC) on crashes—An update. *Accident Analysis and Prevention, 43*, 1148-1159.

Iaych K (n.d). *Estimation of Road Traffic Fatalities for the Global Status Report on Road Safety*. World Health Organisation.

INEGI (2017). *Mortalidad general.*, viewed November 2017 Available from: http://www.inegi.org.mx/est/lista_cubos/consulta.aspx?p=adm&c=4.

International Monetary Fund (2017). *IMF World Economic Outlook*. Washington DC.

IRTAD/OECD/ITF (2015). *Why does road safety improve when economic times are hear?* International Transport Forum: Paris.

Kahane CJ (1996). *Fatality reduction by air bags, analyses of accident data through early 1996* (Report No. DOT HS 808 470). U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Lawrence GJL, Hardy BJ, Carroll JA, Donaldson WMS, Visvikis C and Peel DA (2004). *A study on the feasibility of measures relating to the protection of pedestrians and other vulnerable road users*. TRL, TRL: Wokingham, U.K.

Lawrence GJL, Hardy BJ, Carroll JA, Donaldson WMS, Visvikis C and Peel DA (2004). *A study on the feasibility of measures relating to the protection of pedestrians and other vulnerable road users*. TRL: Wokingham, U.K.

Lie A, Krafft M, Kullgren A and Tingvall C (2008). Intelligent seat belt reminders-do they change driver seat belt use in Europe? *Traffic Injury Prevention*, 446-449.

Lopez H (2008). *The Social Discount Rate: Estimates for Nine Latin American Countries*. The World Bank.

Mazzucco J (2015). 58 % of automobiles in Chile are aged 10 years or less., *Pulso*, p. 22, viewed July 2016, <http://static.pulso.cl/20150415/2101822.pdf>.

McCarthy M and Seidl M (2014). *Benefit assessment for fitment of Seat Belt Reminder (SBR) systems to M1 passenger seat positions and to other vehicle types* (TRL Client Project Report CPR1818). European Union (EU) Publications (https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/cd34fa16-58c2-47dc-b66b-75c3105b749f).

McLean RF, Eckel C and Cowan D (1978). *Cost evaluation for four federal motor vehicle safety standards* (Report No. DOT-HS-803 871). U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Moguillansky G and Bielschowsky R (2001). *Investment and Economic Reform in Latin America.*, Economic Commission for Latin America and the Caribbean, Santiago.

Moran D, Bose D and Bhalla K (2017). Impact of improving vehicle front design on the burden of pedestrian injuries in Germany, the United States and India. *Traffic Injury Prevention, 18*(8), 832-838.

Mueller B, Farmer C, Jermakian J and Zuby D (2013). Relationship between pedestrian headform tests and injury and fatality rates in vehicle-to-pedestrian crashes in the United States. *Stapp Car Crash Journal, 57*, 185-199.

OECD 2018, *OECD Data.*, viewed January 2018, <https://data.oecd.org/gdp/gdp-long-term-forecast.htm>.

OECD (2018). *Passenger Transport.*, viewed July 2018 Available from: https://data.oecd.org/transport/passenger-transport.htm.

OECD/ITF (2016). *Road Safety Annual Report 2016*. OECD Publishing: Paris.

OECD/ITF (2017a). *Road Safety Annual Report 2017*. OECD Publishing: Paris.

OECD/ITF (2017b). *Benchmarking Road Safety in Latin America*. International Transport Forum: Paris.

OICA (2017). *Sales of new vehicles 2005-2016.*, viewed October 2017 Available from: http://www.oica.net/category/sales-statistics/.

OICA (2017). *Vehicles in Use 2005-2015.*, viewed October 2017 Available from: http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/.

Paez FJ, Crespo AF and Romero AB (2015). Benefits assessment of autonomous emergency braking pedestrian systems based on real world accident reconstruction.

Pastor C (2013). Correlation Between Pedestrian Injury Severity in Real-Life Crashes and Euro NCAP Pedestrian Test Results. *23rd International Technical Conference on the Enhanced Safety of Vehicles (ESV), Seoul, South Korea.*

Posada F and Facanha C (2015). *Brasil Passenger Vehicle Market Statistics: International Comparative Assessment of Technology Adoption and Energy Consumption*. International Council on Clean Transportation: Washington DC.

PwC (2014). *Doing Business in México Automotive Industry*. PwC México.

Ricardo Inc. (2012). *Cost & weight analysis of Forward Collision Warning System (FCWS) and related braking systems for light vehicles*. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA), https://www.regulations.gov/document?D=NHTSA-2011-0066-0011: Washington, D.C., U.S.A.

Rosén E and Sander U (2009). Pedestrian fatality risk as a function of car impact speed. *Accident Analysis and Prevention*.

Rosen E, Kallhammer JE, Eriksson D, Nentwich M, Fredriksson R and Smith K (2010). Pedestrian injury mitigation by autonomous braking. *Accident Analysis and Prevention*, 1949-1957.

Rosen E (2013). Autonomous Emergency Braking for Vulnerable Road Users. *IRCOBI Conference, Sweden.*

Seerig LM, Bacchieri G, Nascimento GG, Barros AJ and Demarco FF (2016). *Use of motorcycle in Brasil: users profile, prevalence of use and traffic accidents occurrence - a population-based study*. SciELO.

Seidl M, Hynd D, McCarthy M, Martin P, Hunt R, Mohan S, Krishnamurthy V and O'Connell S (2017). *In-depth cost-effectivenesss analysis of the identified measures and features regarding the way forward for EU vehicle safety*. European Commission: Brussels.

Simons JF (2017). *Cost and weight added by the Federal Motor Vehicle Safety Standards for Model Years 1968 to 2012 in passenger cars and LTVs* (DOT HS 812 354). Bowhead Logistics Solutions, LLC., U.S., Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Statistica 2017, *Number of motorcycles registered in México between 2010 and 2015 (in 1,000 units).*, viewed Decemeber 2017, <https://www.statista.com/statistics/615457/México-motorcycle-registrations/>.

STCONAPRA (2017). *Informe sobre la Situación de la Seguridad Vial, México 2016*. Secretaría de Salud.

Strandroth J, Sternlind S, Lie A, Tingvall C, Rizzi M, Kullgren A, Ohlin M and Fredriksson R (2014). Correlation between Euro NCAP pedestrian test results and injury severity in injury crashes with pedestrians and bicyclists in Sweden. *Stapp Car Crash Journal, 58*, 213-231.

Tarbet MJ (2006). *Cost and Weight Analysis of the Combined System of Electronic Stability Control (ESC), Anti-Lock Braking System (ABS), and Traction Control System (TCS)*. NHSTA: Washington, DC.

The World Bank (2017). *World Bank Data Catalog.*, viewed January 2018 Available from: http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators.

U.S. Bureau of Labor Statistics (2018). *Consumer Price Index for All Urban Consumers: New vehicles.*, viewed 3 August 2018 Available from: FRED, Federal Reserve Bank of St. Louis; https://fred.stlouisfed.org/series/CUUR0000SETA01.

U.S.Commercial Service (Third Edition). *Automotive Resource Guide - A Reference for U.S. Exporters.*, <https://www.trade.gov/td/otm/assets/auto/CS_Resource_Guide.pdf>.

UN (2008). *Global Technical Regulation No.9 Pedestrian Safety*. United Nations: Geneva.

UN (2015). *Uniform Provisions Concerning the Approval of Motor Vehicles with Regard to their Pedestrian Safety Performance*. United Nations: Geneva.

United Nations (2013). *World Population Prospects The 2012 Revision - Highlights and Advance Tables*. United Nations: New York.

United Nations (2016). *The Sustainable Development Goals Report 2016*. United Nations: New York.

United Nations, General Assembly (2018). *Resolution 72/271 Improving global road safety.*, viewed 7 August 2018 Available from: http://www.un.org/en/ga/search/view_doc.asp?symbol=A/RES/72/271&referer=/english/&Lang=E.

United Nations, Population Division (2017). *World Population Prospects 2017: Total Population - Both Sexes.*, viewed November 2017 Available from: https://esa.un.org/unpd/wpp/Download/Standard/Population/.

Valour Internations (2016). *Car fleet starts aging again after two decades.*, viewed January 2018 Available from: http://www.valor.com.br/international/news/4534673/car-fleet-starts-aging-again-after-two-decades.

Viscusi WK and Masterman CJ (2017). Income Elasticities and Global Values of a Statistical Life. *Journal Benefit Cost Anaysis, 8*(2), 226–250. doi:10.1017/bca.2017.12.

Wallbank C, McRae-McKee K, Durrell L and Hynd D (2016). *The potential for vehicle safety standards to prevent deaths and injuries in Latin America. TRL Published Project Report PPR797*. Transport Research Laboratory (TRL): Wokingham, United Kingdom.

Waltonen Engineering, Inc. (2014). *Cost and weight analysis for pedestrian protection*. U.S. Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA): Washington, D.C., U.S.A.

Wegman F, Allsop R, Antoniou C, Bergel-Hayat R, Elvik R, Lassarre S, Lloyd D and Wijnen W (2017). How did the economic recession (2008-2010) influence traffic fatalities in OECD-countries? *Accident Analysis and Prevention, 102*, 51-59.

WHO (2009). *Global status report on road safety 2009*. World Health Organization.

WHO (2015). *Global status report on road safety 2015*. World Health Organization.

WHO (2016). *WHO Mortality Database.*, viewed November 2017 Available from: http://apps.who.int/healthinfo/statistics/mortality/whodpms/.

WHO (2018). *(World Health Organization) Discussion Paper: Developing indicators for voluntary global performance targets for orad safety risk factors and service delivery mechanisms.*, viewed 7 August 2018 Available from: http://www.who.int/violence_injury_prevention/road_traffic/Discussion-Paper-on-Proposed-Indicators.pdf?ua=1.

WHO (2018). *(World Health Organization) Health Statistics and information statistics: Disease burden and mortality estimates.*, viewed 15 June 2018 Available from: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/estimates/en/.

WHO (2018). *Global status report on road safety 2018*. World Health Organization.

WHO/FIA/GRSP/WB (2013). *Pedestrian Safety: A Road Safety Manual for Decision-Makers and Practitioners*. World Health Organisation: Geneva.

World Bank Group 2017, *GDP per capita.*, viewed November 2017, <www.data.worldbank.org>.

World Bank Group (2018). *Global Economic Prospects.*, viewed January 2018 Available from: https://data.worldbank.org/data-catalog/global-economic-prospects.

World Bank group 2018, *The World Bank.*, viewed January 2018, <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.KD>.

Apéndice A Incorporación de tecnología en la flota

Hay dos aspectos a considerar a la hora de estimar el equipamiento con ESC, UVV-AEB o protección al peatón dentro de la flota:

- La **incorporación voluntaria** donde la propagación de la tecnología está liderada por la voluntad de los fabricantes de instalar los componentes necesarios en los vehículos y la voluntad de los consumidores de pagar por ellos.
- La **incorporación obligatoria** provocada por una intervención política. En este caso, todos los vehículos o todos los tipos de vehículos deberán cumplir con los requisitos regulatorios para cierta fecha de implementación.

Para modelar el equipamiento de la flota, se combina información del número de vehículos registrados y el número de nuevos vehículos registrados con información sobre cómo estas tecnologías se han propagado en otras flotas (en base a datos provistos por Bosch de Europa). Este apéndice define los supuestos y datos utilizados para esta tarea.

En primer lugar, se pronostica el número total de autos registrados hasta 2030 al asumir la extrapolación lineal utilizando datos de 2005-2015 (ver Figura 20 en Sección 4.1).

Se realiza una extrapolación similar para los vehículos nuevos registrados (ver Figura 36 en Sección 6.1). Dado que las características de seguridad no serán equipadas de manera retrospectiva a la flota vehicular actual, equipar el 100 % de estos autos con la tecnología representa la velocidad máxima a la que es posible incluir esta tecnología en la flota.

Estos datos indican que la tasa de recambio de la flota vehicular varía en los cuatro países (por ejemplo, solo se renuevan el 3 % de la flota vehicular en México cada año, pero esta cifra es mucho mayor para Chile con un 7 %). Estas diferencias deben ser incorporadas a la estimación de equipamientos en toda la flota. Como se describe anteriormente, había información disponible sobre el total de autos y autos nuevos en la flota de cada país, pero la información disponible sobre el número o edad de los vehículos que abandonan la flota era limitada (por ser desechados). La evidencia de la bibliografía sugiere que la edad promedio de la flota de vehículos en América Latina es típicamente de al menos 10 años (ver Sección 3.5.3). Como resultado, para los objetivos de este análisis, hemos asumido que ningún auto equipado con las tecnologías egresa de la flota durante el período de interés (2020-2030). En realidad, habrá nuevos autos egresando de la flota debido a daños por choque; autos que podrían estar equipados con tecnología nueva o medidas de seguridad. Sin embargo, para esta tasa de renovación de flota y las incertidumbres sobre las proyecciones de los números de autos nuevos y el tamaño total de la flota, esta omisión de egreso de autos nuevos es razonable.

Los supuestos utilizados en este proyecto sobre el equipamiento de la flota se basaron en evidencia obtenida de un análisis similar de costo-beneficio para la Comisión Europea (Seidl *et al.*, 2017). Se modela específicamente la incorporación voluntaria basada en la incorporación vista en Europa bajo condiciones similares, donde se estimó que podría tomar 10 años alcanzar el 80 % de todos los vehículos nuevos equipados con sistemas de ESC. Esta incorporación se modela utilizando una curva en forma de S[37].

[37] Estimado utilizando una función sigmoidea

Se utilizó la fecha de lanzamiento de cada tecnología para definir el punto de inicio en el eje x (tiempo) para las curvas de equipamiento en forma de S. Esto se relaciona a la primera vez que se lanzó un sistema con las características que se podrían requerir para cumplir con los requisitos regulatorios. En la Tabla 23 se indican las fechas de lanzamiento supuestas para cada tecnología en cada país.

- Las fechas de lanzamiento para el sistema de ESC se basaron en información de equipamiento recibida de un proveedor de Nivel 1, brindada a través de la asociación con *Stop the Crash*. Indicaron los años en los que el equipamiento en los procesos de producción de autos o ventas de nuevos vehículos superó un nivel despreciable. Se realizaron ajustes para relacionar la información de equipamiento posterior de esta fuente o de información de ventas recientes (por ejemplo, sitios web de los fabricantes).
- Las fechas de lanzamiento para AEB para los UVV se estimaron en base a la tecnología disponible sobre los 20 autos más vendidos en cada país en base a búsquedas de internet en los sitios de los fabricantes. La tasa de equipamiento, como estándar, fue del 0 % para México, 3 % para Argentina y Chile y 5 % para Brasil.
- Las fechas de lanzamiento para la protección al peatón se basaron nuevamente en los niveles de equipamiento esperados para los autos más vendidos. Aunque con equipamiento estándar para la protección al peatón el equipamiento fue juzgado por los autos que recibieron un premio Latin NCAP *Advanced Award* para la protección al peatón. A pesar de que muchos autos tienen contrapartes europeas, que ya deben cumplir con los requisitos de la Norma 127 de la ONU, ningún auto nuevo recibió este premio en Chile o México. En Brasil y Argentina, el Toyota Corolla se encuentra entre los 20 autos más vendidos, y recibió este premio *Advanced Award* por parte de Latin NCAP al ser evaluado en 2017. La fecha de lanzamiento para estos dos países se ajustó luego para que la curva en forma de S del equipamiento de autos nuevos coincidiera con la proporción de ventas de autos nuevos representada por el Corolla en 2017.

Tabla 23: Fechas de lanzamiento supuestas para ESC, UVV-AEB y protección al peatón en cada país de América Latina

	ESC	UVV-AEB	Protección al peatón
Argentina	2005	2017	2013
Brasil	2010	2014	2012
Chile	2008	2015	2017
México	2010	2015	2017

El año en que se alcanza completamente la implementación voluntaria determina la pendiente de la curva en forma de S y representa el tiempo necesario para que la medida alcance la madurez en términos de adopción voluntaria completa en los registros de vehículos nuevos. Para las tres tecnologías se asume que se requiere una larga fase de implementación

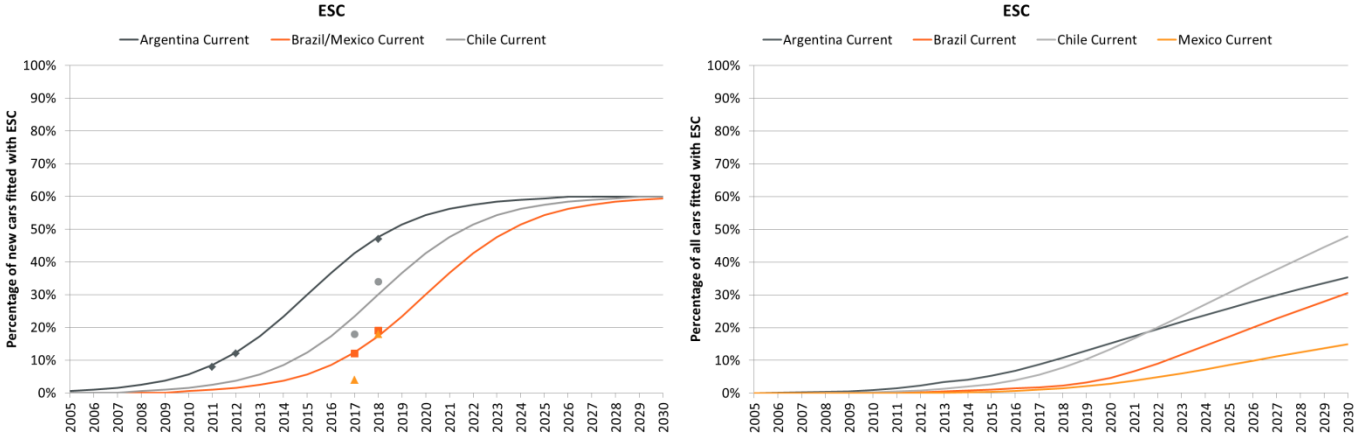
de 20 años para alcanzar la adopción total voluntaria. Este período de tiempo era necesario para vincular la información reciente sobre el equipamiento de sistemas de ESC en Argentina, Brasil y Chile de manera más ajustada a lo que proveería la evidencia del período de actualización europeo de 10 años.

