

¿CAZABOBOS O SALVAVIDAS?: LA ECONOMÍA POLÍTICA DE LOS FOTORRADARES EN CHILE*

RICARDO D. PAREDES

LUIS I. RIZZI

JAVIER VALENZUELA

Resumen

La mayoría de los 1.600 muertos anuales por accidentes de tránsito en Chile se relaciona con el exceso de velocidad. Una herramienta de control de velocidad, el fotorradar, puesta en uso a mediados de la década de 1990, fue abrupta y prácticamente prohibida por una ley que se promulgó sobre la base de que ellos “eran cazabobos”, es decir, eran usados básicamente para incrementar los ingresos de privados y municipios y no para reducir los accidentes.

El objetivo de este trabajo es analizar las causas y consecuencias de la eliminación del uso de fotorradares en Chile. En particular, se desea contrastar si la evidencia es más consistente con la hipótesis de que los fotorradares fueron usados como cazabobos, o por el contrario, constituían una herramienta de prevención y reducción de accidentes.

Concluimos que la evidencia es más consistente con la segunda hipótesis, y que el término del uso del fotorradar está generando importantes pérdidas humanas asociadas a los accidentes. Dependiendo del método de valorización de la reducción de víctimas utilizado y extrapolando los resultados de la evidencia a sólo dos comunas en Santiago de Chile, concluimos que la eliminación del fotorradar genera costos netos de entre US\$83 y US\$ 600 millones en valor presente y que una aplicación más amplia, aumentaría sustancialmente los beneficios de un programa.

Abstract

Most road accidents in Chile (causing about 1,600 deaths per year) are linked to speeding. A widely used control mechanism all over the world, the speed detectors, enabled in the middle of the 1990's was then suddenly prohibited in Chile through the enactment of a law justified on the idea that radars were only used to raise funds to local governments and in some way, a source of illegal profits.

* Paredes y Rizzi, Escuela de Ingeniería, Pontificia Universidad Católica de Chile; Valenzuela, Fundación DuocUC. Dirigir correspondencia a Ricardo Paredes, rparedes@ing.puc.cl Vicuña Mackenna 4860, Santiago, Chile. Se agradecen los comentarios de Juan Enrique Coeymans, de María Teresa Ruiz-Tagle y muy especialmente los de un árbitro anónimo de Estudios de Economía. Los errores y omisiones que persisten son de responsabilidad de los autores.

This paper studies the causes and consequences of this law. In particular, it attempts to verify whether the evidence is more consistent with the hypothesis that speed detectors radars were used as cazabobos or, on the contrary, they were effective reducing accidents and their consequences.

We conclude that the evidence is consistent with the second hypothesis, so that such a law caused important social costs. Depending on the life valuation method considered, and projecting the evidence of some road areas to only two Santiago districts, we conclude that the cost of the law ranges between US\$83 and US\$ 600 millions in present value for those districts. The effect of a widely applied speed detector program is expected to be much more convenient.

Keywords: *road accidents, value of life, political economy.*

JEL Classification: D61, L91

1. INTRODUCCIÓN

Entre 1993 y 2002 la población en Chile aumentó un 9% y el parque de vehículos en un 47,5%. Aunque entre mediados de los 90 y comienzos del 2000 la tasa de accidentes de tránsito se redujo, desde el 2003 se incrementó, coincidiendo con la virtual prohibición del uso de fotorradares. Sobre la base que ellos “eran cazabobos”, es decir, eran usados básicamente para incrementar los ingresos de privados y municipios y no para reducir los accidentes, en el año 2002 se promulgó una ley que, en la práctica, acabó con el uso del fotorradar.

El argumento aludido resulta paradójico, toda vez que el avance tecnológico ha permitido que los fotorradares tengan alta precisión en la detección de la velocidad de circulación y, puesto que la experiencia internacional muestra que su uso publicitado en áreas donde el riesgo de accidentes es alto, ha permitido reducciones del orden del 30% en el número de accidentes.

La evidencia “antes y después”, como la de intersecciones y rutas “con y sin” fotorradares sugiere las razones reales subyacentes para esta prohibición. Por una parte, si como se planteó públicamente, los fotorradares eran usados sólo para incrementar los ingresos de privados y municipios, el efecto en los accidentes habría sido nulo; por otra, si ellos fueron usados para reducir los accidentes, sí debieron tener un efecto en la reducción de éstos.

