

---

## UN PLAN DE SEGURIDAD VIAL DE CORTO PLAZO PARA CHILE

Luis Ignacio Rizzi\*, Juan Carlos Muñoz  
Departamento de Ingeniería de Transporte y Logística  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
E-mail: [lir@ing.puc.cl](mailto:lir@ing.puc.cl); [jcm@ing.puc.cl](mailto:jcm@ing.puc.cl)

Sebastián Cumsville  
Planificación y Control de Gestión, Central Restaurantes ARAMARK  
E-mail: [sebastiancumsville@gmail.com](mailto:sebastiancumsville@gmail.com)

Francisco Fresard  
DICTUC-División Ingeniería de Transporte y Logística  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
E-mail: [ffresard@dictuc.cl](mailto:ffresard@dictuc.cl)

Pedro Gazmuri  
Departamento de Ingeniería Industrial y de Sistemas  
Pontificia Universidad Católica de Chile  
E-mail: [pgazmuri@ing.puc.cl](mailto:pgazmuri@ing.puc.cl)

### RESUMEN

Se propone un conjunto de medidas de probada efectividad a nivel internacional, cuya factibilidad técnica y costo de implementación son abordables para el país. Algunas de estas medidas están especialmente destinadas a la protección de los usuarios más vulnerables, peatones y ciclistas. Este plan podría llegar a evitar 500 fatalidades al año. Expresado en términos monetarios, el valor presente de este beneficio, descontado a una tasa social de ocho por ciento anual, arroja US\$ 1.900 millones, el valor presente de los costos del plan asciende a US\$ 442 millones, lo que arroja un ratio beneficio - costo superior a cuatro.

*Palabras clave:* seguridad vial, análisis costo – beneficio, externalidades de transporte

### ABSTRACT

Several road safety measures are proposed to improve to bring down road fatalities, based on an extensive literature review. Many of these measures aim at improving the safety of vulnerable as pedestrians and cyclists. These measures have the potential to save 500 fatalities a year, with a benefit – cost ratio exceeding four.

*Keywords:* road safety, cost – benefit analysis, transport externalities

---

\* Autor de contacto

## INTRODUCCION

En este documento, se presenta un plan de corto plazo de seguridad de tránsito para Chile, elaborado a partir de una revisión bibliográfica de diversas medidas de seguridad vial reportadas en la literatura. Se seleccionó un grupo de diez medidas costo-efectivas que se consideran las más apropiadas para ser implementadas en el país. Es decir, no sólo se trata de medidas que cumplen su objetivo, sino que también lo hacen a un costo razonable. El resto del documento se organiza en dos secciones: en la primera, se hace una breve descripción de la situación de la seguridad vial en Chile y, en la segunda, se presentan las diez medidas con su relación costo - beneficio.

### 1. LA SITUACION DE LA SEGURIDAD VIAL EN CHILE

Chile ha mantenido un crecimiento económico sostenido desde 1980. Entre 1980 y 2006, su PBI creció 3,2 veces, es decir, un crecimiento anual promedio de 4,6 por ciento. Su tasa de crecimiento vegetativo ha sido 1,5 por ciento anual promedio lo que arroja un incremento anual promedio del PBI per cápita del 3 por ciento. En dólares corrientes de 2006, su ingreso per cápita se estima en US\$ 8.000. Este notable crecimiento económico generó un incremento en el uso de vehículos de transporte y en la construcción de vialidad. El parque de vehículos motorizados ha crecido en Chile un 30% entre 1997 y 2005, pasando de 1.874.330 a 2.444.571<sup>1</sup>. En el mismo período, la red de caminos interurbanos nacionales pavimentados creció un 26%, situándose en 16.967 km<sup>2</sup>. La población del país en el año 2005 superaba los 16 millones de habitantes. La figura 1 muestra la evolución de los fallecidos en accidentes viales en los últimos 27 años (1980 – 2006) y del PBI. Mientras la primera serie es oscilante con cierta tendencia al alza, la segunda serie es claramente creciente en el tiempo<sup>3</sup>.

En el año 2004, el número de vehículos por cada 1.000 habitantes es 143, el número de fallecidos cada 10.000 vehículos asciende a 9,9 y el número de fallecidos cada 100.000 habitantes, a 14,2. Un rasgo a destacar de las fatalidades en Chile (y típico en países en desarrollo) es el alto número de peatones que se cuentan entre las víctimas fatales. Entre los años 1993 y 2004, este número ha oscilado entre el 41% y el 48%, con un valor promedio de 45%. Una gran parte de la población chilena no tiene acceso al automóvil privado y, por lo tanto, son dependientes de los modos de transporte público, de la caminata, de la bicicleta o de modos motorizados de bajo costo como motocicletas. Este sector de la población está expuesto a un mayor nivel de riesgo en caso de colisión con un automóvil por la simple diferencia de masas. Asimismo, como una gran mayoría de estos usuarios nunca ha conducido -y probablemente nunca lo hará-, no sólo desconoce las dificultades de maniobra propias de los conductores al enfrentar peatones, sino, también no ha experimentado ni maneja el concepto de velocidad relativa, en que su usual velocidad de caminata es de 10 a 15 veces inferior a un automóvil en áreas urbanas y de 25 a 30 veces en áreas no-urbanas. Finalmente, debido a limitaciones presupuestarias y conceptuales, el diseño y la

---

<sup>1</sup> Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, <[www.ine.cl](http://www.ine.cl)>.

<sup>2</sup> Fuente: Dirección Nacional de Vialidad, <[www.vialidad.cl](http://www.vialidad.cl)>.