La máxima incorporación voluntaria de tecnologías dentro de la flota fue la siguiente:

- 60 % de propagación voluntaria para sistemas de ESC, dejando el 40 % de vehículos que no estarían equipados sin una acción regulatoria (como lo respaldan los datos del Nivel 1)
- 50 % de propagación voluntaria para UVV-AEB y protección al peatón (lo que indica una menor voluntad de los consumidores de adoptar la tecnología)

Estos valores representan puntos de estimación para la incorporación final a la flota. Se modela la curva en forma de S para porcentajes de autos equipados recientemente registrados para formar una meseta en este valor.

La Figura 40 muestra ejemplos de resultados modelo para la dispersión en flota e incorporación de cada tecnología únicamente para el escenario de incorporación voluntaria (por ejemplo, el escenario de referencia, ver Sección 4). Los cuadros a la izquierda representan la proporción de autos nuevos equipados con tecnología cada año (estos cuadros se nivelan en los niveles máximos de incorporación definidos previamente) y los cuadros de la derecha muestran cómo esto se refleja en la incorporación dentro de la totalidad de la flota vehicular. Los puntos en el cuadro del sistema de ESC muestran información provista por Bosch para cada país - éstos se utilizaron para definir fechas de lanzamiento documentadas en la Tabla 23.



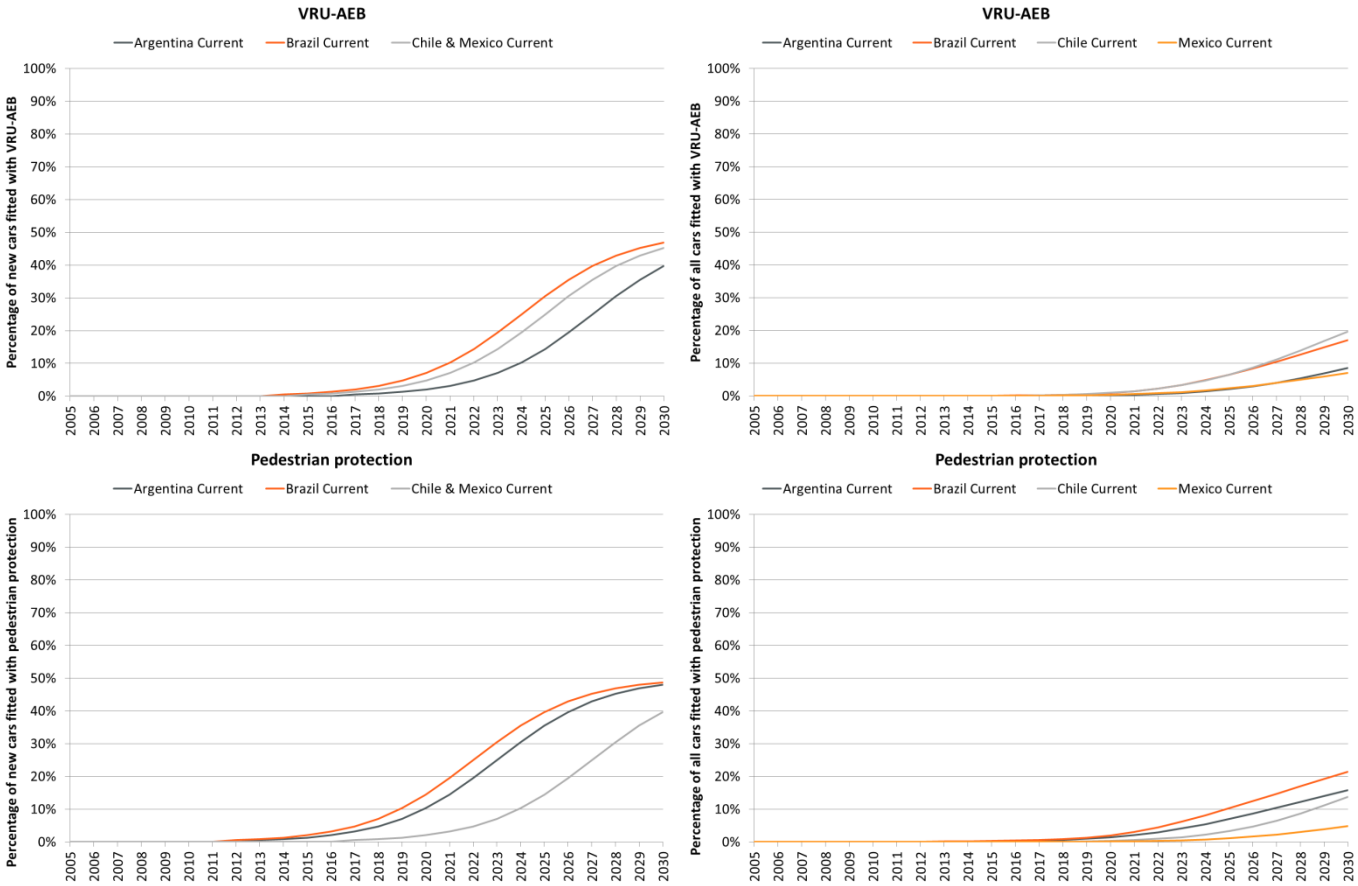


Figura 40: Lado izquierdo: porcentaje de autos recientemente registrados equipados con cada tecnología en un escenario de incorporación voluntaria

Lado derecho: porcentaje de todos los autos recientemente registrados equipados con cada tecnología en un escenario de incorporación voluntaria

Utilizando el supuesto de los períodos de norma revisados (por ejemplo, suponer que las tres tecnologías se introducen en la norma 2020), se pueden ajustar las curvas de equipamiento.

En la práctica, la norma aparece típicamente en dos fases:

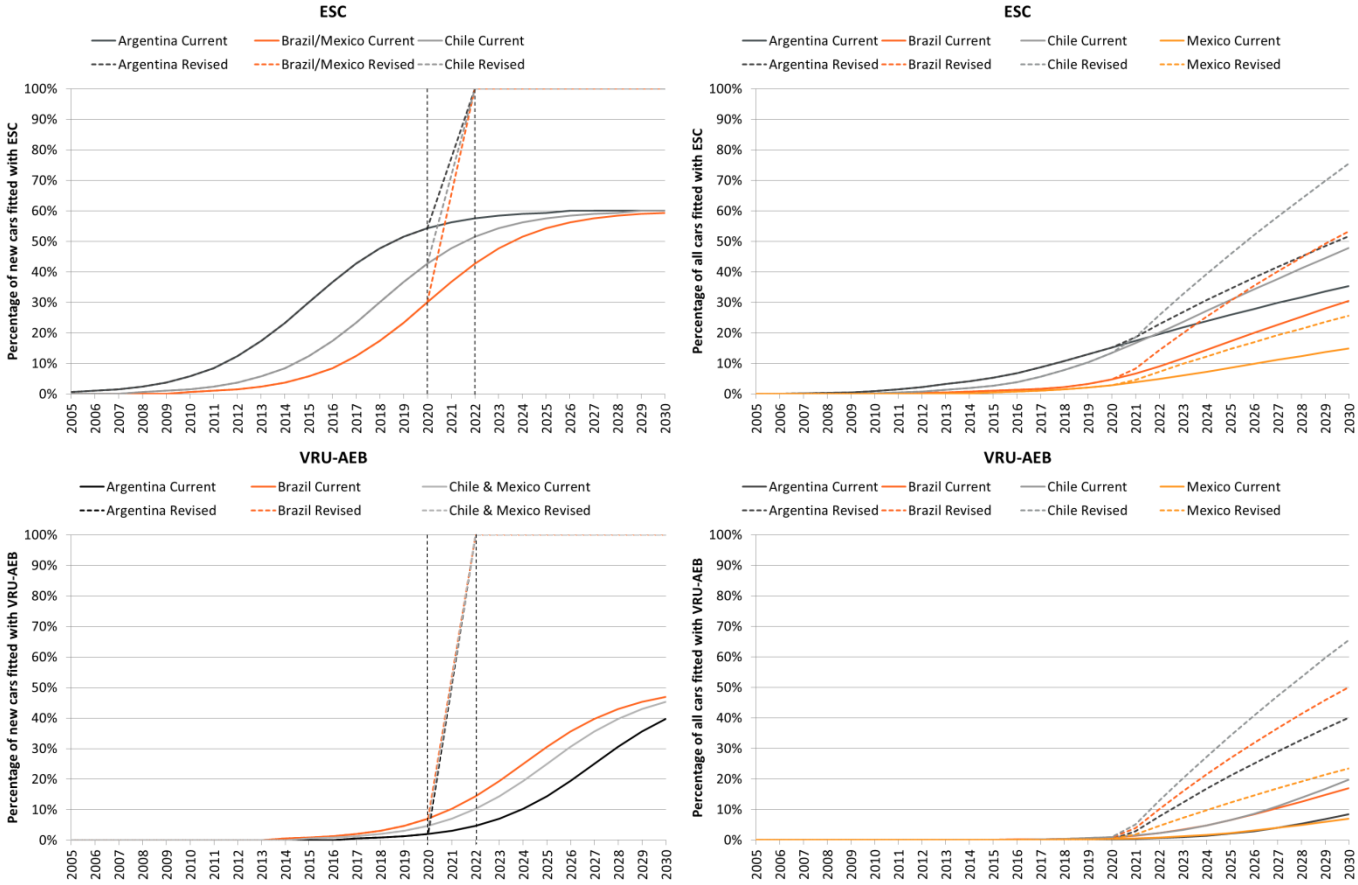
1. Se requiere que **todos los modelos nuevos** (Tipos) estén equipados con sistemas de ESC y UVV-AEB y medidas de protección al peatón.
2. Dos años más tarde se requiere que **todos los autos nuevos** estén equipados con sistemas de ESC y UVV-AEB y medidas de protección al peatón.

Para replicar esto, se han elegido las fechas de norma para 2020 (todos los modelos nuevos) y 2022 (todos los autos nuevos). Para modelar esto, el escenario de incorporación obligatoria sigue la curva de incorporación voluntaria hasta 2020 y eleva las tasas de equipamiento de los vehículos nuevos desde ahí hacia adelante gradualmente durante dos años hasta el 100 % (ver incorporación entre las líneas verticales en los cuadros en el lado izquierdo de la Figura 41).

Incluso con equipamiento completo en los vehículos nuevos, todavía llevará tiempo reemplazar los vehículos actuales en las carreteras (cuadros sobre el lado derecho de la Figura 41). La diferencia entre las curvas en las Figuras 41 y 40 es responsable de las muertes evitadas

de una opción de norma comparada con la opción de referencia. En la Sección 5 se presentan las muertes evitadas.

Las fechas de implementación de 2020 para los modelos nuevos y 2022 para todos los autos nuevos son extremadamente acotadas. Esto les brinda a los fabricantes entre dos y cuatro años para responder a los requisitos, incluso si estos pudiesen publicarse y aplicarse en la legislación de forma inmediata. Las razones para discutir los cortos períodos tienen dos componentes: en primer lugar, muestra la efectividad máxima de las normas dado que hay una transición hacia la incorporación voluntaria y subyacente a los cambios de seguridad vehicular que ocurren en América Latina. En segundo lugar, brinda un período nominal de evaluación de diez años entre 2020 y 2030. Desde un punto de vista político esto contribuye a las discusiones sobre los objetivos de seguridad vial para la próxima década. De manera realista, podría ser que las decisiones políticas y la viabilidad de los argumentos eviten la implementación de dicho período, pero las consideraciones con respecto a aquellas negociaciones exceden el alcance de este análisis.



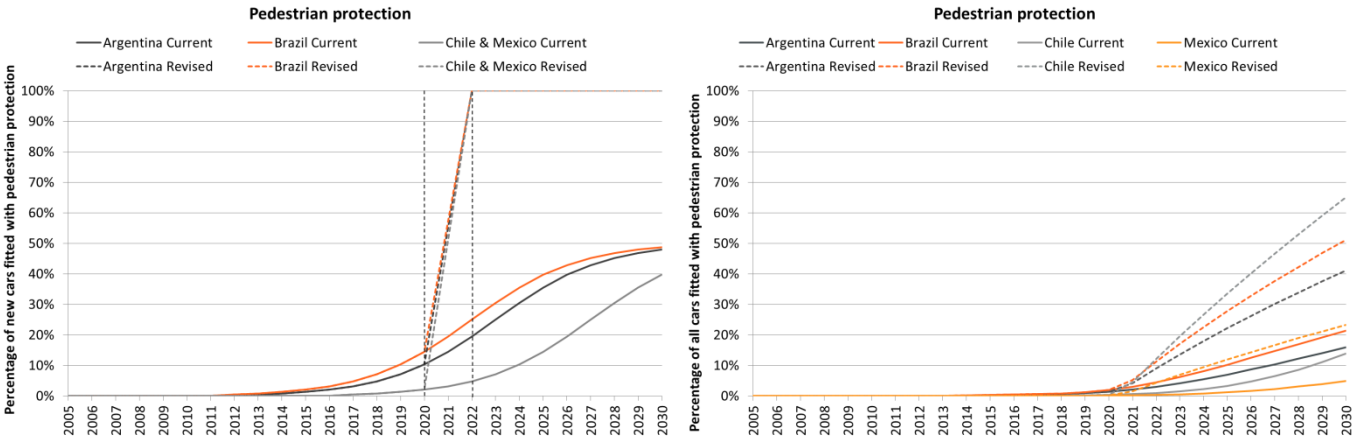


Figura 41 Lado izquierdo: porcentaje de autos recientemente registrados equipados con cada tecnología en los escenarios de incorporación voluntaria y obligatoria.

Lado derecho: porcentaje de todos los autos registrados equipados con cada tecnología en los escenarios de actualización voluntaria y obligatoria.

Para tratar la incertidumbre inherente a estas predicciones de equipamiento, se variaron, entre otras, las cifras de entrada, como parte del análisis de sensibilidad (ver Apéndice D). Se modeló una estimación menor para la incorporación voluntaria del ESC para representar el escenario en el cual la incorporación voluntaria alcanzaba solamente un 45 % en lugar del 60 % mencionado anteriormente. Para las medidas de protección al peatón se modeló un aumento de la incorporación del 90 % para representar un escenario de una incorporación voluntaria máxima. Aunque los autores consideran poco probable este último escenario de incorporación voluntaria de medidas de protección de los UVV, la experiencia en Europa sugiere que la información al consumidor puede ser poderosa en la incidencia de la adopción de tales tecnologías; esto refleja entonces, en algún punto, la influencia potencial que los Premios Latin NCAP *Advanced Awards* podrían tener en las mejoras de conducción en la seguridad vehicular.

Apéndice B Revisión bibliográfica – UVV AEB

El proyecto sistemáticamente identificó, interpretó y valoró investigación relevante para definir las poblaciones objetivo, la efectividad y los costos asociados a las dos opciones de seguridad vehicular para evitar muertes y lesiones en América Latina.

1. Adoptar el equipamiento obligatorio para autos nuevos del Frenado Autónomo de Emergencia (AEB) para la detección y evitación o mitigación de potenciales choques con los Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV).
2. Adoptar requisitos de protección de seguridad secundaria (típicamente pasiva) al peatón para autos nuevos según Norma Técnica Global 9 o la Norma 127 de la ONU.

Se utilizó un marco estandarizado para identificar y evaluar las fuentes pertinentes de información relevante de manera imparcial y replicable.

Este apéndice describe los procesos de selección de fuentes, evaluación crítica y análisis empleados para extraer información relevante de los artículos seleccionados en este primer punto (AEB para los UVV). El Apéndice C describe un proceso similar para los requisitos de protección al peatón.

B.1 Método

Esta revisión bibliográfica sistemática siguió los métodos y principios centrales descriptos por Seidl *et al*. (2017). Siguiendo estos procesos predefinidos, se completó la revisión bibliográfica en los cuatro pasos clave esbozados en la Figura 42.

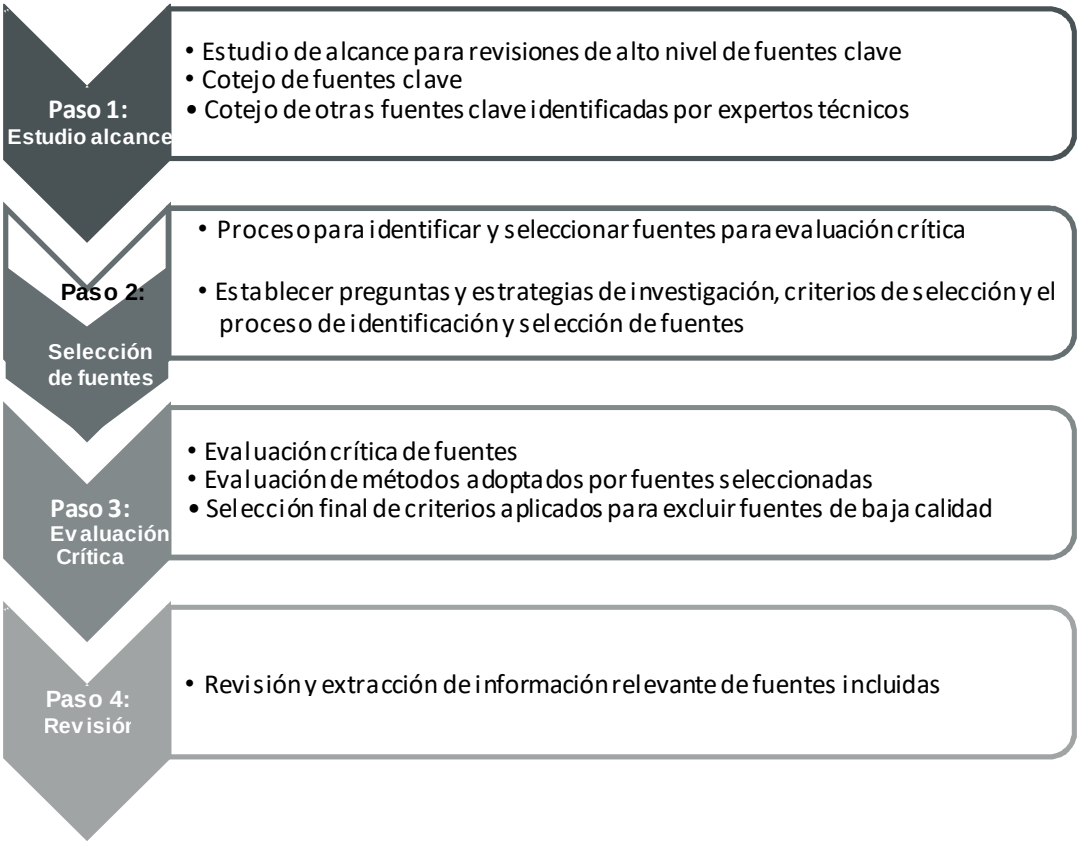


Figura 42: Resumen de primer nivel del proceso sistemático de revisión bibliográfica

B.2 Estudio de alcance

Este estudio de alcance identificó los estudios cotejados durante la investigación previa (preámbulo de GTR 9 de la ONU y Proyecto europeo ASPECSS[38]) considerados relevantes para las medidas de seguridad en el alcance de este proyecto. Estas fuentes fueron complementadas por otras fuentes clave identificadas por expertos técnicos.

La valoración crítica de las fuentes se realizaba si cumplían con uno de los siguientes criterios de inclusión:

- La fuente contenía datos primarios cuantitativos sobre el efecto de implementación de las medidas de seguridad (por ejemplo, beneficios desde el punto de vista de víctimas, etc.).
- La fuente contenía evidencia que podría utilizarse para calcular indirectamente el efecto de la implementación de las medidas de seguridad (por ejemplo, la reducción en el riesgo de lesiones por mejoras en las estructuras de seguridad estructural a los choques para peatones, etc.).
- Las fuentes contenían evidencia que podría utilizarse para evaluar la máxima efectividad potencial relevante para cada medida de seguridad.

Este último punto fue crítico para el uso directo de una fuente en el proyecto. Se buscaron valores de efectividad para aplicarse a la población de víctimas mortales de UVV en los cuatro países incluidos en el estudio.

Además de ser seleccionadas para la valoración crítica, las referencias bibliográficas de estas fuentes se revisaron para identificar cualquier estudio posterior citado por estas fuentes considerado relevante para las medidas de seguridad investigadas en el alcance del proyecto. Finalmente, se utilizaron las fuentes identificadas durante el estudio de alcance para identificar los insumos para el proceso de selección de fuentes.

B.3 Selección de fuentes

El proceso de selección de fuentes adoptó un enfoque estandarizado para buscar y seleccionar de manera sistemática las fuentes relevantes para las medidas de seguridad investigadas. Este método requirió del desarrollo de cuatro preguntas de investigación claves para establecer una estrategia de búsqueda para varias bases de datos. Esta estrategia de búsqueda se implementó, en combinación con criterios de selección predefinidos, para la identificación y selección de fuentes para su valoración crítica. Las siguientes secciones resumen los métodos utilizados para cada uno de estos pasos.

B.3.1 Preguntas de investigación

Para cada medida de seguridad investigada en este proyecto, se diseñaron varias preguntas de investigación para consultar en bases de datos bibliográficas para localizar e identificar

[38] http://www.aspecss-project.eu/

trabajos de investigación relevante. Estas preguntas utilizaron el método TIO (por sus siglas en inglés: Grupo objetivo [T], Intervención [I] y Resultado [O]) para estructurar y formular cada pregunta de investigación.

- ¿Cuántas vidas (resultado) de Usuarios Vulnerables de las Vías (grupo objetivo) salvarán los sistemas AEB para UVV (intervención)?
- ¿Cuál es el valor agregado (resultado) que los sistemas AEB para los Usuarios Vulnerables de las Vías (intervención) tendrían sobre la economía (grupo objetivo)?
- ¿Qué efecto tiene el AEB para los UVV (intervención) sobre la severidad (resultado) de un choque de vehículos con usuarios vulnerables de las vías (objetivo)?

B.3.2 *Estrategia de búsqueda*

Las principales combinaciones de palabras clave de búsqueda para las publicaciones, bases de datos e informes incluyeron "Frentes vehiculares más seguros para peatones y ciclistas", "Usuarios vulnerables de las vías", "Diseño para impacto contra peatones", "Protección a peatones", "Protección de los peatones", "Seguridad al peatón", "Requisitos de impacto contra peatón", "Siniestros vehículo-peatón", "Choque peatón-vehículo", "Protección a los usuarios vulnerables de las vías", "Protección al ciclista", "Frentes vehiculares más seguros para peatones, ciclistas y usuarios vulnerables de las vías", "Sistemas de seguridad pasiva", "Sistemas de seguridad secundaria", "Sistemas de seguridad activa", "Frenado Autónomo de Emergencia (AEB)".

Opciones de palabras clave del *grupo objetivo* para la estrategia de búsqueda

Usuarios vulnerables de las vías, Motociclistas peatones, Ciclista,

Conductor, Economía, Fabricante

Opciones de palabras clave de *intervención* para la estrategia de búsqueda

Frenado Autónomo de Emergencia para Usuarios Vulnerables de las Vías, protección UVV, Desempeño de seguridad al peatón.

Lista de palabras clave de *resultado* para la estrategia de búsqueda

Gravedad, Mortal o Muerte, Muerto, Valor de vida salvada, Costo

B.3.3 *Bases de datos bibliográficos*

Las principales publicaciones y bases de datos suscriptos por TRL que probaron tener información relevante para el estudio fueron: *Accident Analysis and Prevention Journal, Journal of Safety Research y Traffic Injury Prevention Journal*. A continuación, se detallan las bases de datos consultadas por parte de esta revisión bibliográfica.

TRID *(Transport Research International Documentation)*: base de datos que combina ITRD (base de datos de la OCDE *International Transport Research Documentation database*) y la base de datos en EE. UU. TRIS (*Transport Research Information Service*); juntas, forman una de las más completas bases de datos de información sobre transporte disponibles en la actualidad.

http://trid.trb.org/

ScienceDirect: base de datos líder de textos científicos completos que ofrece artículos y capítulos de libros de más de 2500 revistas arbitradas y más de 11 000 libros.

http://www.sciencedirect.com/

PubMed: versión pública de MEDLINE, sin dudas, la base de datos más grande del mundo. Sus registros contienen muchos niveles de investigación médica desde metaanálisis y revisiones sistemáticas hasta casos de estudio; incluye estudios de siniestros, seguridad, factores humanos, sicología, etc.

http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/

Google Académico: buscador web de acceso libre que tiene indexado todo el material o información de bibliografía académica en una variedad de formatos de publicación y disciplinas. Lanzado en versión beta en noviembre de 2004, el índice de Google Académico incluye la mayoría de las publicaciones digitales arbitradas de las principales editoriales de Europa y América además de libros académicos y otras revistas no arbitradas.

http://scholar.google.co.uk/

B.3.4 Criterios de selección de fuentes

Esta búsqueda al principio excluía todas las fuentes en inglés publicadas antes del 1 de enero de 2006 en base a la hipótesis de que todas las fuentes relevadas publicadas antes de esta fecha habrían sido identificadas por el alcance del estudio. Se excluyeron las fuentes duplicadas. Se analizó la relevancia de los títulos y resúmenes en base al criterio especificado previamente en B.2 con fuentes identificadas incluidas para la revisión detallada del manuscrito completo. Finalmente, se hizo una búsqueda recurrente de otras fuentes relevantes en las bibliografías de todas las fuentes seleccionadas para la revisión de texto completo.

B.4 Valoración crítica

Para asegurar que solo se seleccionaran fuentes de alta calidad, este proyecto adoptó el proceso de evaluación de fuentes desarrollado por Seidl *et al. (2017).* Esto permitió una evaluación objetiva de la relevancia y calidad metodológica de cada fuente.

El proceso de evaluación de fuentes desarrollado por Seidl *et al.* (2017) clasifica a las fuentes seleccionadas de forma que se puede realizar un juicio objetivo para determinar si la calidad de la información es suficiente para ser incluida en la revisión. Cada fuente fue evaluada y clasificada de acuerdo a los criterios de estandarización para los parámetros descriptos en la Figura 43 (El Anexo 1 de Seidl *et al.* (2017) brinda una descripción completa de este criterio estandarizado).

Los revisores fueron entrenados en aplicar el proceso y se aseguró la congruencia de las revisiones mediante un sistema de controles aleatorios y feedback individual. Cada uno de estos parámetros fue evaluado y se les asignó un determinado puntaje estandarizado basado en la evaluación de los revisores de las fuentes siguiendo estos criterios. Se combinaron los puntajes para brindar una puntuación global entre 0 a 100 % siendo 100 % el puntaje de

clasificación más alto posible que una fuente podría alcanzar. Se adoptó una puntuación global mínima del 50 % como el criterio metodológico de exclusión de calidad, excluyendo de la revisión bibliográfica a aquellas fuentes que no pudiesen alcanzar este nivel.

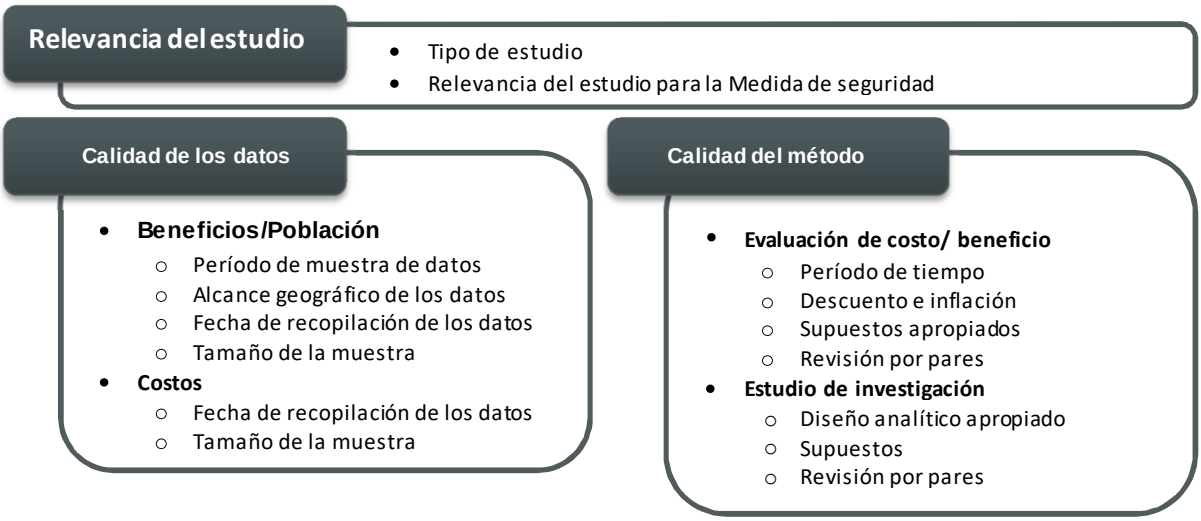


Figura 43: Criterios estandarizados para evaluar y calificar fuentes durante el proceso de evaluación de las mismas (Seidl *et al.*, 2017)

B.5 Fuentes incluidas

La Figura 44 muestra el flujo de fuentes a través del proceso de selección de las mismas. Se obtuvieron un total de 193 fuentes tras el proceso de selección de las cuales 165 se excluyeron en base a los criterios utilizados. De los 28 artículos seleccionados para la evaluación de las fuentes, un total de ocho cumplían con los criterios de selección y se incluyeron para una evaluación completa.

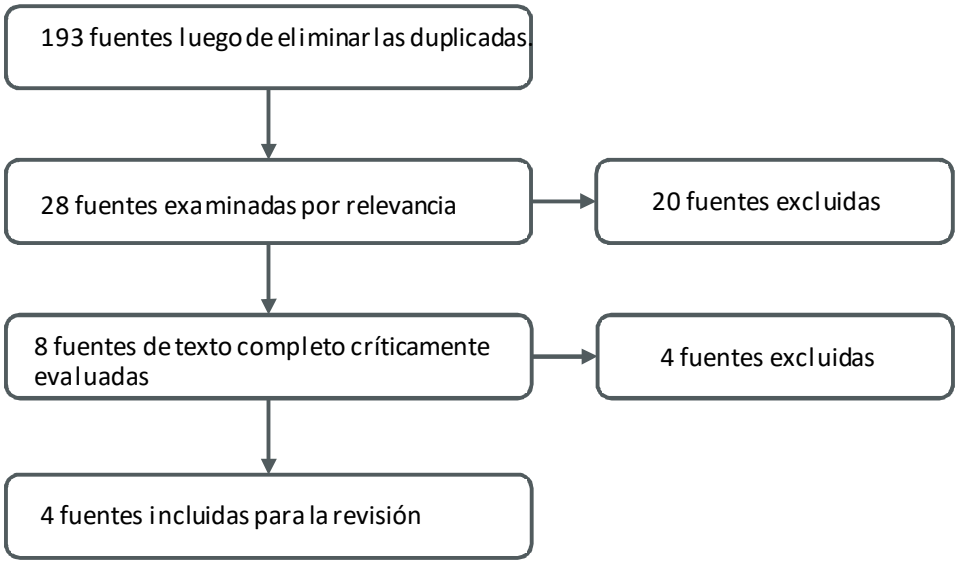


Figura 44: Diagrama de flujo del proceso de selección de fuentes

B.6 Hallazgos

Entre las 28 fuentes incluidas en esta revisión, cuatro de ellas contenían información relevante sobre la medida de seguridad y brindaron estimaciones de efectividad. Más adelante se describen en detalle los hallazgos de estos trabajos.

B.6.1 *Fuente 1: Frenado Autónomo de Emergencia para Usuarios Vulnerables de las Vías*

Rosen (2013) utilizó datos de precolisión para recrear 543 colisiones entre autos y peatones y 607 colisiones entre autos y ciclistas. Estas colisiones se recrearon utilizando información de la base de datos GIDAS. GIDAS reúne información de Hanover y Dresden y brinda una muestra representativa de los choques alemanes con lesiones a peatones. Un subgrupo de los siniestros GIDAS fue reanalizado (por los propios expertos de GIDAS) para brindar una descripción detallada y cuantitativa de las trayectorias tanto de autos como de UVV en los segundos previos a la colisión; el subgrupo se utilizó para constituir un subgrupo representativo de la base de datos GIDAS.

En su estudio Rosen discute 6 sistemas AEB diferentes con cada sistema con al menos un parámetro diferente. Los sistemas varían desde “mínimo” (nivel mínimo de AEB) a “frenado máximo” (sistema AEB altamente funcional) y los sistemas intermedios. Si bien no existe actualmente una norma para AEB para los UVV, el sistema AEB de “referencia” establecido por Rosen parece ser una expectativa razonable para un desempeño estándar del sistema. Los sistemas con un mayor potencial de frenado y sin límite de velocidad operativo (más allá de una velocidad mínima nominal y una velocidad máxima extremadamente alta, por ejemplo 180 km/h) ya son promovidos por Euro NCAP y se están instalando en los vehículos nuevos que se venden en Europa. Como resultado, el sistema AEB de referencia fue utilizado como una estimación de efectividad.

Se deben considerar estos resultados con cautela ya que Rosen supone que el sistema AEB tiene una funcionalidad completa bajo lluvia y en otras condiciones adversas, asume que las tasas de detección de peatones son 100 % y la precisión de trazabilidad es perfecta, lo cual puede no siempre ser el caso en un sistema AEB contemporáneo. El sistema de referencia tiene los siguientes parámetros: tiempo máximo de predicción para colisión de 1 segundo, para un auto sin frenar, cuando se toma la decisión de frenar; 1 metro de distancia al objetivo para activación del sistema - la máxima distancia lateral desde la trayectoria del auto al UVV a la cual se activa el frenado; 40° de campo de visión para el sistema AEB; 0,7g como la máxima aceleración de frenado provista por el sistema AEB; no hay límite para el corte del motor o la potencia del mismo. En base a estos parámetros, el AEB para peatones muestra un 48 % de efectividad en la reducción de lesiones fatales y 42 % de efectividad en la reducción de las lesiones graves. El AEB para los ciclistas muestra un 55 % de efectividad en la reducción de lesiones fatales y un 33 % de efectividad en la reducción de lesiones graves.