<sup>3</sup> Uno de los árbitros nos pide algunas aclaraciones relacionadas con la figura 1. En primer lugar, si bien la CONASET fue creada a fines de 1993, comenzó a funcionar más tarde durante el Gobierno del Presidente Frei. En segundo lugar, el árbitro señala que el gran descenso en las fatalidades producido a partir del año 1999 se debe a los fotorradares; sin embargo, esta postura no es avalada por alguna referencia concreta.

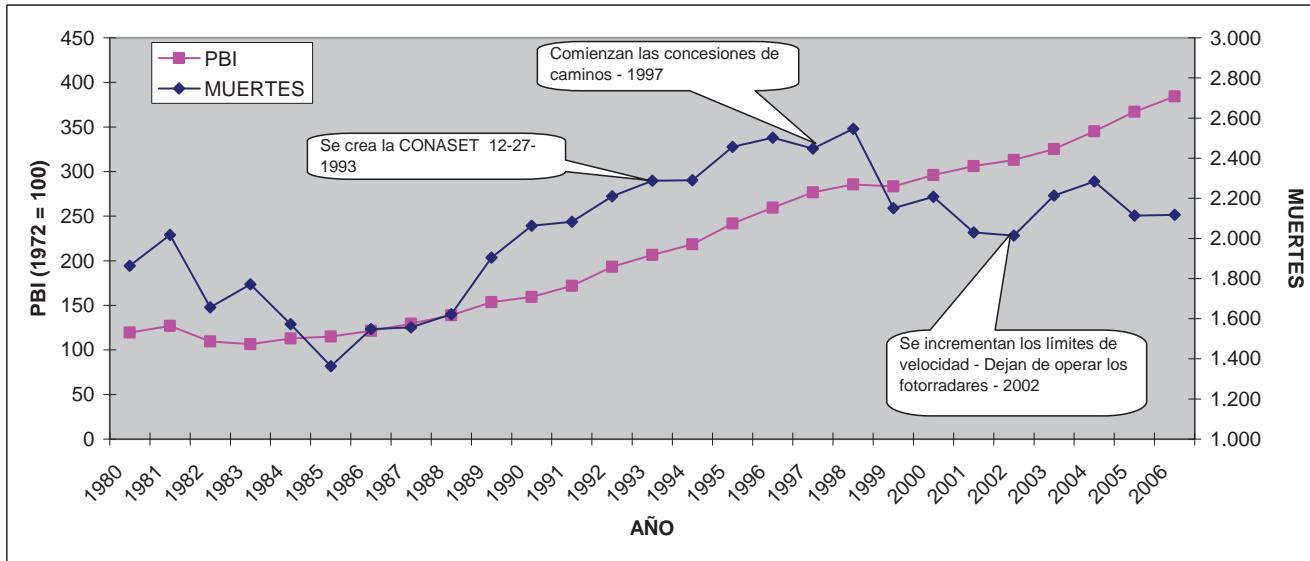


Figura 1: Evolución de las accidentes fatales y del PBI en Chile. 1980 - 2006

Fuente: Accidentes viales: CONASET [www.conaset.cl](http://www.conaset.cl), a partir de información provista por la Sección de Investigación de los Accidentes de Tránsito de Carabineros de Chile (SIAT). Los registros de CONASET fueron multiplicados por 1,3 a fin de contabilizar las personas fallecidas en accidentes viales durante el primer mes de ocurrido el accidente, tal como sugieren las Naciones Unidas (referencia). Los registros de Carabineros de Chile contienen el número de personas fallecidas dentro de las primeras 24 horas del accidente. Serie PBI: elaboración propia a partir de datos del Banco Central de Chile [www.bcentral.cl](http://www.bcentral.cl) e INE (2005).

gestión de la vialidad en Chile están pensados para el tráfico vehicular<sup>4</sup>. Por tanto, las condiciones de entorno para el peatón y los ciclistas son adversas.

### **1.1. Breve caracterización de los accidentes viales en Chile**

Al comparar indicadores internacionales con indicadores chilenos, los problemas que originan los accidentes viales en Chile son muy parecidos a los observados en países de Europa y EE.UU, a pesar de las grandes diferencias en las tasas de motorización. Los factores causantes de la mayoría de los accidentes de tránsito son los siguientes<sup>5</sup>:

- Velocidades altas o inadecuadas;
- Alcohol en conductor o peatón;
- Conductores jóvenes y principiantes;
- Vulnerabilidad de usuarios;
- No uso de elementos de protección y/o seguridad;
- Compromiso de la visibilidad;
- Objetos peligrosos en la zona lateral de las vías y falta de protección adecuada.

### **1.2. La tendencia de los accidentes viales en Chile**

Todos los indicadores de desempeño económico sugieren que Chile va a seguir creciendo a tasas anuales en torno al cinco por ciento en los próximos cinco a diez años. El ingreso *per cápita* seguirá aumentando y, con éste, el número de vehículos motorizados, a tal punto que en el año 2015 el umbral de 200 vehículos por cada mil habitantes sería cómodamente superado. También se espera un incremento en el total de kilómetros pavimentados. Por lo tanto, en el mediano plazo Chile tendrá un parque vehicular creciente, mayores vehículos-kilómetros circulados y una mayor proporción de viajes en vehículos privados. Igualmente, seguirán existiendo amplios sectores de la población que dependerán exclusivamente de otros modos de transporte que no sea el vehículo privado y la situación de estos usuarios apenas mejoraría, aunque su número irá disminuyendo lentamente. Siguiendo el típico patrón de análisis de los accidentes, se considera por separado la evolución esperada a futuro del factor humano, los vehículos y el ambiente vial.