Si se suprimiese la suposición de que los sistemas AEB funcionan con la misma eficiencia en la oscuridad y se reemplazara por el supuesto de que el sistema AEB no funciona en la oscuridad, la efectividad del AEB cae significativamente a 21 %, para los peatones lesionados fatal y gravemente y a 42 % y 24 % de efectividad para los ciclistas lesionados fatal y gravemente respectivamente. Todo esto demuestra que Rosen establece ciertos supuestos para los sistemas AEB teóricos que consideró. Algunos de estos supuestos son optimistas para aquellos

sistemas listos para producción. Por lo tanto, dada la alta calidad de la investigación, tiene sentido adoptar estos valores de efectividad, pero reconocerlos y utilizarlos como el límite superior para la efectividad de AEB para los UVV.

En el otro extremo del espectro, Rosen también ha formulado un sistema "mínimo" (nivel mínimo de AEB) con los siguientes parámetros: 0,5 segundos como tiempo máximo pronosticado para el choque para un auto sin frenar al tomar la decisión de frenar; 0 metro de distancia al objetivo para la activación del sistema; 40° de Campo de Visión del sistema AEB; 0,5g como la aceleración máxima de frenado provista por el sistema AEB; 60 km/h límite para el corte del motor o la potencia del mismo para el sistema AEB y el sistema AEB no funciona en la oscuridad. Para los peatones, el sistema "mínimo" AEB fue 3 % efectivo en la reducción de muertes y lesiones fatales. Para los ciclistas, la efectividad de los sistemas AEB fue de 6 % para lesiones fatales y 5 % para lesiones graves.

B.6.2 Fuente 2: Evaluación de beneficios del sistema de frenado autónomo de emergencia para peatones basado en una reconstrucción real de accidentes

Paez *et al.* (2015) simularon 50 choques auto-peatón utilizando un *software PC-Crash*. Se emuló la efectividad del AEB en este trabajo a través de la simulación computarizada basada en el sistema PROTECTOR de DaimlerChrysler. En 42 % de los casos, se predijo que el sistema PROTECTOR evitaría el choque. No hay evidencia que sugiera que los 50 choques considerados sean una muestra representativa de todos los choques auto-peatón.

B.6.3 Fuente 3: Problemas y desafíos para los sistemas de seguridad activa para peatones en base a siniestros reales

Hamdane *et al.* (2015) reconstruyeron 100 choques reales auto-peatón, lo que brindó un conjunto integral de datos sobre la interacción entre los vehículos, el entorno y el peatón en el escenario del choque. Se modeló un sistema genérico AEB para determinar su efecto en la seguridad al peatón. Estimaron que el 50 % de los choques auto-peatón se podrían evitar si los sistemas fuesen capaces de activarse 1 segundo antes del impacto con un campo de visión mayor a 35°. Una crítica a este sistema es que no considera condiciones climáticas o de alumbrado y supone una visibilidad perfecta. Una vez más, no hay evidencia que sugiera que los 100 choques reconstruidos sean una muestra representativa de todos los choques auto-peatón.

B.6.4 Fuente 4: Mitigación de lesiones en peatones por frenado autónomo

Rosen *et al.* (2010) reconstruyeron 243 choques auto-peatón donde había suficiente información disponible para estimar la ubicación del peatón en referencia al auto 1 segundo antes del impacto. Se reunieron 755 casos de GIDAS y debido al historial y marco temporal del proyecto, 243 casos brindaron información suficiente. Los 755 casos se evaluaron a través del proceso de reconstrucción normal GIDAS. La base de datos GIDAS contiene una muestra bastante representativa de los siniestros alemanes con lesiones a peatones, aunque no está claro si el subgrupo de 243 casos con información suficiente sigue siendo representativo. Existe cierto sesgo hacia los choques graves y fatales y Rosen y Sander (2009) utilizaron un método para ajustarlo. Rosen *et al.* estimaron que el sistema AEB tenía una efectividad del 51 % para lesiones fatales y 39 % para lesiones graves en el caso de peatones. El sistema

considerado tenía 40° de campo de visión.

Si el conductor no puede ver al peatón a tiempo para reaccionar y evitar el choque (debido a obstáculos en el entorno), el peatón fue codificado por Rosen *et al.* como "no visible". Sin embargo, no se consideran las condiciones ambientales y el desempeño del sistema AEB. Como tal, estas estimaciones se consideran optimistas dada la actuación similar a la realidad de la tecnología lista para producción.

B.7 Resumen y recomendaciones

De estos 4 trabajos, se brindan los siguientes rangos de efectividad para AEB para los UVV:

- AEB para lesiones fatales a peatones: 21 % - 51 % efectivo
- AEB para lesiones graves a peatones: 39 % - 50 % efectivo
- AEB para lesiones fatales a ciclistas: 42 % - 55 % efectivo
- AEB para lesiones graves a ciclistas: 24 % - 33 % efectivo

Sin embargo, dada la calidad de la investigación primaria y la completud de los supuestos realizados, **los números primarios de efectividad a ser utilizados con las estimaciones de reducción de muertes son:**

- **AEB para lesiones fatales a peatones: 48 % efectivo**
- **AEB para lesiones fatales a ciclistas: 55 % efectivo**
- **AEB para lesiones graves a peatones: 42 % efectivo**
- **AEB para lesiones graves a ciclistas: 33 % efectivo**

La implicación de esta recomendación es que, para el ejemplo de peatones, el 48 % de los choques a peatones que resultan en una lesión fatal se podrían evitar o reducir su gravedad. La lesión fatal ya no ocurriría, aunque una lesión grave o leve podría aún ocurrir en el caso de que la gravedad del choque sea solo mitigada.

Dentro de este modelo, solo se cuentan las lesiones fatales, por lo tanto, suponer que se evitarán las lesiones fatales en el 48 % de los casos es una sobreestimación de los potenciales beneficios. Sin embargo, al no tener en cuenta la prevención de las lesiones graves, entonces, en general, las estimaciones siguen siendo conservadoras.

Apéndice C Revisión bibliográfica – protección al peatón

Anualmente mueren alrededor de 270 000 peatones atropellados por vehículos (OMS/FIA/GRSP/BM, 2013). Habrá aún más muertes por siniestros de tránsito si se incluyen otros usuarios vulnerables de las vías tales como ciclistas o motociclistas. La Norma Técnica Global de la ONU (GTR) No.9 (ONU, 2008) busca reducir significativamente los niveles de lesiones sufridas por los peatones involucrados en choques frontales con vehículos motorizados. La GTR tiene el objetivo de mejorar la seguridad del peatón al requerir que los capós y parachoques absorban energía de manera más efectiva en el impacto vehículo-peatón a 40 kilómetros por hora. Los choques con una velocidad de impacto de hasta 40 km/h representan más del 75 por ciento de los choques que involucran peatones lesionados (AIS 1+) publicado por IHRA/PS *(International Harmonised Research Activities/ Pedestrian Safety working group)*.

La Norma No. 127 de la ONU (ONU, 2015) también establece los requisitos relacionados con el Tipo de aprobación de un vehículo en relación a la protección al peatón. Pretende ofrecer precisamente los mismos requisitos que GTR No. 9 para que las dos se puedan utilizar en conjunto para generar requisitos de protección al peatón armonizados a nivel mundial.

En este proyecto se llevó a cabo una identificación, explicación y evaluación metódica de todas las investigaciones aplicables en relación al grupo objetivo de víctimas peatones y ciclistas, así como de los sistemas de protección al peatón. Se utilizó una estructura sistemática para encontrar y evaluar la calidad de las fuentes de información aplicables para la obtención imparcial de datos adecuados.

Esta sección del informe describirá los procesos de selección de fuentes, evaluación crítica y análisis de datos utilizados para obtener una bibliografía relevante.

El informe también describe la revisión metódica utilizada para establecer las poblaciones objetivo y la efectividad de los sistemas de protección al peatón. El informe continúa con la descripción y discusión de cuatro estudios considerados útiles para el mismo. Por último, existe una discusión y un valor de estimación de efectividad propuesta para los sistemas de protección al peatón.

C.1 Método

Los principios de revisión bibliográfica y los métodos sistemáticos descritos en la Figura 42 (Apéndice B.1) también se utilizaron para esta revisión.

C.2 Estudio de alcance

Este aspecto del informe identificó estudios que fueron utilizados previamente con referencia a la Norma Técnica Global (GTR) No. 9. y la Norma No. 127 de la ONU y se identificaron como adecuados para brindar los resultados de seguridad requeridos por el alance del proyecto. Este trabajo también encontró estudios obtenidos de investigaciones previas (Hardy *et al.*, 2006) (Lawrence *et al.*, 2004). Los datos obtenidos se complementaron con otras referencias adecuadas identificadas por los expertos técnicos.

El material identificado fue elegido para revisión si cumplía con uno de los siguientes requisitos:

- La fuente contenía datos primarios cuantitativos sobre los efectos de la implementación de las medidas de seguridad de los sistemas de protección al peatón (por ejemplo, beneficios de víctimas, etc.).
- La fuente contenía evidencia que podría ser utilizada para calcular indirectamente los efectos de la implementación de medidas de seguridad de los sistemas de protección al peatón (por ejemplo, la reducción en los riesgos de lesiones por mejoras en los sistemas, etc.)
- Las fuentes contenían evidencia de que podría utilizarse para evaluar la efectividad máxima potencial relevante para los sistemas de protección al peatón.

La bibliografía identificada también buscó identificar otra literatura relevante referenciada.

C.3 Selección de fuentes

Se utilizó un método sistemático para seleccionar la bibliografía apropiada.

C.3.1 Preguntas de investigación

En un intento por obtener información relevante de manera objetiva, se utilizaron varias palabras clave. Las preguntas se formularon utilizando el método TIO (por sus siglas en inglés, Grupo objetivo [T], Intervención [I] y Resultado [O]).

Las preguntas clave incluían:

- ¿Los sistemas de protección al peatón (Intervención) reducen el riesgo (de la seriedad de las lesiones (Resultado) al peatón (Grupo objetivo)?
- ¿Cuántas vidas (Grupo objetivo) se salvarán (Resultado) con el uso de sistemas de protección al peatón (Intervención)?
- ¿Cuál es el nivel de protección (Resultado) a los peatones (Grupo objetivo) obtenido por la utilización de los sistemas de protección al peatón (Intervención) (por ejemplo, porcentaje de reducción en lesiones fatales y graves)?

C.3.2 Estrategia de búsqueda

Las principales combinaciones de palabras clave de búsqueda utilizadas para las publicaciones, bases de datos e informes incluían: “Efecto de la protección al peatón y gravedad de las lesiones”, “Protección al peatón” “Protección al peatón y gravedad de las lesiones”, “Protección al peatón y riesgo de lesión”, “Protección al ciclista y gravedad de las lesiones”, “Protección al peatón y vidas salvadas”, “Protección a Usuarios Vulnerables de las Vías y gravedad de las lesiones”, “Protección a Usuarios Vulnerables de las Vías y riesgo de lesiones”, “UVV y gravedad de lesiones”, y “Medidas de seguridad pasiva para peatones y gravedad de las lesiones”.

Opciones de palabras clave para *Grupo objetivo (T)*

en la estrategia de búsqueda. Peatón, Ciclista, UVV,

Usuarios Vulnerables de las Vías, **Opciones de**

palabras clave para la *Intervención (I)* en la

estrategia de búsqueda

Protección, efecto de protección, Sistema de

Protección, Medida de Seguridad Pasiva.

Lista de palabras clave para *resultado* (O)

Gravedad de lesión, Riesgo de Lesión, Vidas salvadas, Frecuencia de siniestros fatales, Frecuencia de siniestros graves, Lesionados graves, Lesionados fatales, Muerte, Muertos, siniestros de tránsito, Choques de tránsito.

C.3.3 Base de datos bibliografía

Se utilizaron las mismas bases de datos descriptas en el Apéndice B.3.3 para esta búsqueda.

C.3.4 Criterio de selección de fuentes

La búsqueda excluyó toda la bibliografía publicada antes del año 2003. La elección del año 2003 como referencia para la búsqueda bibliográfica se basó en el supuesto de que todas las fuentes aplicables con fecha anterior al 2003 estarían incluidas en los informes (Hardy *et al.*, 2006) (Lawrence *et al.*, 2004). Se excluyeron las fuentes duplicadas. Se examinaron los títulos y resúmenes para determinar su aplicabilidad en base a los criterios definidos anteriormente en este informe. Se buscaron más fuentes aplicables en las bibliografías de las fuentes relevantes identificadas para la revisión final. Para que sea útil, la efectividad obtenida de estas fuentes deberá hacer referencia a la Norma No. 127 de la ONU y la Norma No. 9 o sus precursoras.

C.4 Evaluación Crítica

Se utilizó el mismo proceso descripto en el Apéndice B.4 para esta búsqueda.

C.5 Fuentes incluidas

La Figura 45 brinda un cuadro de flujo del proceso de selección de fuentes. Se obtuvieron un total de 538 fuentes del proceso de selección de fuentes de los cuales 161 se excluyeron en base a los criterios. Luego, se eligieron 40 fuentes bibliográficas para ser evaluadas de las cuales solo un total de 4 cumplieron con los criterios de selección y fueron utilizadas para la evaluación completa.

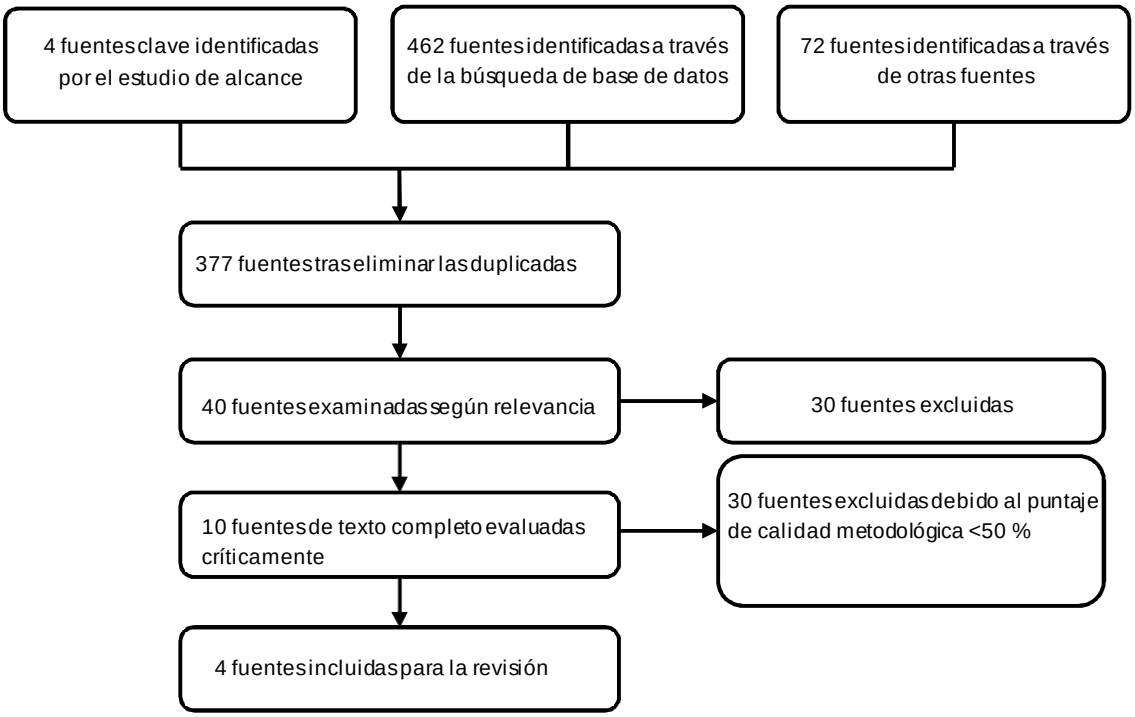


Figura 45: Diagrama de flujo del proceso de selección de fuentes

C.6 Hallazgos

La presente revisión comienza con la identificación de bibliografía que evidencia la efectividad de los sistemas de protección al peatón que refiere a la Norma No. 127 y a la Norma Técnica Global No. 9 de la ONU.

Por último, se identificaron tres estudios (así como la misma GTR) con valores de efectividad relevante haciendo referencia a las normas deseadas sobre la protección al peatón. Se resumen los estudios (Moran *et al.*, 2017), (Lawrence *et al.*, 2004), (Hardy *et al.*, 2006) así como la Norma Técnica Global No. 9 de la ONU (ONU, 2008). La primera se describe en más detalle dado que es el único trabajo publicado identificado con valores de efectividad establecidos y hace referencia a la Norma No. 127 de la ONU. También se incluye un breve resumen de las otras tres fuentes (incluida la GTR). Esto se brinda como base para la discusión y la justificación sólida sobre la cual formular las conclusiones.

C.6.1 Fuente 1: Consecuencias de la mejora del diseño frontal de los vehículos sobre el problema de las lesiones a los peatones en Alemania, Estados Unidos e India por Moran et al. (2017)

Moran *et al. (2017)* investigó las consecuencias de mejorar el diseño frontal de los vehículos sobre el problema de las lesiones a peatones en Alemania, Estados Unidos e India utilizando datos de 2013. En este estudio los peatones representan el 37 % de AVAD (Años de Vida Ajustados por Discapacidad) perdidos en India, 11 % en Estados Unidos y 10 % en Alemania. En Alemania y Estados Unidos la mayoría de los peatones son golpeados por autos mientras que en India los peatones están normalmente involucrados en choques con vehículos de motor pesado (HMV por sus siglas en inglés, ómnibus y camiones) y birrodados motorizados. En India y Estados Unidos, los AVAD perdidos por peatones golpeados por autos fueron, respectivamente, 3 y 2,6 veces más en comparación con Alemania.

Los datos se obtuvieron de la *International Road Traffic Accident Data Base* y del proyecto *Global Burden of Disease* para estimar los valores de referencia de las muertes y lesiones no fatales a peatones para cada país. Al momento del estudio había un conocimiento limitado sobre el desempeño en seguridad al peatón de los autos a la venta en Estados Unidos e India ya que estos países no contaban con pruebas NCAP para peatones (Programa de Evaluación de Autos Nuevos) y no había implementación de normas de seguridad al peatón para establecer un estándar mínimo. La efectividad de la clasificación de estrellas de autos de pasajeros mejorada (que va más allá de los requisitos de la norma en relación con la evaluación) sobre la probabilidad de lesión al peatón se basó entonces en la evaluación actual de información de choque de peatones de Alemania. En Alemania se requiere que los autos nuevos cumplan con las normas de seguridad al peatón y los modelos comunes son evaluados por un programa NCAP.

Hubo entonces una estimación de la reducción en las lesiones bajo varios escenarios de desempeño de seguridad al peatón de la flota vehicular actual. En un proceso similar al utilizado por Wallbank *et al.* (2016) y en el presente estudio, se asumió que las clasificaciones de estrellas para peatones de la flota vehicular de Estados Unidos en 2013 fueron similares a las de Alemania en 1997 (antes de la norma y antes de NCAP) asumiendo que el desarrollo de diseños vehiculares amigables al peatón se guía principalmente por normas al diseño y

evaluaciones de los consumidores. Para la India, se asumió que todos los autos vendidos tenían una clasificación de 0 estrellas para la seguridad al peatón considerando los pobres resultados obtenidos en los ensayos de choque para los ocupantes en autos seleccionados (Global NCAP, 2015).

Para los autos de pasajeros, el estudio intentó estimar el descenso que se produciría en las lesiones a los peatones en cada país si todos los autos para pasajeros alcanzaran al menos 3 estrellas en las pruebas de protección al peatón de Euro NCAP.

Aunque la clasificación de estrellas utilizada en NCAP no puede relacionarse directamente con los requisitos regulatorios mínimos (ONU, 2015), asegura que los vehículos están siendo diseñados para garantizar la protección a los peatones.

En 1997 ningún auto en Alemania recibió 3 estrellas, pero para 2013, una vez iniciadas la evaluación de choque y las normas de protección al peatón, 97 % de los autos obtuvieron el equivalente a por lo menos 3 estrellas (Strandroth *et al.*, 2014), considerando que los procedimientos habían cambiado y las estrellas ya no se adjudicaban para protección al peatón. Estos avances en el diseño vehicular fueron impulsados por la competencia generada por las pruebas a peatones de Euro NCAP en 1997 y la norma de protección al peatón que tenía un mayor nivel de cumplimiento necesario para los autos con una masa máxima inferior a 2500 kg para 2013.

El estudio utilizó la información de registro de Alemania (2012) y Estados Unidos (2010) para establecer el número de lesiones fatales de peatones por autos de pasajeros o vehículos motorizados pesados (HMV, por sus siglas en inglés). Para la India, la magnitud de peatones fatalmente lesionados por autos de pasajeros y vehículos motorizados pesados (HMV) fue estimada utilizando datos de una provincia del país.

Se llevó a cabo un análisis de sensibilidad para investigar el efecto de cambiar las distribuciones de clasificaciones de estrellas asumidas de la flota de vehículos en Estados Unidos y la India en 2013. Se utilizaron los siguientes escenarios: todos los autos tienen una clasificación para peatones de cero estrellas; la clasificación de estrellas para peatones de la flota vehicular es similar a la situación en Alemania en 1997; una distribución de clasificación de estrellas para peatones a medio camino entre Alemania en 1997 y Alemania en 2013; y una clasificación de estrellas para peatones comparable a la situación de Alemania en 2013. El estudio también estimó las muertes que hubiesen ocurrido en Alemania en 2013 si los autos no hubiesen mejorado en relación a la protección pasiva al peatón. Debido a la poca confiablidad de las estimaciones base para muertes a peatones y lesiones en India, se realizó una estimación del efecto de aplicar los límites inferiores y superiores del intervalo impredecible de las estimaciones de *Global Burden of Disease* (GBD) para las muertes a peatones. Por último, el estudio estimó el efecto de mejorar el diseño vehicular para lograr que todos los autos alcancen una clasificación de 4 estrellas.

Moran *et al.* (2017) informó que al mejorar en la India los diseños vehiculares para alcanzar una clasificación de seguridad al peatón de al menos 3 estrellas, asumiendo que todos los vehículos en el momento del estudio tienen una clasificación de 0 estrellas, se produciría una reducción del 46 % en las muertes de peatones. En Estados Unidos, donde se supuso que al momento del estudio había 30 % de autos con una clasificación de 0 estrellas y 70 % con una clasificación de 1 estrella, las mejoras resultarían en una disminución del 27 % en las muertes

de peatones golpeados por autos. Los birrodados motorizados son, en una gran proporción (22 %), los vehículos involucrados en choques a peatones en la India. En Alemania, donde 97 % de los autos tenían 3 estrellas o más, se espera un mayor nivel de mejora para obtener una menor disminución (2 %) en la pérdida de salud de peatones golpeados por autos. Aunque se estima que la mejora en el diseño de los frentes de HMV resulte en una reducción del 16 % de muertes a peatones en colisiones con HMV en los tres países, se excluyen los vehículos pesados del alcance de la aplicación de la GTR.

C.6.2 Fuente 2: Norma Técnica Global No. 9 de la ONU

El alcance de aplicación de la GTR (ONU, 2008) se limita a los autos de pasajeros, vehículos utilitarios deportivos (SUV), camiones livianos y otros vehículos comerciales livianos. Estos representan la gran mayoría de vehículos actualmente en uso, dando a las medidas propuestas el más amplio efecto en reducir las lesiones a peatones. Los datos utilizados para desarrollar la GTR se obtuvieron de Australia, Alemania, Japón, Estados Unidos, Italia, España, Canadá, Países Bajos, Suecia y Corea.

La GTR se basa en el escenario de que, en el choque más representativo entre peatón y auto, el peatón se encuentra normalmente caminando, lo que significa que el peatón está de pie de costado al vehículo y es golpeado por el frente del mismo.

Las frecuencias acumuladas de velocidad de choque de hasta 40km/h obtenidas de los datos de choque de peatón describen más del 75 % del total de las lesiones (AIS 1+) en todas las regiones entre vehículos y peatones.

Se espera que la GTR reduzca el número de muertes y lesiones a peatones producto de los impactos de la cabeza contra el capó y las piernas contra el paragolpes. La población objetivo era del 24 % para lesiones en la cabeza de peatones niños, 8 % de lesiones en la cabeza de peatones adultos (lesiones fatales y graves) y 32 % de lesiones en piernas en adultos para lesiones AIS2+ para la GTR propuesto. La cabeza de un niño/adulto y las regiones del cuerpo y piernas del adulto representan más del 30 % del total de las lesiones fatales y graves.

De la información preparada durante su desarrollo, se estima que la GTR evitará entre 1 % y 5 % de las muertes de peatones dependiendo de la región. La GTR reconoce que habrá múltiples variables que afecten las posibles ventajas de la GTR y estas incluyen diferencias entre regiones en la composición de la flota vehicular, conducta del conductor, punto hasta el cual los vehículos actuales satisfacen las condiciones para la protección al peatón de la GTR o estén equipados con elementos de seguridad útiles para los peatones y en la prevalencia de la infraestructura amigable con el peatón.

C.6.3 Fuente 3: Estudio sobre la viabilidad de medidas relacionadas con la protección de peatones y otros usuarios vulnerables de las vías - Informe Final (2004)

Este estudio (Lawrence *et al.*, 2004) investigó la viabilidad de las medidas relacionadas con la protección de peatones y otros usuarios vulnerables de las vías. El conjunto de datos de choques de peatones utilizado era de IHRA (*International Harmonised Research Activities*) y contenía 1535 víctimas de las cuales 155 eran fatales, 732 víctimas graves y 648 leves. La división por país fue de 782 víctimas en Alemania, 242 en Japón y 511 en EE. UU. entre 1985 y 1998. Se obtuvo el número de peatones y ciclistas golpeados por autos y frentes de autos

entre 1997 y 2001 para Gran Bretaña.

Se realizó una propuesta en el informe para mejorar los requisitos de la fase dos y los métodos de evaluación de EC Directive 2003/102/EC y también para tener en cuenta los temas de viabilidad al abordar estos requisitos desde la menos exigente fase uno. Se utilizó esta propuesta al evaluar la efectividad de los sistemas de protección al peatón en los usuarios vulnerables de las vías. Las reducciones en la gravedad de las víctimas peatones estimadas de fatales a graves eran 9,6 % o 16,9 % dependiendo del método utilizado de estimación de reducción de riesgo. Para las estimaciones de reducciones de víctimas de peatones de graves a leves, estos valores eran 17,5 % y 13,3 %.

C.6.4 *Fuente 4: Estudio sobre la viabilidad de medidas relacionadas con la protección de peatones y usuarios vulnerables de las vías - Informe Final (2006)*

Este estudio (Hardy *et al.*, 2006) es una actualización de aquel realizado en la Fuente 3. El alcance de la actualización del estudio incluye considerar el borrador de la GTR y en la medida de los posible, los datos de choque más recientes. Esto condujo a tres "opciones" a ser consideradas para proteger a los usuarios vulnerables de las vías:

1. La primera opción fue la que se especificó en la fase dos de la EC Directive 2003/102/EC, como se considera en la Fuente 3 (Lawrence *et al.*, 2004);
2. La segunda opción fue la que ofreció la industria para reemplazar la fase dos. La intención fue mantener los procedimientos de ensayo (los menos exigentes) de la fase uno con la adición de los sistemas de frenado asistido (BAS) para brindar beneficios adicionales.
3. La tercera opción fue un paquete de medidas propuesto para homologar con (en aquel momento en borrador) la GTR, pero con un mayor alcance de aplicación a los vehículos.

El análisis actualizado de costo-beneficio comparó los beneficios de las tres opciones. Trabajos posteriores llevaron a la conclusión de que la propuesta para revisar la fase dos y agregar la medida activa de asistencia de frenado, alcanza y podría exceder por un margen considerable los requisitos de "al menos el mismo nivel de protección" de la Directiva. En este estudio se realizaron otras recomendaciones.

El estudio identificó nuevas tecnologías que podrían utilizarse para evitar las colisiones con peatones o mitigar sus efectos en términos de lesiones, investigó el frenado asistido y brindó un análisis actualizado de costo-beneficio. Existe la presunción de que los frenos BAS (sistema de frenado asistido) resultarán en una reducción de las muertes de peatones mayor a cero y menor al 12 %. La Tabla 24 muestra las reducciones proporcionales estimadas en números de víctimas peatones y ciclistas golpeadas por frentes de autos que podrían obtenerse a través de la implementación de varias opciones.

Tabla 24: Reducciones proporcionales estimadas en cifras de peatones y víctimas ciclistas golpeadas por frentes de autos que se obtendrían a través de la implementación de varias opciones de acuerdo a la severidad

		Opción 1 = Fase 2 de 2003/102/EC		Opción 2 = Propuesta industrial más BAS		Opción 3 = GTR (borrador) más BAS	
Método de estimación	**Tipo usuario de vías**	**Fatal**	**Grave**	**Fatal**	**Grave**	**Fatal**	**Grave**
Golpeados por autos	Peatones	9,5 %	18,9 %	15,7 %	24,9 %	16,4 %	26,3 %
	Ciclistas	4,5 %	7,9 %	9,8 %	12,1 %	10,2 %	12,8 %
Golpeados por el frente de un auto	Peatones	11,1 %	28,2 %	18,4 %	37,2 %	19,3 %	39,2 %
	Ciclistas	5,6 %	14,3 %	12,1 %	22,0 %	12,7 %	23,3 %

EEVC (*European Enhanced Vehicle-safety Committee*) BAS (Sistema de frenado asistido)

Presumiblemente, la Opción 3 brinda la relación más cercana con la GTR en su forma actual teniendo en cuenta que el efecto de BAS se agrega a los valores en la Tabla 24 mientras que esto no está presente en la GTR. Se consideraron solo los beneficios a los peatones y a los ciclistas en relación a estos valores de efectividad dado que los beneficios para los motociclistas no estaban disponibles, a pesar de que el informe establece que es esperable que haya algunos beneficios agregados para ellos.

C.7 Discusión y conclusiones

Esta sección brinda una breve discusión de los cuatro estudios resumidos anteriormente para llegar a una conclusión sobre el rango de efectividad a ser considerado para los sistemas de protección al peatón en los cuatro países latinoamericanos (Argentina, Brasil, Chile y México). Todos los estudios que han sido resumidos anteriormente se basan en diferentes suposiciones lo que dificulta una comparación directa entre los mismos.

Una de las limitaciones identificadas por Moran *et al.* 2017 fue la escaza comprensión de los riesgos relacionados con la flota vehicular en India y Estados Unidos al momento del estudio. Se anunció que, para Estados Unidos, la flota vehicular en 2013 era similar a la alemana en 1997. Esta presunción fue validada por un estudio en siete autos pequeños (modelos de los años 2002-2007) en Estados Unidos que fueron sujetos a pruebas similares a las de Euro NCAP con modelos representativos de cabezas de peatones (Mueller *et al.*, 2013). La otra limitación establecida en el estudio es que la única prueba de efectividad del diseño de seguridad al peatón se obtuvo de estudios relativamente pequeños que discutieron la correlación entre las clasificaciones de estrellas y los resultados de lesiones (Strandroth *et al.*, 2014) (Pastor, 2013). Los pequeños estudios pueden resultar en grandes errores de estándar, amplios intervalos de confianza con estimaciones imprecisas de los efectos producidos. El estudio estableció superar el riesgo de sobreestimación de efectividad ya que no evaluó las consecuencias en otros usuarios vulnerables de las vías como los ciclistas, que pueden enfrentar un menor riesgo de lesión por frentes vehiculares más blandos y un menor involucramiento en las colisiones si se los compara con los peatones (Bhalla *et al.*, 2011). Se debe ser cauto al generalizar los resultados obtenidos en este estudio observando esta incorporación implícita de beneficios hacia los ciclistas.

La GTR se enfoca en la protección a regiones específicas del cuerpo y en la gravedad de lesiones que son las lesiones a la cabeza (AIS2+) en los niños y adultos, así como las lesiones en las piernas de los adultos (AIS2+), mientras que el estudio de Moran *et al.* (2017) se centra exclusivamente en la proporción de peatones fatalmente lesionados por autos de pasajeros y vehículos pesados. El estudio de Moran *et al.* puede sobreestimar los beneficios dado que la GTR aspira a atender solo las regiones del cuerpo específicas de las piernas y la cabeza, mientras que las pruebas de Euro NCAP incluyen procedimientos para representar los contactos con otras regiones del cuerpo de los peatones y en un área más amplia del vehículo. Sin embargo, la población objetivo de la GTR cubre más del 30 por ciento del total de las lesiones fatales y graves sin un límite superior estimado para esta población objetivo.

También vale la pena discutir que el alcance de aplicación de la GTR se limita a los autos de pasajeros, vehículos utilitarios deportivos (SUV), camiones livianos y otros vehículos comerciales livianos. Estas clases de vehículos constituyen la mayoría de los vehículos actualmente en uso en la mayoría de los países, pero no son todos los vehículos involucrados en muertes a peatones; el estudio de Moran *et al.* consideró autos y vehículos pesados (HMV) lo cual es más inclusivo. Sin embargo, en el preámbulo de la GTR se reconoce que su aplicación a vehículos más pesados (grandes camiones y ómnibus), así como a vehículos muy pequeños y livianos, podría ser de valor mínimo y podría no ser aplicable desde el punto de vista práctico en su forma actual. Otro asunto a discutir es el tipo de flota vehicular en los cuatro países latinoamericanos. Los vehículos en Brasil han tendido a ser de menor tamaño, más livianos y

menos poderosos que aquellos en Argentina, México, China y Corea del Sur, Estados Unidos y Japón (Posada y Facanha, 2015).

El estudio de Moran *et al.* (2017) estima que la mejora de los diseños vehiculares para alcanzar al menos una clasificación de 3 estrellas de Euro NCAP en la seguridad al peatón en India, asumiendo que los autos al momento del estudio tenían una clasificación de 0 estrellas, resultaría en una disminución del 46 % de las muertes de peatones en siniestros de tránsito. En Estados Unidos, donde el supuesto fue que al final del estudio habría 30 % de autos con una clasificación de estrellas de 0 y 70 % con una clasificación de 1 estrella, se estimó que las mejoras resultarían en un 27 % menos de muertes de peatones golpeados por autos. No hay, sin embargo, una relación directa entre las clasificaciones NCAP y el desempeño de seguridad requerido por las Normas. Por lo tanto, las mejoras equivalentes entre aquellas establecidas en este estudio y la implementación de las normas de protección al peatón siguen siendo poco claras.

Las estimaciones de efectividad dadas en la GTR (ONU, 2008) se encuentran en el rango de 1 % a 5 % de muertes de peatones dependiendo de la región considerada.

Para el estudio de Hardy *et al*. (2006) para peatones golpeados por autos, se estimó que una propuesta con sistemas de frenado asistido (BAS) resultaría en un 16,4 % y 26,3 % de reducción de víctimas fatales y graves respectivamente. Para aquellos golpeados por el frente de un auto, se estimó que se podría alcanzar una reducción del 19,3 % y 39,2 % en víctimas peatones fatales y graves respectivamente. Sin el sistema BAS, las reducciones proporcionales se estimaron aproximadamente en 3,9 % y 11,8 % para víctimas fatales y graves respectivamente. Las cifras correspondientes para ciclistas fueron de 1,4 % y 4,7 % para víctimas fatales y graves respectivamente.