En su papel de conductores, los chilenos perciben esta actividad como altamente beneficiosa desde el punto de vista personal, con un riesgo acotado bajo su control (Bronfman y Cifuentes, 2005). Aún más, su nivel de potencial catastrófico se percibe como prácticamente nulo. Características propias de la población, como una baja aversión al riesgo de accidentes y el estatus de bien “aspiracional” que los vehículos poseen en Chile, se conjugan para generar, desde una óptica personal y social, un muy bajo nivel de preocupación o inquietud por el tema de la seguridad vial. Y puesto que el tema no pertenece al conjunto de las preocupaciones principales

---

<sup>4</sup> Por limitación conceptual, nos referimos a una falta de visión y conocimiento de los agentes involucrados en el diseño y la gestión de la vialidad en relación al tema peatonal. Traemos este tema a consideración por sugerencia de uno de los árbitros de este documento.

<sup>5</sup> Fuente: Sección de Investigación de los Accidentes de Tránsito de Carabineros de Chile (SIAT). El uso de la información del SIAT corresponde a datos del año 2004.

de la población chilena, el mismo no forma parte de la agenda de gobierno<sup>6</sup>. Tampoco son, hoy día, condenables socialmente el exceso de velocidad y la conducción bajo efectos del alcohol, especialmente en conductores jóvenes (Fresard y López, 2005), por lo que no existe una presión del medio sobre los conductores a evitar este tipo de conducta. Se podría pensar en una actitud distinta de parte de los peatones y otros usuarios desprotegidos; sin embargo, el entorno vial perjudica a estos usuarios desprotegidos y se vuelve muy complejo para ellos.

Puesto que Chile es un importador de vehículos y el estándar de seguridad de estos suele estar sujeto a normas europeas, norteamericanas o japonesas, los vehículos provenientes de estos países o de países que fabrican vehículos para estos mercados, serán cada vez más seguros. Por otro lado, genera cierta preocupación la posible irrupción de autos fabricados para mercados menos exigentes, especialmente de aquellos países con los que Chile tiene acuerdo de libre comercio, China en particular. En este sentido, todo dependerá de qué tan estricta sea la autoridad chilena con la adopción de estándares de seguridad. Si esta autoridad se guía por el hecho de permitir el ingreso de automóviles de bajo costo a fin de que cada vez más personas tengan acceso a un vehículo privado, este tipo de vehículos no contribuirán a una mejor seguridad vial.

En cuanto a los nuevos caminos, también se tienen algunos motivos para ser optimistas. Los nuevos proyectos viales cada vez incorporan mayores consideraciones ambientales, entre ellas, la seguridad vial. En particular, el diseño vial orientado a la seguridad de los vehículos irá mejorando, tal como ha sucedido en estos últimos 10 años. Sin embargo, sigue siendo una constante cometer, a veces, verdaderas aberraciones de diseño por problemas de abaratamiento de costos<sup>7</sup>. Peor aún, el ahorro de costos en relación a los usuarios desprotegidos es una constante de la mayoría de los proyectos viales. El estándar de diseño es tal que no permite aún la segregación total de ciclistas y peatones en ciertos proyectos que lo requerirían. Así, la infraestructura vial contribuirá a salvar vidas de personas que viajen en vehículos (auto privado o buses), pero no necesariamente contribuirá a salvar vidas de usuarios desprotegidos. Estos últimos suelen pertenecer a los sectores sociales de la población de menores ingresos, con menor capacidad de hacer escuchar sus reclamos y ser considerados en los diseños viales.

En base al contexto recién descrito, la cantidad de vehículos-kilómetros va a seguir en aumento. Así, aumentará la exposición, la que puede ser compensada con una mayor precaución por parte de los conductores, de manera tal que el número de fatalidades se mantenga *constante*<sup>8</sup> o aumente levemente. Sería posible, entonces, tener un escenario en el que las fatalidades cada 10.000 vehículos, las fatalidades cada 100.000 habitantes y las fatalidades por millón de vehículo-kilómetros sigan disminuyendo. Se propone el siguiente ejercicio de carácter hipotético. Supóngase un parque automotor de 5,6 millones de vehículos para el año 2020, con una población estimada de 18,56 millones de habitantes (INE, 2005). Así, se tendrían 302 vehículos cada 100 habitantes, una tasa de posesión vehicular modesta desde una perspectiva internacional. Para que el número de fallecidos sea igual a la cifra actual de 2150, se debería tener una tasa de fatalidades cada 10.000 vehículos inferior a 4 y una tasa de fallecidos cada 100 habitantes inferior

<sup>6</sup> En Chile, un tema que preocupa enormemente a la opinión pública en estos últimos años es la seguridad ciudadana, que se cobra alrededor de 350 vidas al año. Debido a esta preocupación, Carabineros de Chile cada vez dedica más personal y recursos a seguridad ciudadana en desmedro de la seguridad vial, a pesar de que en accidentes de tránsito mueren más de 2100 personas al año, cifra seis veces mayor que la anterior.

<sup>7</sup> Ver nota a pie 4.

<sup>8</sup> Este supuesto es compatible con la evolución de las fatalidades en estos últimos 20 años (Figura 1).

a 12. La mayor congestión vial y la menor tasa de ocupación vehicular esperadas a futuro son dos elementos que pueden contribuir a lograr una reducción en la tasa de fatalidades cada 10.000 vehículos (Fridstrøm, 1999; Gaudry, 2000).

Resumiendo, la situación de las fatalidades en Chile no pareciera que fuese a empeorar de manera significativa. La evidencia chilena de los últimos años nos muestra que el número de fatalidades no se dispara, a pesar de que no ha existido una agresiva política de seguridad vial destinada a reducir la siniestralidad de tránsito. El lado oscuro de este estado de situación es que invita a la autocomplacencia, tal que tanto las autoridades viales, como las voces cantantes de la industria del automóvil consideren que no es necesario tomar medidas drásticas.