A partir de los valores de efectividad listados para los cuatro estudios, el valor mínimo obtenido fue de 1 % para la GTR (ONU, 2008) con un valor máximo de 46 % para la India a partir del estudio de Moran *et al.* (2017). Existe un valor de efectividad que se puede derivar de estas dos cifras límite. El 1 % obtenido de la GTR (ONU, 2008) se encuentra en la cota inferior dado que el estudio de Moran *et al.*, el cual estableció que, en Alemania, donde el 97% de los autos ya cuentan con una clasificación de 3 estrellas o más, la mejora por la promoción del programa de información al consumidor puede aún resultar en una reducción adicional del 2% en las muertes. También es importante discutir que el valor del 46 % de efectividad estimada obtenido para la India por *Moran et al.* se encuentra en la cota superior para la aplicación de la norma dado que se relaciona con vehículos que alcanzan la clasificación de 3 estrellas de NCAP. Incluso para Estados Unidos donde la reducción del 27 % en las muertes se estima en base a la suposición de que el 30 % de los autos tenía una clasificación de estrellas de 0 y el 70 % una clasificación de 1 estrella, esta cifra puede aumentar si la norma no exige un desempeño de 3 estrellas. Los valores de efectividad estimados en los estudios de TRL, Lawrence *et al.* (2004) y (Hardy *et al.*, 2006) muestran valores dentro de las dos cifras extremas (1 % y 46 %) discutidas hasta el momento. En el estudio de 2006, la reducción proporcional estimada en las cifras de víctimas fatales de peatones fue del 16,4 % para aquellos golpeados por autos. El valor de efectividad obtenido del estudio de Hardy *et al.* incluyó el efecto del sistema de frenado asistido (BAS) que es un sistema de seguridad activo y por lo tanto va más allá de la efectividad que se puede esperar solo de la protección pasiva. Considerando que la GTR no incluye la provisión de BAS, y se concentra en los sistemas de seguridad pasivos, el valor

de efectividad será menor a 16,4 %. La reducción proporcional estimada a ser alanzada para víctimas fatales peatones sin BAS era del 3,9 % en el estudio (Hardy *et al.*, 2006). Dado que esta reducción estimada de muertes de peatones (3,9 %) está dentro de la estimación de la GTR (1 a 5 %), es razonable asumir que esta cifra es central o la mejor estimación. Sin embargo, si se considera la aplicación de BAS además de los sistemas de protección al peatón, la efectividad del 16,4 % puede ser alcanzable. Este valor se utilizó dentro de uno de las corridas de modelos de análisis de sensibilidad como se especifica en el Apéndice D.

Existe una dificultad en relacionar el estudio de Moran *et al.* con el de Lawrence *et al.* porque el primero se centra en las clasificaciones de estrellas de NCAP mientras que el segundo se centra en la GTR. Sin embargo, el foco del estudio de Hardy *et al.* (2006) está alineado con el de la GTR haciéndolos comparables y por lo tanto recomendables para las estimaciones de beneficios.

En base a estos hallazgos y discusiones, se sugiere que se considere el valor de efectividad dentro del rango de 1 % y 5 % para las muertes de peatones. Los valores recomendados para las lesiones fatales y graves, todos de la misma fuente son:

3,9 % para las muertes de peatones

1,4 % para las muertes de ciclistas

11,8 % para lesiones graves de peatones

4,7 % para lesiones graves de ciclistas (Hardy *et al.*, 2006)**.**

Se debe recordar que los factores que influyen sobre cuánto beneficio se deriva del diseño del frente de un vehículo para la seguridad al peatón por país, incluirán la frecuencia con la cual los peatones son golpeados por vehículos y los tipos de vehículos que los golpean. Otras variables que afectan los beneficios de la GTR incluyen diferencias entre regiones en la composición de la flota vehicular, conducta del conductor, punto hasta el cual los vehículos actuales satisfacen las condiciones para la protección al peatón de la GTR o están equipados con elementos de seguridad útiles para los peatones y la prevalencia de la infraestructura amigable con el peatón.

Apéndice D Análisis de sensibilidad

Las mejores estimaciones de relaciones de costo-beneficio (RCB), presentadas en la Sección 7, representan los resultados más probables en caso de que las tendencias continúen como lo han hecho en los últimos años. Sin embrago, existe una incertidumbre inherente a muchas de las predicciones realizadas y por lo tanto se requiere que el análisis de sensibilidad determine qué efecto podrían tener los valores de entrada asumidos en las relaciones resultantes.

Para cuantificar el rango de incertidumbre en relación a los valores RCB, se llevó a cabo un análisis de escenario para reflejar los límites de la variación que podría esperarse si los valores de entrada variaran desde las estimaciones bajas a altas, o si se realizaran diferentes suposiciones en cada etapa. Específicamente, se investigó el efecto de cambiar las siguientes entradas/suposiciones[39]:

- la tendencia general de seguridad vial;
- extrapolación y datos de registro vehicular;
- pronósticos de población de la OMS;
- años de referencia para los vehículos en modelado de seguridad secundaria;
- estimaciones de efectividad;
- población objetivo para el ESC;
- incorporación voluntaria de medidas de seguridad;
- VSL para estimación de beneficios;
- costos de medidas de seguridad.

Para cada análisis, se modificó una de estas mientras que los otros valores de entrada/supuestos permanecieron iguales. La Tabla 25 describe los escenarios evaluados para los modelos de ocupantes de vehículos y la Tabla 26 para el modelo VRU. Las celdas vacías muestran dónde se utilizan en el modelo los mejores valores de estimación (ver columna 2)

[39] Nótese que el efecto de cambiar las tasas de descuento no se investigó dado que esto afectaría tanto los cálculos de costos como de beneficios de la misma manera, lo que no produciría cambios en las RCB presentadas.

Tabla 25: Valores variados de parámetros de entrada para el análisis de escenario para ocupantes de vehículos.

Entrada/supuesto	Mejor estimación	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7	Escenario 8
Tendencia de tasa de víctimas	Tendencia exponencial	Tendencia logarítmica							
Información de registro vehicular	Información de OICA para todos los países		Información elevada para Brasil, Argentina y Chile para combinar las estimaciones IRTAD						
Extrapolación de registro vehicular	Tendencia lineal para todos los autos y autos nuevos			Tendencia logarítmica					
Año de referencia para modelados de seguridad secundaria	2001 en 2016 (atraso de 15 años)				Cambio a 1996 en 2016 por esto es 20 años de retraso				
Estimación de efectividad del ESC 38 %	38 %					Estimación más alta (55 %)	Estimación más baja (15 %)		
Población objetivo para el ESC	Pérdida de control = 34,9 % de muertes							Estimación más alta (43,5 %)	Estimación más baja (26,3 %)

Insumo/supuesto	Mejor estimación	Escenario 9	Escenario 10	Escenario 11	Escenario 12	Escenario 13	Escenario 14	Escenario 15
Incorporación de ESC	La incorporación lleva 20 años, la incorporación voluntaria alcanza un máximo del 60 % en Argentina, Brasil y Chile y 45 % en México.	La incorporación lleva 20 años, la incorporación voluntaria alcanza un máximo de 45 % en los cuatro países.	La incorporación lleva 20 años, la incorporación voluntaria alcanza un máximo de 60 % en los cuatro países.					
VSL para estimación de beneficios	Estimación media para cada país			Estimación inferior para cada país	Estimación alta para cada país	Estimaciones alternativas de Viscusi & Masterman (2017)		
Costos	ESC = $50						$36,46	$102

Tabla 26: Valores de parámetros de entrada variados para el análisis de escenario para los UVV.

Entrada/supuesto	Mejor estimación	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Escenario 4	Escenario 5	Escenario 6	Escenario 7	Escenario 8
Tendencia de tasa de víctimas	Tasa exponencial para Brasil, Chile y México. Logarítmica para Argentina	Tendencia logarítmica para todos los países							
Extrapolación de población	Proyecciones bajas o medias de población de la OMS		Uso de proyecciones bajas para todos los países	Uso de proyecciones medias para todos los países					
Estimaciones de efectividad de UVV-AEB	55 % para ciclistas 48 % para peatones				Mayor estimación a: 21 % para peatones y 42 % para ciclistas				
Estimación de efectividad protección al peatón	1,4 % para ciclistas 3,9 % para peatones					Mayor estimación: 16,4 % para peatones y 10,2 % para ciclistas	Estimación menor: 1 % para peatones y ciclistas		
Incorporación de UVV-AEB	La incorporación toma 20 años, la incorporación voluntaria alcanza el 50 %							Incorporación mayor: Incorporación voluntaria alcanza el 90 %	
Incorporación de protección al peatón	La incorporación toma 20 años, la incorporación voluntaria alcanza el 50 %								Incorporación mayor: incorporación voluntaria alcanza el 90 %

Entrada/ Mejor estimación Escenario 9 Escenario 10 Escenario 11 supuesto				
Estimación para los beneficios VSL	Estimación media para cada país	Menor estimación para cada país	Mayor estimación para cada país	
Costos	UVV-AEB = $261 Protección al peatón= $258			Multiplicar los costos por 50%

Apéndice E - Descuentos

En este trabajo se aplica una tasa de descuento tanto a los costos como a los beneficios (presentados en términos actuales). La aplicación de la tasa de descuentos refleja que los beneficios y futuros costos tendrán valores más bajos que los beneficios y costos actuales.

Para la evaluación del proyecto del sector privado es común utilizar el retorno que un inversor obtendría en el mercado como tasa de descuento (Capital de costo de oportunidad). Los proyectos son luego evaluados más a fondo si pueden ofrecer un mejor retorno que el que se ganaría al invertir en otro lugar. Para los proyectos con un beneficio social, normalmente se utiliza una tasa más baja para reflejar la diferencia en las expectativas de retorno de los proyectos sociales en comparación con los privados. Se seleccionó una tasa de descuento social con referencia a López *et al* quien calculó tasas de descuento social para los países latinoamericanos (López, 2008).

Se utilizan tasas de descuento social menores para proyectos con mayores horizontes temporales. En la medida que evaluamos los costos y beneficios de 2020 a 2030, se ha utilizado una tasa de descuento social del 4,5 % para proyectos con un horizonte temporal de más de 10 años (Figura 2, López, 2008).

Si bien estas tasas se calcularon hace varios años, en otras partes del mundo las tasas de descuento han permanecido relativamente estables en el mismo período. Por ejemplo, la tasa de descuento social utilizada por el Tesoro de Gran Bretaña en 2003 fue de 3,5 % y la misma tasa se ha utilizado en actualizaciones subsecuentes hasta la más reciente (HM Treasury, 2003; HM Treasury, 2013). De manera similar, la tasa de la UE para las regiones más pobres de Europa ha fluctuado muy poco entre 2002 y la actualidad (en 2002 la tasa de descuento social recomendada era del 5 %, en 2008 era de 5,5 % y ha revertido desde entonces al 5 %) (Comisión Europea, 2008; Comisión Europea, 2014; Comisión Europea, 2002).

Apéndice F Beneficios de la seguridad secundaria

Como se explica en la Tabla 11 (Sección 4.1), para 2020 se habrán implementado las normas de seguridad secundaria para los ensayos de choque frontal, cinturones de seguridad y anclajes para cinturones de seguridad en todos los autos nuevos de los cuatro países. También se implementarán (o estarán por implementarse en el futuro cercano) los ensayos de choque lateral para tres de los cuatro países (siendo Brasil la excepción donde el plazo propuesto para esta norma no es claro en la actualidad).

Como resultado, el análisis presentado en las Secciones 5-7 de este informe no incluye ninguna predicción de beneficios o costos para la Norma 94 de la ONU (protección al ocupante en colisión frontal), Norma 95 (protección al ocupante en colisiones laterales) o Normas 14 y 16 (cinturones de seguridad y anclajes homologados para todas las posiciones) dado que las predicciones de tiempo actuales (Sección 4) ya incorporan el efecto de estos cambios.

Aunque estas normas ya están en curso, es útil brindar algún contexto adicional a los resultados presentados en el informe, específicamente para explicar cuántas vidas de ocupantes de vehículos podrían salvarse en estos países como resultado de estas normas. Este apéndice presenta una estimación del número de vidas salvadas por la implementación de estas normas de seguridad secundaria, lo que mejora el modelo utilizado en el trabajo anterior (Cuerden *et al.,* 2015 y Wallbank *et al.,* 2016). El modelo presentado aquí ofrece dos mejoras sobre el trabajo anterior en esta área:

1. El modelo explica el efecto que la incorporación voluntaria de otras normas (concretamente el ESC) tendría en las estimaciones base de víctimas. Las normas de seguridad primaria tales como el ESC reducen el tamaño de la población objetivo que las medidas de seguridad secundaria pueden influenciar. El modelo utilizado es este trabajo toma en cuenta, en primer lugar, las víctimas que se pueden evitar a través de medidas primarias y luego aplica la metodología de modelado de seguridad secundaria a las muertes que aún podrían ocurrir. Como resultado, el número de víctimas evitado por la seguridad secundaria es marginalmente menor que el visto en el trabajo anterior.

2. Los números de muertes presentados en este trabajo han sido factorizados para asegurar que los resultados para los cuatro países sean comparables y representen el número de muertes dentro de los 30 días del choque. Como se discutió en la Sección 3.2, las cifras de Brasil y México son factorizadas hacia abajo (utilizando un factor de 0,97) en relación a aquellas utilizadas en trabajos anteriores y las de Chile son factorizadas hacia arriba (utilizando un factor de 1,30). Como resultado, las cifras de Chile son mayores que las estimaciones inferiores presentadas en Wallbank *et al.,* 2016.

Como se describe en la Sección 2.1.3, el modelado de seguridad secundaria en este trabajo asume que la seguridad secundaria vehicular en América Latina está generalmente 15 años atrasada con respecto a la de Gran Bretaña; en 2016 los estándares en América Latina están a aproximadamente el mismo nivel que los de Gran Bretaña en 2001. Utilizando este supuesto, la Figura 46 presenta el número estimado de vidas salvadas cada año entre 2017 y 2030 por estas normas.

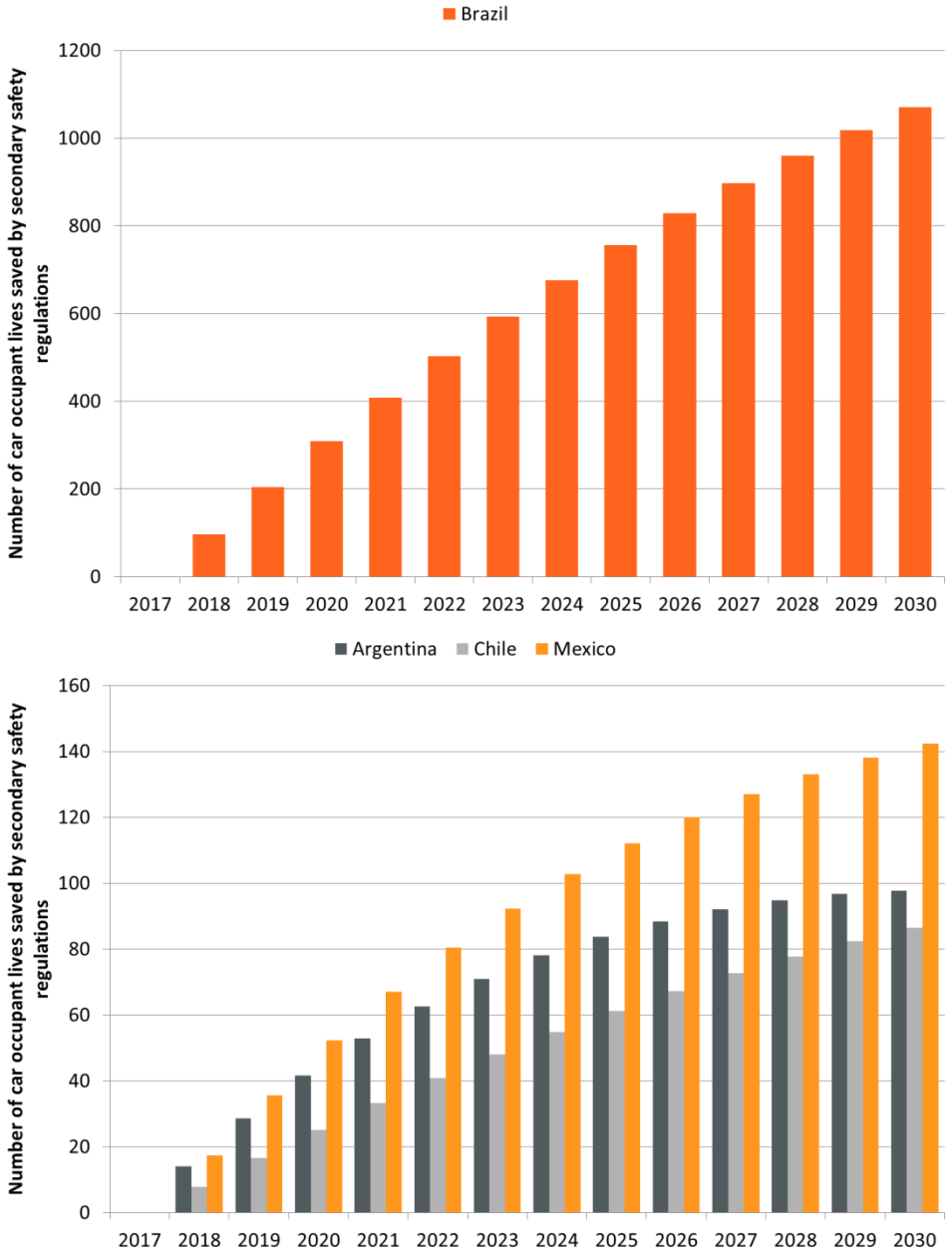


Figura 46: Número estimado de vidas de ocupantes de vehículos salvadas por la implementación de normas de seguridad secundaria (2017-2030)

Los resultados muestran que para 2030, se evitarán cada año aproximadamente 1100 muertes en Brasil cada año y se entre 80-140 muertes en cada uno de los otros tres países. Esto implica que en estos cuatro países de América Latina se evitarán de forma acumulada 11 000 muertes entre 2017 y 2030, lo que equivale a un ahorro monetario de aproximadamente 7400 millones de dólares (USD 2018).