## **2. UN PLAN DE SEGURIDAD VIAL DE CORTO PLAZO PARA CHILE**

La autoridad chilena debe intervenir en materia de seguridad vial de manera drástica a fin de disminuir el número de víctimas fatales. Revisando la literatura internacional y, en particular, los casos de países exitosos en materia de seguridad vial, es posible encontrar un patrón de acciones que han demostrado de manera consistente ser efectivas en la reducción de los accidentes viales. No se trata de inventar nada nuevo, sino de adaptar medidas de reconocido éxito internacional, técnicamente factibles de implementar en Chile y con probada efectividad costo-beneficio para desarrollar una primera fase de una política de seguridad vial que permita lograr mejoras sustanciales en un corto y mediano plazo. De esta forma, se elaboró una propuesta de 10 medidas de seguridad de tránsito, de rápido impacto y de bajo costo, que contribuyan a disminuir el número de víctimas fatales (Cumsille, 2006). Cada una de estas medidas fue seleccionada luego de un cuidadoso y minucioso análisis de los siniestros viales en Chile a partir de la información provista por la Sección de Investigación de los Accidentes de Tránsito de Carabineros de Chile (SIAT) y la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET); especial cuidado se tuvo en seleccionar medidas que favorezcan a los usuarios más vulnerables.

A continuación se explica cada medida, su lógica y se efectúa un cálculo del impacto esperado en términos de reducción de fatalidades. En cada caso, el impacto está expresado en porcentaje anual de reducción de fatalidades y se calcula mediante la siguiente expresión:

$$\text{Grupo Objetivo (fatalidades)} \times \text{Efectividad de la Medida} = \text{Efecto Total}$$

El grupo objetivo se refiere al conjunto de víctimas fatales que se originan por la causa que la medida de seguridad propuesta pretende atacar. Estos valores fueron obtenidos, en su mayoría, a partir de información provista por la Sección de Investigación de los Accidentes de Tránsito de Carabineros de Chile (SIAT) y la Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (CONASET). La efectividad de la medida se obtiene a partir de la evidencia reportada en la literatura internacional. El cálculo del costo ha sido estimado para cada medida independientemente (Cumsille, 2006), pero sólo se reportan los costos agregados para todas las medidas. Con las estimaciones de beneficios y costos, se calcular el ratio beneficio / costo del proyecto. Al final de la sección, se explica el método utilizado para evitar problemas de doble contabilidad de beneficios; es decir; si un accidente tuvo más de un factor como causa y ambas son atacadas con alguna de las medidas propuestas, no debe contabilizarse este beneficio dos veces.

## 2.1. Uso de elementos retrorreflectantes en peatones y ciclistas

La falta de visibilidad es el principal factor que incide en la ocurrencia de los atropellos durante la noche o en períodos de visibilidad reducida, particularmente en zonas inter-urbanas, donde los accidentes son más graves. En general, con luces bajas, un conductor puede ver a un peatón o ciclista a una distancia de 30 metros si el usuario no tiene ningún elemento retrorreflectante. Esta distancia puede ser incrementada a 130 metros con el uso de reflectantes o luces. Si el conductor del vehículo tiene luces altas, la visibilidad se incrementa a más de 400 metros (Elvik y Vaa, 2005, pág 654). Si el material retrorreflectante se encuentra en las extremidades, el peatón es aún más visible, ya que el reflejo sigue los movimientos naturales del cuerpo (Wood *et al.*, 2005). Se propone establecer la obligación de incorporar material retrorreflectante en la confección de los uniformes escolares y prendas deportivas, además de la distribución de elementos adicionales para que sean usados por los peatones (llaveros, pendientes, etc.). Para lograr el impacto propuesto por la medida, debe fiscalizarse su uso. En el caso de los ciclistas, los reflectores y las luces de la misma bicicleta aumentan la detección por parte de los conductores en gran medida, reduciendo el riesgo de accidente en la dirección del movimiento. La medida considera el uso de al menos dos elementos retrorreflectantes, uno frontal y otro posterior en la bicicleta. Idealmente, debería agregarse un tercer elemento reflectante a cada lado de una de las ruedas.

El primer grupo objetivo de esta medida son los accidentes fatales nocturnos de peatones que no usan elementos retrorreflectantes, en zonas inter-urbanas. Se prevé que el 30 por ciento de los peatones utilizará estos elementos y que su efectividad será del 85% (Elvik y Vaa, 2005, pág 654). Se estima entonces que la medida en cuestión puede aspirar a reducir un 3,7% de fatalidades. Se ha optado por dejar de lado el efecto de esta medida en la reducción de fatalidades peatonales en entornos urbano (Tabla 1). El segundo grupo objetivo son los accidentes fatales nocturnos de ciclistas que no usan reflectantes ni luces. Con una efectividad del reflectante de 85% (Elvik y Vaa, 2005, pág 654), se espera obtener reducciones de aproximadamente un 2,7%, o sea aproximadamente 47 fatalidades por año (Tabla 2).

**Tabla 1: Impacto de uso de retrorreflectantes (peatones)**

Fatalidades* (1)	45%
Fatalidades peatones zona inter-urbana* (2)	50%
Fatalidades nocturnas* (3)	65%
Fatalidades peatones sin retrorreflectante ** (4)	99%
Aumento tasa de uso retrorreflectante*** (5)	30%
Efectividad retrorreflectante*** (6)	85%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4)x(5)x(6) =	<b>3,7%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Nazif *et al.* (2006); \*\*\*Elvik y Vaa (2005, pág 654).

El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

**Tabla 2: Impacto de uso de retrorreflectantes (ciclistas)**

Fatalidades ciclista* (1)	10%
Fatalidades nocturnas* (2)	60%
Ciclistas sin retrorreflectante ni luces** (3)	52%
Efectividad retrorreflectante*** (4)	85%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>2,7%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Nazif *et al.* (2006); \*\*\*Elvik y Vaa (2005, pág 654).

El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.2. Segregación peatonal

Esta medida consiste en separar físicamente a los peatones del riesgo que representa el tráfico vehicular en diez puntos viales en promedio por comuna. Se basan en la aplicación de medidas de bajo costo como las señaladas en CONASET (2005). La separación puede hacerse mediante barreras peatonales en lugares altamente conflictivos, veredas o demarcación de los bordes en los lugares que no existe separación alguna (se excluyen zonas residenciales). Actualmente, CONASET está incentivando la participación de los municipios en el tratamiento de puntos negros. A través de un plano de localización de accidentes, se pretende que los municipios tengan un registro de su accidentalidad y que anualmente escojan los lugares más críticos a tratar. El grupo de fatalidades a tratar con esta medida son los atropellos de peatones ocurridos en tramos de la vía (excluye cruces), en lugares donde no existe separación. La efectividad promedio de la separación es de 77%. Se estima que el impacto es del orden de un 8,7% (50% en zonas interurbanas, 50% en zonas urbanas).

**Tabla 3: Impacto de segregación peatonal**

Fatalidades peatones* (1)	45%
Tramo vía* (2)	60%
No existe separación** (3)	42%
Efectividad separación** (4)	77%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>8,7%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Nazif *et al.* (2006). El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.3. Uso obligatorio de casco para ciclistas

El riesgo de lesión para un ciclista es aproximadamente siete veces más alto que aquél de un conductor en caso de accidente (ETSC, 1997). Al usar casco, los ciclistas pueden reducir en gran medida el riesgo de trauma severo o fatal. Actualmente, el uso del casco es obligatorio en zonas urbanas, según lo dicta la Ley de Tránsito, pero su uso es escaso. Esta medida intenta extender la restricción también a zonas inter-urbanas y reforzar la fiscalización, con el fin de aumentar la tasa de uso del casco. El grupo objetivo de esta medida son las fatalidades de ciclistas que no usan casco. La medida podría optar a un aumento en la tasa de uso de casco del 30%, un valor 5% menor al valor de 35% reportado en Elvik y Vaa (2005, pág. 666) a fin de tomar en cuenta una mayor desobediencia esperada de los ciclistas chilenos. Suponiendo una efectividad de un casco promedio de un 42% (rango superior del valor entregado por WHO (2004, pág. 90), se espera la medida reduzca en un 1,2% las cifras totales de fatalidad. La medida tendría efecto tanto en zonas inter-urbanas como urbanas.

**Tabla 4: Impacto de uso de casco en ciclistas**

Fatalidades ciclista* (1)	10%
Ciclistas sin casco** (2)	94%
Aumento tasa uso casco*** (3)	30%
Efectividad casco* (4)	42%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>1,2%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Nazif *et al.* (2006); \*\*\* Elvik y Vaa (2005, pág. 666); \*WHO (2004, pág. 90).

El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.4. Control de exceso de velocidad

Esta medida consiste en la utilización de tecnologías disponibles para evitar el exceso de velocidad; en particular, se propone el uso de los fotorradares. La amenaza del cobro de una multa en caso de ser detectado un exceso de velocidad, podría llevar al conductor a reducir la velocidad de circulación, en cuyo caso se reduciría el riesgo de accidentes. Los fotorradares deben instalarse en lugares donde no haya suficiente cumplimiento de un límite de velocidad correctamente establecido. Además, los porta-fotorradares deben ser visibles y señalizados, aun cuando no contengan un fotoradar en su interior. El grupo objetivo de esta medida son todos los accidentes fatales de ocupantes ocurridos producto de un vehículo que transita sobre los 65 km/h en zona urbana o los que ocurren en zonas inter-urbanas producto de vehículos que transitan a más de 100 km/h en zonas con límite máximo 100 km/h y vehículos que transitan sobre los 120 km/h en zonas de 120 km/h. La tabla de impacto, dada la evidencia internacional (Cameron *et al.*, 2003), es la siguiente:

**Tabla 5: Impacto del control de velocidad en reducción de fatalidades**

Fatalidades ocupante urbano* (1)	17%
Fatalidades ocupante zona inter-urbana* (2)	21%
Efectividad** (3)	41%
Efecto Total: [(1)+(2)]x (3) =	<b>15,6%</b>

Fuente: \*Porcentajes del total de accidentes fatales donde está presente el factor: SIAT; \*\*Cameron *et al.* (2003).

El Efecto Total se obtiene multiplicando la efectividad de la medida por la suma de los potenciales afectados.

Una similar disminución de accidentes puede ser esperada para el caso de los atropellos. El impacto del control de velocidad sobre los atropellos es sustentado por la conducción a velocidades prudentes que provocaría la fiscalización automática. Lo anterior se traduce en un aumento de los tiempos de reacción, de frenado o de maniobras evasivas que podrían eventualmente salvar la vida de un peatón (suponiendo que el peatón ha sido visto y que el conductor efectúa una maniobra de respuesta). En el cálculo del impacto sobre los atropellos, se considera el efecto sobre aquéllos ocurridos de día (suponiéndose que un peatón no es visible de noche). Puesto que los atropellos en horarios de baja visibilidad son ignorados a los efectos de esta medida y son considerados en otras, esta medida podría generar beneficios adicionales y/o reforzar la efectividad de otras medidas.