Estas son muy buenas noticias para América Latina: las normas de seguridad vehicular ya implementadas tendrán un efecto considerable en las tendencias de muertes en los próximos años. Sin embargo, como se evidencia en el resto de los resultados presentados en este informe, se puede hacer más para lograr una mayor reducción en las cifras de muertes y otras normas tales como el ESC, UVV-AEB y protección al peatón podrían ofrecer una solución con una relación de costo-beneficio positiva.

Apéndice G Relaciones costo-beneficio de las muertes

Esta sección presenta los resultados del análisis de la relación costo-beneficio cuando solo se consideran los efectos de las medidas de seguridad sobre las muertes. La Figura 47 muestra la relación costo-beneficio año a año de la implementación del ESC en cada uno de los cuatro países en el período 2020-2030, solo centrándose en las muertes de ocupantes de automóviles. La Tabla 2 presenta el año en que la relación costo-beneficio es mayor a 1 en cada país y la Tabla 3 presenta las relaciones costo-beneficio en un período de tiempo completo.

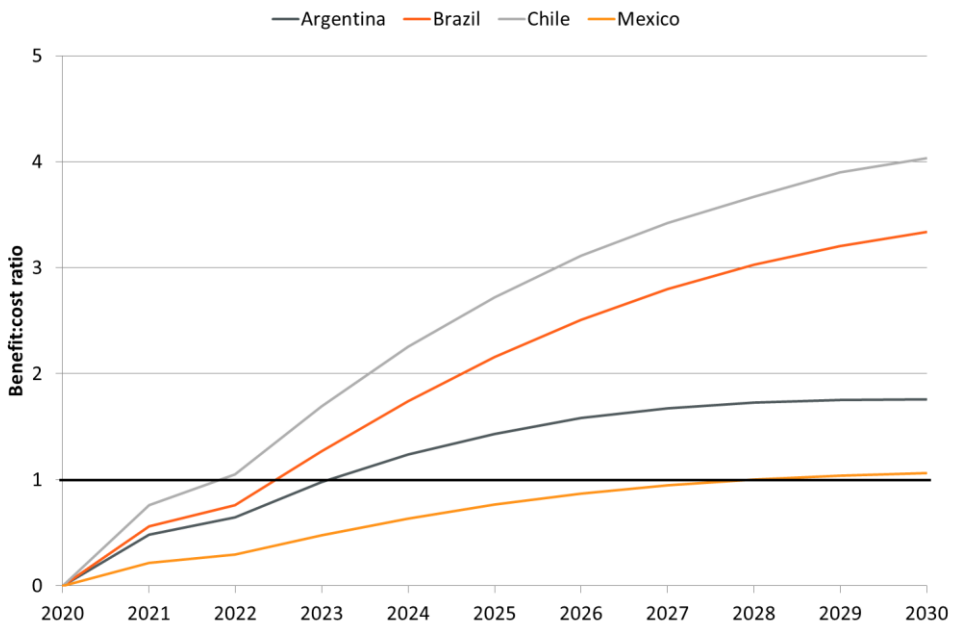


Figura 1: Relación costo-beneficio estimada asociada a la implementación de la norma para el ESC en 2020, solo considerando su efecto en las muertes (2020-2030)

Tabla 2: Año en el cual la RCB para el ESC se vuelve mayor a 1 en cada país, solo considerando su efecto en las muertes

País	Primer año de costo-beneficio positivo	Primer año de costo-beneficio positivo (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	Primer año de costo-beneficio positivo (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	2024	>2030	2022
Brasil	2023	2027	2022
Chile	2022	2025	2021
México	2028	>2030	2024
Total	**2023**	**2029**	**2022**

Tabla 3: RCB acumulada para ESC en el período 2020-2030 por país, solo considerando el efecto en las muertes

País	RCB (2020-2030)	RCB (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	RCB (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	1,34	0,53	2,23
Brasil	2,05	0,81	3,29
Chile	2,65	1,05	4,19
México	0,71	0,28	1,21
Total	**1,58**	**0,68**	**2,79**

Según estos resultados la relación costo-beneficio en la región para el ESC se vuelve mayor que 1 a los 3 años de la implementación, aunque en México lleva 8 años. En el período 2020-2030, la norma será positiva desde el punto de vista de la relación costo-beneficio en Argentina, Brasil y Chile, pero no en México.

La Figura 2 presenta la relación costo-beneficio por año de la implementación de UVV-AEB y de la protección al peatón en cada uno de los cuatro países en el período 2020-2030, solo centrándose en las muertes de los UVV. La

Tabla 4 presenta el año en el cual la relación costo-beneficio es mayor que 1 en cada país y la Tabla 5 muestra las relaciones costo-beneficio en todo el período.

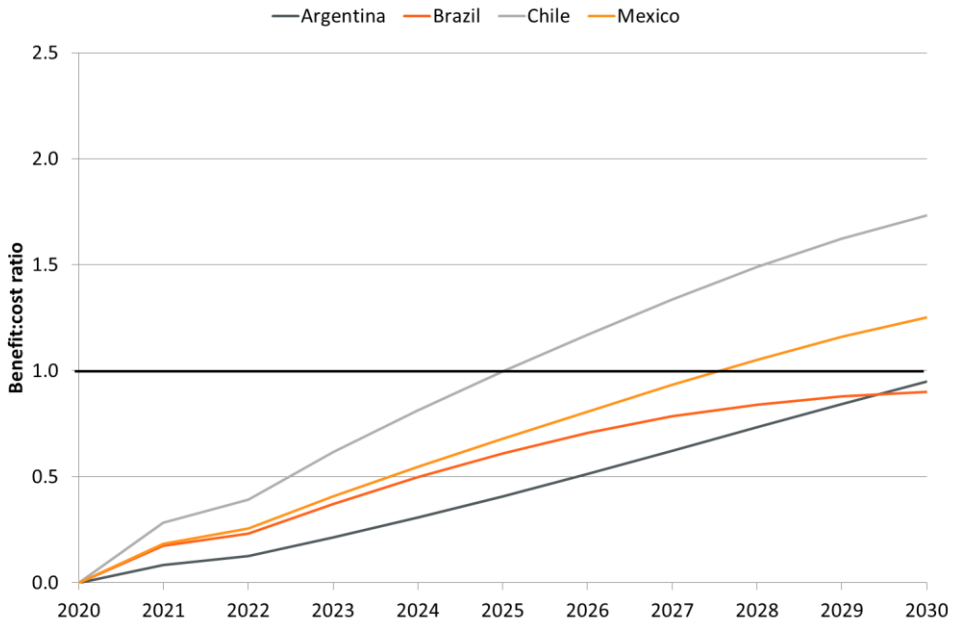


Figura 2: Relación costo-beneficio asociada a la implementación de normas para el UVV-AEB y protección al peatón en 2020, solo considerando el efecto sobre las muertes (2020-2030)

Tabla 4: Año en el cual la RCB para el UVV-AEB y la protección al peatón es mayor que 1 en cada país, solo considerando el efecto sobre las muertes

País	Primer año de costo-beneficio positivo	Primer año de costo-beneficio positivo (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	Primer año de costo-beneficio positivo (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	>2030	>2030	2026
Brasil	>2030	>2030	2025
Chile	2026	>2030	2023
México	2028	>2030	2024
Total	**2030**	**>2030**	**2024**

Tabla 5: RCB acumulada para el UVV-AEB y la protección al peatón en el período 2020-2030 por país

País	RCB (2020-2030)	RCB (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	RCB (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	0,44	0,23	0,89
Brasil	0,57	0,29	1,14
Chile	0,99	0,52	1,99
México	0,68	0,34	1,37
Total	**0,61**	**0,31**	**1,21**

Estos resultados muestran que la relación costo-beneficio anual para el UVV-AEB y la protección al peatón habrá superado el 1 en Chile y México para 2028, si solamente se considera el efecto sobre las muertes. Sin embargo, la relación para Argentina y Brasil todavía se mantendrá por debajo del 1 en 2030, aunque se espera que en Argentina supere el 1 para 2031, si se extendiera el análisis a ese punto en el tiempo. Los resultados también muestran que para todo el período (2020-2030), las medidas para la protección de los UVV no tendrían una relación positiva desde el punto de vista costo-beneficio si solo se consideran las muertes. Esto es producto del hecho de que una proporción sustancial de los beneficios que se presentan en la sección **Error! Reference source not found.** (41 %) proviene de reducciones en las lesiones graves.

La Figura 3 muestra la relación costo-beneficio por año para la implementación de (ESC, UVV-AEB y la protección al peatón) en cada uno de los cuatro países en el período 2020-2030, centrándose

en el efecto total sobre las muertes de ocupantes y UVV. La Tabla 6 muestra el año en el cual la relación costo-beneficio es mayor que 1 en cada país, y la

Tabla 7 presenta las relaciones costo-beneficio acumuladas para todo el período.

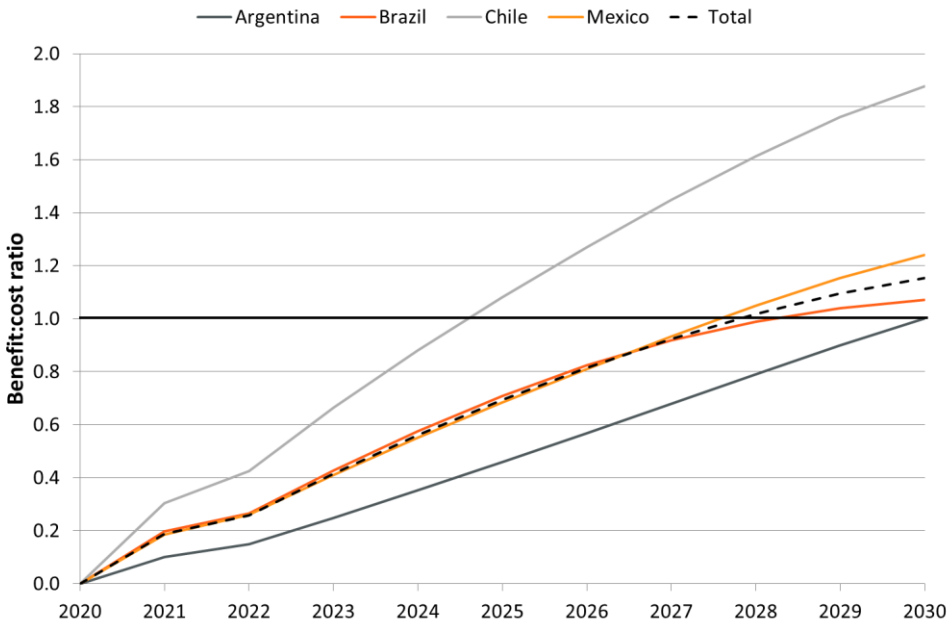


Figura 3: Relación costo-beneficio estimada asociada a la implementación de las tres normas (ESC, UVV-AEB y la protección al peatón) en 2020, solo considerando el efecto sobre las muertes (2020-2030)

Tabla 6: Año en el cual la RCB para el ESC, el UVV-AEB y la protección al peatón es mayor que 1 en cada país, solo considerando el efecto sobre las muertes

País	Primer año de costo-beneficio positivo	Primer año de costo-beneficio positivo (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	Primer año de costo-beneficio positivo (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	2030	>2030	2026
Brasil	2029	>2030	2024
Chile	2025	>2030	2023
México	2028	>2030	2024
Overall	**2028**	**>2030**	**2024**

Tabla 7: RCB acumulada combinada para ESC, UVV-AEB y protección al peatón para el período 2020-2030 por país

País	RCB (2020-2030)	RCB (estimación inferior del análisis de sensibilidad)	RCB (estimación superior del análisis de sensibilidad)
Argentina	0,49	0.25	1,02
Brasil	0,67	0.33	1,40
Chile	1,08	0.54	2,20
México	0,65	0.34	1,35
Total	**0.67**	**0.33**	**1.39**

Estos resultados muestran que en cada uno de los países, el grupo combinado de medidas de seguridad alcanzan una relación costo-beneficio anual mayor a 1 para 2030 como máximo (y como mínimo para 2025 en Chile). Sin embargo, para todo el período (2020-2030), las medidas no serían positivas desde el punto de vista costo-beneficio si solamente se consideraran las muertes, por las mismas razones explicadas para los UVV.

Apéndice H Beneficios en relación a las lesiones graves

Además de los beneficios en relación a las muertes estimados en la Sección 5 de este informe, las normas implementadas en este estudio también podrían tener un efecto sobre el número de lesiones graves. Este apéndice presenta los resultados del análisis para estimar el número de lesiones graves que se podrían evitar y la relación costo-beneficio resultante que se podría obtener además de las estimaciones de muertes presentadas en el cuerpo principal del informe.

Nótese que esta metodología es una simplificación de la aplicada a las muertes evitadas y por lo tanto se debe tener mucho cuidado con los resultados dado que se deben realizar suposiciones adicionales; las mismas se encuentras documentadas en el Apéndice H.1.

H.1 Metodología y supuestos

Existe información disponible limitada sobre el número de lesiones graves en cada país y por lo tanto se requieren algunos supuestos para estimar el número base de estas víctimas. Para el objetivo de este análisis, hemos asumido que se puede aplicar un proceso simple de factorización utilizando información de STATS19 para estimar la relación entre víctimas fatales y graves en cada escenario relevante.

Para ocupantes de vehículos en choques con sistemas de ESC (por ejemplo, aquellas que involucran la pérdida de control), estimamos que en Gran Bretaña hay aproximadamente 6,5 lesiones graves por cada muerte. Para peatones golpeados por un vehículo, la cifra es de 11,3 y para ciclistas en un choque con un auto es de 49,1. Esta factorización asume que la relación de víctimas fatales y graves es la misma en cada una de los cuatro países incluidos en este estudio a la observada en Gran Bretaña; es un supuesto sustancial dada la probabilidad de diferencias en las definiciones de los tipos y gravedad de los choques.

Además de factorizar las muertes de base, es probable que las estimaciones de efectividad para cada norma sean diferentes para las lesiones graves que para las muertes. Una revisión bibliográfica (documentada en el Apéndice B, Apéndice C y en la información equivalente para el ESC) muestra que las estimaciones de efectividad relevantes para las lesiones graves son:

- ocupantes de vehículos:
  - efectividad del ESC para lesiones serias = 21 %
- peatones
  - efectividad del UVV-AEB para lesiones graves = 42 %
  - efectividad de la protección al peatón para lesiones graves = 11,8 %
- ciclistas:
  - efectividad del UVV- AEB para lesiones graves = 33 %
  - efectividad de protección al peatón para lesiones graves = 4,7 %

Utilizando estos factores, se puede estimar el número de lesiones graves evitadas por norma y se puede aplicar una estimación VSL para calcular el beneficio económico. Bhalla et al. (2013) consultó varios estudios VSL relevantes y mostró que la pérdida económica por lesiones

graves no fatales era equivalente a 17 veces el PBI per cápita (Tabla 33).

Tabla 33: Pérdida económica por lesiones graves utilizando el método VSL

	Predicción de PBI per cápita (2018) (2018 USD) – ver Figura 11	Pérdida económica de una lesión grave debido a un siniestro de tránsito (2018 USD, miles)
Argentina	12.924	220
Brasil	8.807	150
Chile	14.186	241
México	8.321	141

Finalmente, este beneficio económico se puede combinar con el beneficio económico para las muertes evitadas (de la Sección 5) para estimar el beneficio total del número de víctimas evitado. Esto se compara luego con los costos (de la Sección 6) para generar nuevas relaciones de costo beneficio que expliquen las lesiones fatales y graves combinadas. El Apéndice H.2 presenta el número de víctimas evitadas y el H.3 las relaciones de costo-beneficio revisadas.

H.2 Víctimas evitadas

H.2.1 Ocupantes de vehículos

La Figura 50 presenta el número estimado de lesiones graves de ocupantes de vehículos evitadas cada año a través de la implementación de la norma para el ESC.