**Tabla 6: Impacto del control de velocidad en reducción de fatalidades de peatones**

Fatalidades peatones urbano e inter-urbano* (1)	45%
Fatalidades peatones de día* (2)	35%
Efectividad** (3)	41%
Efecto Total: (1)x(2)x(3) =	<b>6,5%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Cameron (2003). El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.5. Disminuir velocidad máxima permitida de noche

La medida considera disminuir durante el período nocturno todos los límites de velocidad máxima en 10 kilómetros por hora a fin de compensar los efectos por pérdida natural de visibilidad (Fuller *et al.*, 2002, pág. 103-107). El grupo objetivo de esta medida son las

fatalidades de ocupantes de vehículos en horario nocturno, tanto en zonas urbanas como interurbanas. La efectividad de la medida se obtienen aplicando la Ley de Nilsson o modelo de la potencia<sup>9</sup> sobre los accidentes fatales (Nilsson, 2004). La Tabla 7 entrega las reducciones de fatalidades esperadas. Por otra parte, esta medida también afecta la ocurrencia de atropellos. El impacto de esta medida sobre los atropellos es análogo al cálculo para los ocupantes (Tabla 8).

**Tabla 7: Impacto de la disminución del límite máximo de velocidad nocturno**

	Zona Urbana	Zona interurbana
Fatalidades ocupante del total* (1)	43%	43%
Fatalidades ocupante urbano/interurbano* (2)	44%	56%
Fatalidades ocupante nocturno* (3)	49%	49%
Reducción por disminución límite*** (4)	52%	34%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>4,8%</b>	<b>5,0%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Por aplicación de la Ley de Nilsson. El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

**Tabla 8: Impacto de la disminución del límite máximo de velocidad nocturno en atropellos**

	Zona Urbana	Zona interurbana
Fatalidades peatones del total* (1)	45%	45%
Fatalidades peatones urbano* (2)	50%	50%
Fatalidades peatones nocturno* (3)	65%	65%
Reducción por disminución límite*** (4)	52%	34%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>6,2%</b>	<b>5,0%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*Por aplicación de la Ley de Nilsson. El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.6. Control alcotest aleatorio estratégico

Esta política contempla dos aspectos. En primer lugar se debe implementar una estrategia focalizada de fiscalización y, en segundo, se debe implementar una estrategia de difusión focalizada de las penas asociadas a la conducción bajo efectos del alcohol. En un estudio conducido por CONASET, las municipalidades de todo Chile distinguieron 93 puntos de alto consumo de alcohol. Nuestra estrategia supone focalizar esfuerzos de fiscalización en estos 93 puntos y otros 93 puntos que podrían surgir adicionalmente. La medida contempla un estricto control policial en estos puntos.

El objetivo de la medida son las fatalidades de conductores bajo efectos del alcohol. Considerando una efectividad de la medida de un 19%, se espera lograr un impacto de un 4% de reducción del total. Esta medida también disminuye las fatalidades de peatones y ciclistas atropellados por un conductor bajo los efectos del alcohol. Dado que no se dispone de datos de

<sup>9</sup> Segundo este modelo, la reducción de accidentes fatales producto de una disminución de las velocidades está dada por la ecuación:

$$\frac{Acc_{VF}}{Acc_{VI}} = \left( \frac{VF}{VI} \right)^4$$

donde  $Acc$  representa accidentes,  $VF$ , velocidad final y  $VI$ , velocidad inicial. Las velocidades finales e

iniciales son 60 y 50 km/h en zonas urbanas respectivamente y 120 y 110 km/h respectivamente en zonas inter-urbanas. En rigor, se puede esperar que la reducción de fatalidades sea algo mayor debido a que la mortalidad por accidente fatal suele ser mayor a uno; sin embargo, no se procederá con este ajuste.

este tipo de evento en Chile, no se lo ha incluido como parte del impacto; por tanto, los resultados de la medida podrían ser mejores.

**Tabla 9: Impacto de control alcotest aleatorio**

Fatalidades conductores y peatones* (1)	68%
Fatalidades causa alcohol** (2)	31%
Efectividad control aleatorio*** (3)	19%
Efecto Total: (1)x(2)x(3) =	<b>4,0%</b>

Fuente: \*SIAT; \*\*CONASET; \*\*\*RTA (1989).

El Efecto Total se obtiene multiplicando la efectividad de la medida por la suma de los potenciales afectados.

## 2.7. Uso del cinturón en vehículos livianos

La medida apunta a una mayor fiscalización en el uso del cinturón de seguridad, tal que se hagan evidentes las consecuencias y multas del no uso de cinturón de seguridad y silla de niño. La Ley establece que es obligatorio el uso en asientos delanteros y para los asientos traseros de vehículos livianos sólo si su año de fabricación es posterior al 2002. La silla de niño es obligatoria para menores de 4 años. Sin embargo, el riesgo de ser multado es actualmente mínimo.

El grupo objetivo de esta medida corresponde a las fatalidades de ocupantes de vehículos particulares que no utilizan el cinturón de seguridad. La adecuada fiscalización del uso del cinturón de seguridad y una adecuada campaña educativa podrían lograr un aumento de la tasa de uso del cinturón de, al menos, un 20% en los ocupantes de vehículo (Elvik y Vaa, 2005, pág. 987). Usando una efectividad del cinturón de seguridad de un 53% (WHO, 2004, pág. 123), el impacto esperado es de 3,1%.

**Tabla 10: Impactos de la fiscalización y campaña educativa del uso de cinturón de seguridad**

Fatalidades ocupante* (1)	43%
Ocupante no usa cinturón** (2)	67%
Aumento tasa uso cinturón*** (3)	20%
Efectividad cinturón <sup>*</sup> (4)	53%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>3,1%</b>

Fuente: \* SIAT; \*\*Nazif *et al.* (2006); \*\*\*Elvik y Vaa (2005, pág. 987); <sup>\*</sup>WHO (2004, pág. 123).

El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.8. Equipamiento de buses inter-urbanos con cinturón de seguridad

El cinturón de seguridad estándar de tres puntas es deseable donde sea factible. Si no fuera posible, el de dos puntas puede ser efectivo también. El grupo objetivo de esta medida son las fatalidades de pasajeros de buses inter-urbanos. Considerando una efectividad del cinturón de seguridad de un 53% y que esta medida logre aumentar la tasa de uso de cinturón en buses interurbanos en un 40%, se estima un impacto de 0,8% sobre el número de fatalidades totales.

**Tabla 11: Impacto del uso de cinturón en buses inter-urbanos**

Fatalidades ocupante bus inter-urbano* (1)	4%
Tasa de uso de cinturón de ocupantes** (2)	40%
Efectividad cinturón*** (3)	53%
Efecto Total: (1)x(2)x(3) =	<b>0,8%</b>

Fuente: \*CONASET; \*\*Valor supuesto por los autores en base a criterio de expertos; \*\*\*WHO (2004, pág. 123).

El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.9. Uso de luces diurnas en vehículos en movimiento

Muchos de los accidentes de tránsito ocurren porque los usuarios no se ven suficientemente a tiempo para evitar un accidente. Esto ocurre tanto de día como de noche. Las luces encendidas en vehículos en movimiento (vehículos motorizados particulares y públicos) permiten aumentar el contraste y, por ende, la visibilidad del vehículo, aumentar la distancia de detección del vehículo y lograr un juicio más acertado de la velocidad de aproximación del vehículo. Al igual que en todas las medidas de seguridad vial, luego de su aplicación procede el proceso de adaptación por parte de los usuarios, los que incorporan el cambio a su comportamiento habitual, pudiendo cambiar el impacto inicial de la medida (Koomstra *et al.*, 1997). Se espera una reducción del 1,2% del total de fatalidades, al reducir el número de fatalidades de ocupantes de vehículo producto de colisiones entre dos o más vehículos motorizados en horario diurno.

**Tabla 12: Impacto del uso de luces de día en vehículos motorizados**

Fatalidades de ocupantes en colisiones* (1)	30%
Colisiones fatales de día* (2)	55%
Reducción media** (3)	13%
Aumento tasa de uso luces de día*** (4)	50%
Efecto Total: (1)x(2)x(3)x(4) =	<b>1,2%</b>

Fuente: \*CONASET; \*\*Elvik y Vaa (2005, pág. 638, ambos datos).

El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

También se ha calculado un efecto sobre los atropellos, extrapolando el efecto anterior (15% reducción de accidentes fatales) y aplicándolo a las fatalidades ocurridas entre 6am-8am y 6pm-8pm, horas en que hay alto riesgo (generación de viajes) y visibilidad limitada (promedio durante el año). El impacto se detalla en la siguiente tabla.

**Tabla 13: Impacto del uso de luces de día en vehículos motorizados**

Fatalidades de peatones* (1)	45%
Fatalidades peatones 6am-8am y 6pm-8pm* (2)	19%
Reducción media** (3)	13%
Efecto Total: (1)x(2)x(3) =	<b>1,3%</b>

Fuente: \*CONASET; \*\*Elvik y Vaa (2005, pág. 638). El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.10. Tratamiento de riesgos laterales en vías de velocidad alta

La medida consiste en disminuir riesgos de accidente producto de condiciones laterales en vías cuyo límite de diseño sea mayor a 60 km/h. Un impacto frontal a esta velocidad puede ser fatal

para ocupantes de vehículos. Los riesgos laterales se deben a bordes del camino no regulares, cercanía a objetos fijos (árboles, postes), demarcación poco visible, incluso inadecuadas sistemas de contención. Para esto, se equipará el equivalente a un kilómetro de vía por comuna con las acciones adecuadas que permitan mitigar las fatalidades producto de choques con objetos laterales. El grupo objetivo de esta medida son las fatalidades de ocupantes de vehículo producto de un choque con un objeto fijo lateral, tanto en zonas urbanas como inter-urbanas. Considerando una efectividad de la protección de un 25% (Ogden, 1996, pág, 141), se estima un impacto del orden de 0,9%.

**Tabla 14 Impacto de la protección de objetos laterales**

Fatalidades choque urbano y rural* (1)	9%
Porcentaje cobertura de obstáculos** (2)	40%
Efectividad media protección*** (3)	25%
Efecto Total: (1)x(2)x(3) =	0,9%

Fuente: \*CONASET; \*\*Valor supuesto por los autores en base a criterio de expertos; \*\*\*Orden (1996, pág. 141).  
El Efecto Total se obtiene por simple multiplicación.