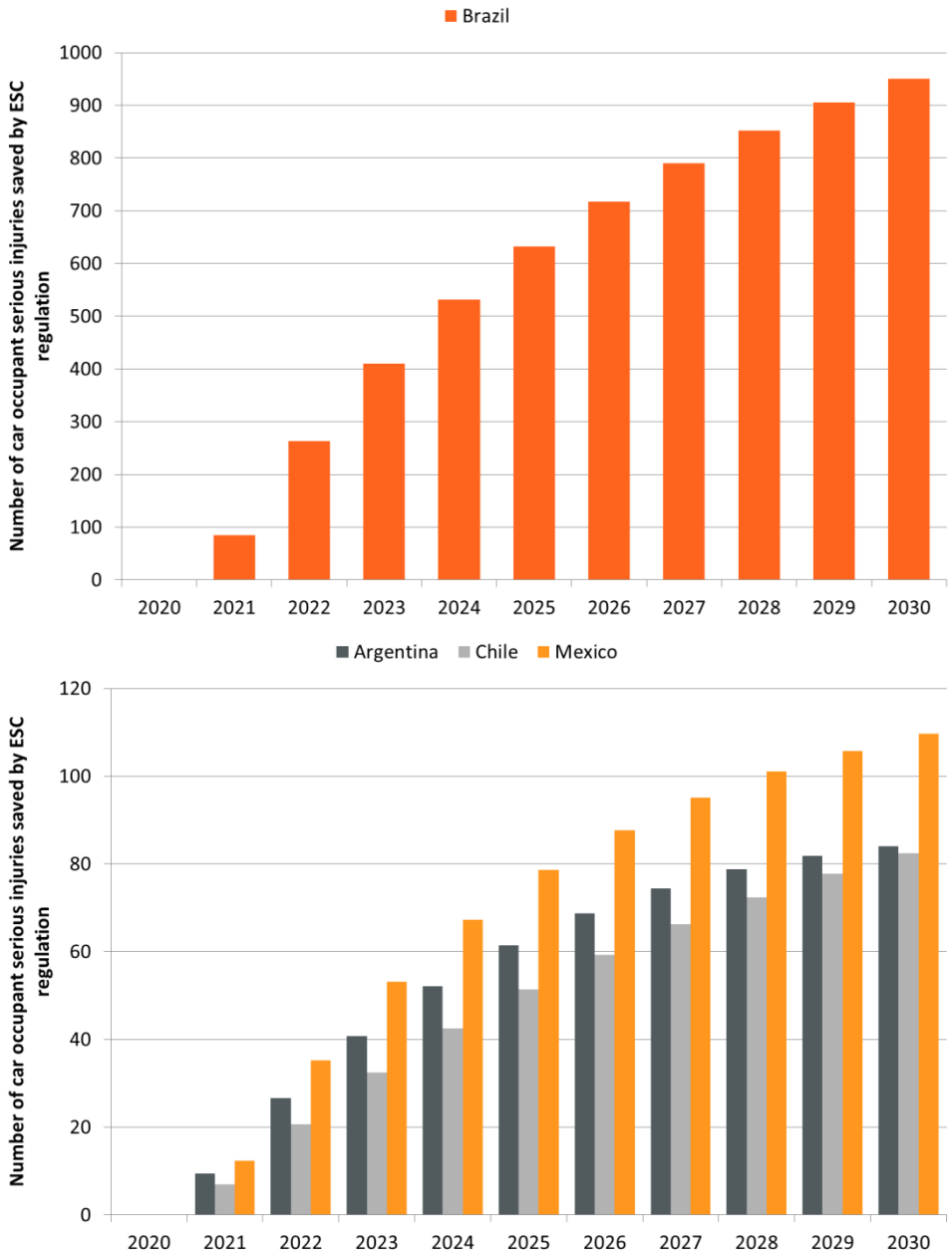


Figura 50: Número estimado de lesiones graves de ocupantes de vehículos evitadas por la implementación de la norma ESC in 2020 (2020-2030)

En la Tabla 34 se presentan los resultados acumulativos.

Tabla 34: Vidas salvadas y lesiones graves evitadas y beneficio económico para ocupantes de vehículos por la implementación de la norma CEE en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas 2020-2030	Lesiones graves evitadas acumuladas 2020-2030	Beneficio económico descontado, muertes 2020-2030 (2018 US $, millones)	Beneficio económico descontado, lesiones graves 2020-2030 (2018 US $, millones)	Beneficio económico total 2020-2030 (2018 US $, millones)
Argentina	160	578	147,64	87,47	235,11
Brasil	1699	6138	1062,90	630,11	21 693,01
Chile	142	512	142,41	84,21	226,61
México	206	746	122,66	72,34	194,99
Total	**2207**	**7975**	**1.352,94**	**874,12**	**2 349,72**

Esto demuestra que para 2030 podrían evitarse casi 8000 lesiones graves en total gracias a las normas de ESC. La mayoría de estas prevenciones se encuentran en Brasil con un poco más de 6000 lesiones serias evitadas en el período del estudio. Esto es equivalente a un ahorro de alrededor de 870 millones de dólares, resultando en un beneficio total de un poco más de 2350 millones de dólares cuando también se agregan las muertes.

H.2.2 Usuarios Vulnerables de las Vías

La Figura 51 presenta el número estimado de lesiones graves a peatones evitadas cada año a través de la implementación de normas UVV-AEB y protección al peatón. La Tabla 35 presenta las cifras acumuladas.

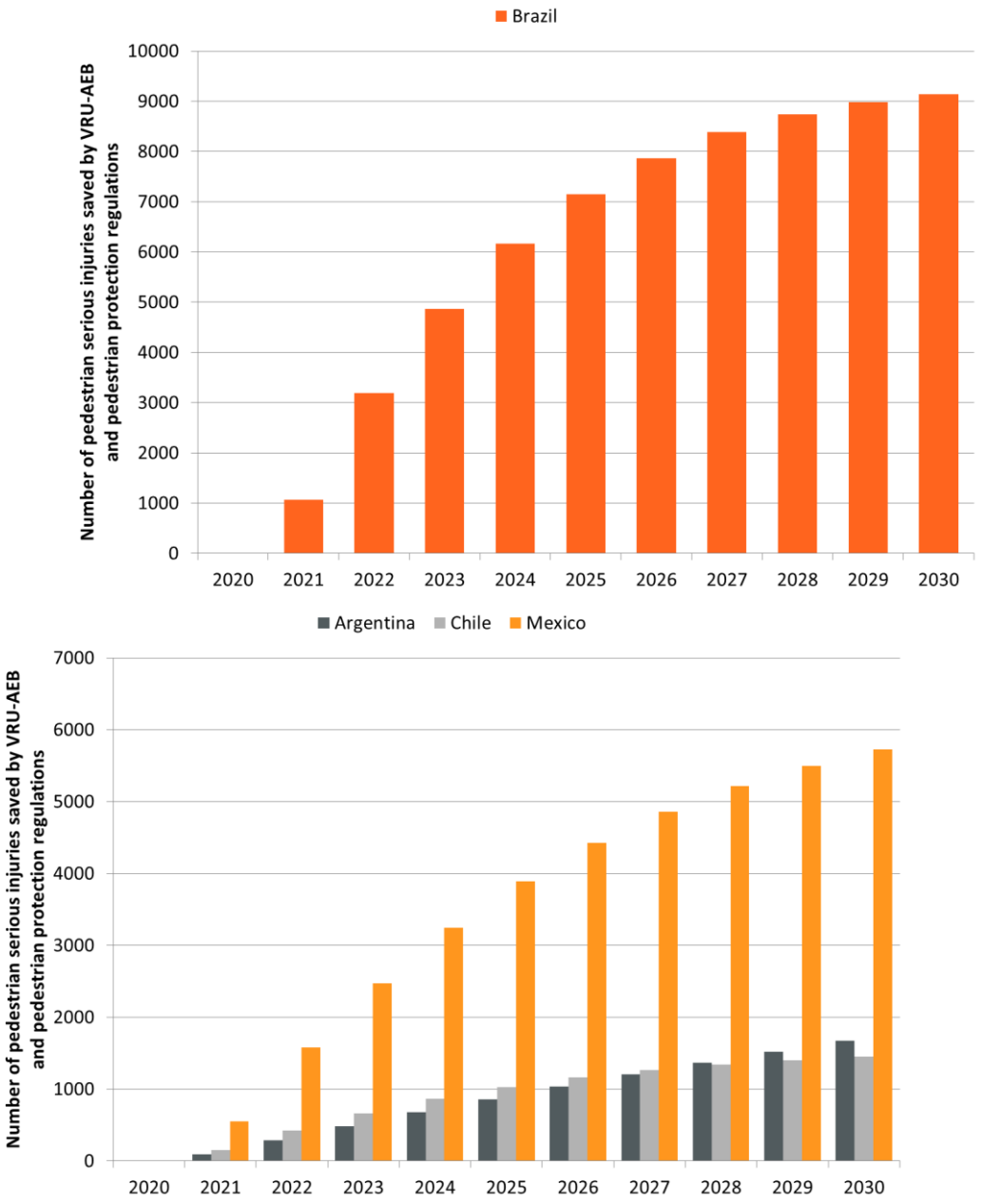


Figura 51: Número estimado de lesiones graves a peatones evitadas por la implementación de la norma UVV- AEB y protección al peatón en 2020 (2020-2030)

Tabla 35: Estimación de vidas salvadas y lesiones graves evitadas y beneficio económico para peatones por la implementación de normas UVV- AEB y protección al peatón en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas 2020-2030	Lesiones graves evitadas acumuladas 2020-2030	Beneficio económico descontado, muertes 2020-2030 (2018 US millones)	Beneficio económico descontado, lesiones graves 2020-2030 (2018 US$, millones)	Beneficio económico total 2020 -2030 /(2018 US$, millones)
Argentina	829	9207	749,01	1366,12	2115,13
Brasil	5871	65 550	3698,33	6784,12	10 482,44
Chile	851	9751	858,84	1612,26	2471,10
México	3187	37 462	1884,06	3616,06	5500,12
Total	**10738**	**121 970**	**7190,23**	**13 378,57**	**20 568,80**

Las normas dirigidas a los UVV tienen el potencial de prevenir lesiones graves a unos 120 000 peatones entre 2020 y 2030. Esto equivale a un ahorro económico de 13 400 millones de dólares resultando en un ahorro económico total de 20 600 millones de dólares para este grupo de víctimas.

La Figura 52 presenta el número estimado de lesiones graves a ciclistas evitadas cada año a través de las normas para los UVV. La Tabla 36 presenta las cifras acumuladas.

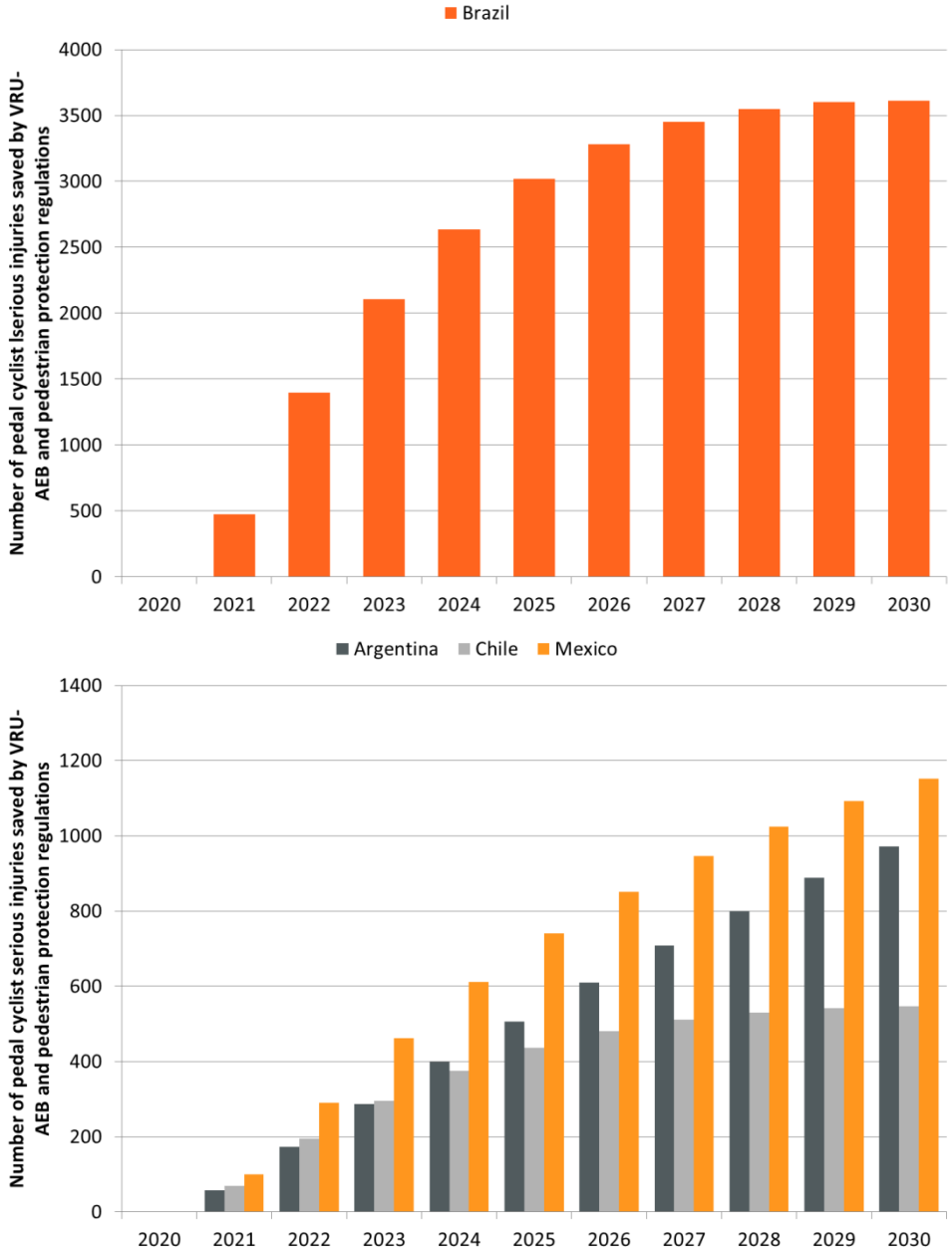


Figura 52: Número estimado de lesiones graves a ciclistas evitadas por la implementación de las normas UVV- AEB y protección al peatón en 2020 (2020-2030)

Las normas dirigidas a los UVV también evitan lesiones graves a ciclistas; entre 2020 y 2030 podrían evitarse más de 43 000. Esto equivale a un ahorro económico de casi 5000 millones de dólares lo que representa un ahorro total para todas las víctimas ciclistas de alrededor de 5900 millones de dólares.

Tabla 36: Vidas salvadas y lesiones graves evitadas y beneficio económico para ciclistas por la implementación de la norma CEE en 2020 (2020-2030)

	Vidas salvadas acumuladas 2020-2030	Lesiones graves evitadas acumuladas 2020-2030	Beneficio económico descontado, muertes 2020-2030 (2018 US millones)	Beneficio económico descontado, lesiones graves 2020-2030 (2018 US$, millones)	Beneficio económico total 2020 -2030 /(2018 US$, millones)
Argentina	171	5400	154,71	801,77	956,47
Brasil	857	27 127	541,75	2817,54	3359,29
Chile	124	3983	125,66	662,88	788,54
México	222	7273	130,58	699,99	830,57
Total	**1373**	**43 782**	**952,70**	**4982,17**	**5934,87**

H.3 Estimaciones de costo-beneficio

H.3.1 Ocupantes de vehículos

La suma de las lesiones graves a las estimaciones de beneficio mejora la relación costo-beneficio (RCB) de las normas para ESC en los países estudiados. La Tabla 37 presenta las RCB acumulada para los ocupantes, incluidas tanto las muertes como las lesiones graves en el período 2020-2030.

Tabla 37: RCB incluidas las muertes y lesiones graves para ocupantes de vehículos en el período 2020-2030 por país

País	RCB (2020-2030)
Argentina	2,14
Brasil	3,27
Chile	4,22
México	1,12
Total	**2,75**

La inclusión de los beneficios relacionados a las lesiones graves implica que las normas para el ESC son rentables para los cuatro países y para la región en general.

H.3.2 Usuarios Vulnerables de las Vías

La Tabla 38 presenta la RCB acumulada para los UVV en el período 2020-2030.

Tabla 38: RCB incluidas las muertes y lesiones graves para los UVV en el período 2020-2030 por país

País	RCB (2020-2030)
Argentina	1,51
Brasil	1,86
Chile	3,29
México	2,15
Total	**1,98**

La inclusión de beneficios relacionados con lesiones graves significa que las normas UVV-AEB y protección al peatón son también rentables en los cuatro países, tanto a nivel individual y para la región en su totalidad.

El potencial de los estándares de seguridad vehicular para evitar muertes y lesiones en Argentina, Brasil, Chile y México: actualización 2018.

La Organización Mundial de la Salud estima que el número de muertes por siniestros de tránsito ha alcanzado los 1,35 millones por año. Las tasas más altas de muertes por siniestros de tránsito se registran en los países de bajos ingresos. El objetivo general de esta investigación es apoyar la adopción de estándares de seguridad prioritarios para todos los autos nuevos a nivel mundial. Se utilizan cuatro países como caso de estudio: Argentina, Brasil, Chile y México.

Los siguientes se consideran los tres mayores estándares de seguridad vehicular prioritarios (aplicable a autos):

1. estándares mínimos para la seguridad estructural a los choques (cinturones de seguridad y protección ante choques frontales y laterales;

2. Control Electrónico de Estabilidad (ESC para evitar los choques;

3. medidas de protección al peatón para mejorar la seguridad de los Usuarios Vulnerables de las Vías (UVV).

El informe estima el número de vidas que se salvarían y las lesiones graves que se evitarían si Argentina, Brasil, Chile y México adoptaran el paquete completo de estándares de seguridad vehicular prioritarios a partir de 2020.

Otros títulos de esta área temática

PPR766 The potential for vehicle safety standards to prevent road deaths and injuries in Brazil. Cuerden, Lloyd, Wallbank & Seidl. 2015

PPR797 **The potential for vehicle safety standards to prevent deaths and injuries in Latin America. Wallbank, McRae-McKee, Durrell & Hynd. 2016.**

TRL
Crowthorne House, Nine Mile Ride, Wokingham, Berkshire, RG40 3GA,
United Kingdom
T: +44 (0) 1344 773131
F: +44 (0) 1344 770356
E: enquiries@trl.co.uk W: www.trl.co.uk

ISSN 2514-9652
ISBN 978-1-912433-47-6
PPR867