## 2.11. Impacto agregado de las 10 medidas

El impacto total de estas medidas no es su simple suma, puesto que la mayoría de los accidentes fatales tienen varios factores como origen, por lo que en estos casos más de una medida estaría afectando al mismo tipo de accidente. Haciendo el ajuste necesario para evitar un doble conteo de beneficios, se obtiene una reducción total de las fatalidades de 31,7%. Si este porcentaje se aplica al total de fallecidos a 24 horas del accidentes, se lograría una reducción aproximada de 507 muertes al año. Si estas muertes evitadas son valoradas según el valor de la disposición al pago de las personas por evitar accidentes fatales en carreteras, US\$ 300.000 (Hofman *et al.*, 2005; Rizzi, 2005), se obtendría un beneficio país anual de US\$ 152 millones. El valor presente de esta corriente de beneficios sociales descontada a la tasa social de descuento de ocho por ciento anual (MIDEPLAN, 2007) arroja US\$ 1.900 millones. A esto habría que agregar el beneficio que se lograría por disminución de víctimas graves y la reducción de daños materiales (valor no calculado en el presente análisis). El costo de estas medidas se ha estimado en US\$ 85 millones durante el primer año y en US\$ 30 millones durante los años subsiguientes (Cumsille, 2006). El valor presente de los flujos de costos no supera los US\$ 432 millones. De esta manera, el ratio beneficio - costo de este programa sería superior a cuatro.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a Alvaro Velasco y Gonzalo Prieto de CONASET por sus aportes a lo largo de esta investigación. Los valiosos comentarios de dos árbitros contribuyeron a mejorar la versión final de este artículo. Esta investigación contó con el aporte financiero de la Vicerrectoría de Comunicaciones y Asuntos Públicos de la Pontificia Universidad Católica de Chile. Luis Ignacio Rizzi agradece el aporte financiero de FONDECYT - Proyecto 1060703 y de la Iniciativa Científica Milenio perteneciente al Ministerio de Planificación.

## REFERENCIAS

- Bronfman, N. y L.A. Cifuentes (2003) Risk perception in a developing country: the case of Chile. **Risk Analysis 23**, 1271-1285.
- Cameron, M., S. Newstead, K. Diamantopoulou y P. Oxley (2003) The interaction between speed camera enforcement and speed-relates mass media publicity in Victoria. **Report Nº 201, Accident Research Center**, Monash University.
- Commission for Global Road Safety (2006) **Make Road Safe** [http://www.makeroadssafe.org/documents/make\\_roads\\_safe\\_low\\_res.pdf](http://www.makeroadssafe.org/documents/make_roads_safe_low_res.pdf)
- CONASET (2005) **Hacia vías urbanas más seguras**. Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito. Santiago, Chile.
- Cumsille, S. (2006) **Medidas de reducción de fatalidades en accidentes de tránsito vial en Chile**. Memoria de Título, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Elvik, R. y T. Vaa (2004) **The Handbook of Road Safety Measures**. Elsevier, Amsterdam.
- ETSC (1997) **Transport Safety Performance Indicators**. European Transport Safety Council. Bruselas, <http://www.etsc.be/oldsite/perfindic.pdf>
- Fresard, F. y S. López (2005) Should the Chilean Government Establish Restrictions for Young Drivers? International Cooperation on Theories and Concepts in Traffic Safety (ICTCT). ICTCT Workshop, Brazil.
- Fridstrøm, L. (1999) **Econometric Models of Road Use, Accidents and Road Investments Decisions**. Ph.D. Thesis, Institute of Economics, University of Oslo.
- Fuller, R. y J. Santos (2002) **Human Factors for Highways Engineers**. Pergamon, Elsevier Science Ltd. The Netherlands.
- Gaudry, M. (2000) Research support, and more. **Gaudry, M. and S. Lassarre (eds.) Structural Road Accident Models**. Pergamon, Amsterdam.
- Hojman, P., J de D. Ortúzar y L.I. Rizzi (2005) On the joint valuation of averting fatal victims and severe injuries in highway accidents. **Journal of Safety Research 36**, 377-386.
- INE (2005) **CHILE: Proyecciones y Estimaciones de Población**. Total País 1950-2050. Instituto Nacional de Estadística, Santiago, Chile.
- Koornstra, M., F. Bijleveld y M. Hagenzieke (1997) The safety effects of daytime running lights. **Report R- 97-36**. Institute for Road Safety Research, 1997. Leidschendam, Holanda.
- MIDEPLAN (2007) **Precios sociales para la evaluación social de proyectos**. <http://sni.mideplan.cl/links/files/herramientas/precios-sociales/209.pdf>

MOP (2003) **Sistemas de Concesiones en Chile 1990 – 2003.** Ministerio de Obras Públicas, Santiago, Chile. <http://www.mop.cl/documentacion.htm>.

Nazif, I., D. Rojas, R. Sánchez y A. Velasco (2006) Instrumentos para la toma de decisiones en políticas de seguridad vial en America Latina. **Serie Recursos Naturales e Infraestructura N° 115.** CEPAL, Santiago, Chile.

Nilsson. G. (2004) **Traffic Safety Dimensions and the Power Model to Describe the Effect of Speed on Safety.** Ph.D. Thesis, Lund Institute of Technology and Society, Traffic Engineering.

OECD (2006) Working group on achieving ambitious road safety targets. **Country reports on road safety performance: Poland.** Joint OECD / ECMT Transport Research Center.

Ogden, K. (1996) **Safer Roads. A Guide to Road Safety Engineering.** Avebury Technical, Sydney.

Rizzi, L.I. (2005) The subjective value of road safety in Chile. **Proceedings from Road Safety Conference RSC 2005,** Warsaw, Poland.

RTA (1989) **Road traffic accidents in New South Wales 1988.** Roads and Traffic Authority, Road Safety Bureau, Rosebury, NSW, Australia. May 1989.

WHO (2004) **World report on road traffic injury prevention.** World Health Organization.

Wood, J.M., R.A. Tyrrell y T.P. Carberry (2005) Limitations in drivers' ability to recognize pedestrians at night. **Human Factors 47,** 644-653.