El objetivo de este trabajo es analizar las consecuencias de la eliminación del uso de fotorradares en Chile en la ocurrencia de accidentes viales y, en particular, contrastar si la evidencia es más consistente con la hipótesis que éstos eran usados como cazabobos o, por el contrario, constituían una herramienta de prevención y reducción de accidentes. Ello, de paso, permite evaluar la naturaleza y consistencia del proceso legislativo y el tipo de presiones que suele estar detrás de medidas como las que analizamos.

El trabajo contiene, aparte de esta introducción, cuatro secciones. La segunda describe la situación de los accidentes de tránsito en Chile, distinguiendo causas y realizando comparaciones internacionales. La tercera entrega antecedentes sobre la efectividad del fotorradar. En la cuarta sección se evalúa estadísticamente el efecto del uso del fotorradar en Chile y se estiman los costos de su prohibición,

que asociamos exclusivamente al aumento en el número de accidentes, muertos y lesionados. La quinta sección concluye.

2. ACCIDENTES DEL TRÁNSITO, VELOCIDAD Y FOTORRADARES

Según la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2004), los accidentes de tránsito en el mundo generan anualmente alrededor de 900.000 víctimas fatales de personas y cerca de 20 millones de lesionados. En el año 2002, en Chile se produjeron 41.734 accidentes con consecuencias para las personas. En ellos hubo 1.549 muertos, 7.317 heridos graves, 6.284 heridos menos graves y 30.521 heridos leves. Así, en Chile mueren en promedio cinco personas diariamente, lo que representa la principal causa de muerte por traumatismo. Esta cifra, aunque menor a la de la mayoría de los países latinoamericanos en relación con su parque automotor, es sustancialmente mayor a la de cualquier país desarrollado, lo que, desde luego, debe reflejar la muy desigual infraestructura vial (Tabla 1).

TABLA 1
TASA DE MORTALIDAD EN EL 2000
(MUERTOS POR CADA 10.000 VEHÍCULOS)

País	Tasa de Mortalidad	País	Tasa de Mortalidad
Perú	26,3	Dinamarca	2,1
Colombia	26,0	Austria	1,9
Bolivia	19,6	Estados Unidos	1,9
Uruguay	12,8	Canadá	1,7
Argentina	11,3	Finlandia	1,6
Costa Rica	8,6	Italia	1,6
Chile	8,0	Alemania	1,5
Brasil	6,7	Australia	1,5
Portugal	2,7	Holanda	1,4
Bélgica	2,6	Japón	1,3
España	2,5	Suiza	1,3
Irlanda	2,5	Noruega	1,2
Francia	2,4	Reino Unido	1,2

Fuente: Australian Bureau of Statistics.

Los accidentes del tránsito se producen por diferentes causas, entre las que destacan errores del conductor, estado del vehículo, estado del clima, visibilidad y diseño y estado de la vía de circulación. La Tabla 2 entrega las principales razones de accidentes de tránsito en Chile. En cuanto a la ocurrencia y la severidad de los accidentes, los efectos de la velocidad son varios, por ejemplo: i) aumenta la distancia recorrida por el vehículo desde cuando el conductor detecta una emergencia hasta que reacciona; ii) aumenta la distancia necesaria

para detener el vehículo desde que se reacciona ante una emergencia; iii) aumenta exponencialmente la severidad del accidente; y iv) reduce la efectividad de los dispositivos de seguridad, como, por ejemplo, bolsas de aire. Así, la no manutención de una distancia razonable y la pérdida del dominio del vehículo son razones que pueden relacionarse con la mayor velocidad.

TABLA 2
PRINCIPALES RAZONES DE ACCIDENTES DE TRÁNSITO EN CHILE

Constataciones	2001	2002	2003
No mantener distancia razonable y prudente	7.458	7.917	6.234
Pérdida del dominio del vehículo	2.823	2.979	2.428
Peatón cruza en forma sorpresiva y descuidada	3.153	2.886	3.722
Cambiar sorpresivamente de pista de circulación	1.704	2.014	1.391
Conducir en estado de ebriedad	1.919	1.873	1.912
Desobedecer señal pare	2.008	1.853	1.928
No respetar derecho preferente a paso de vehículo	1.618	1.853	1.487
Desobedecer luz roja del semáforo	1.847	1.702	1.783
Desobedecer señal ceda el paso	1.679	1.666	1.770
No respetar derecho preferente paso peatón	952	1.244	999

Fuente: Carabineros de Chile.

Asimismo, la velocidad de los vehículos involucrados en atropellos es el factor determinante en la gravedad de las lesiones del peatón. Las estadísticas de Carabineros de Chile muestran que la mayor cantidad de muertos por accidentes de tránsito son los peatones. Ellos indican que 900 personas mueren atropelladas cada año en Chile, el 50% de ellas en vías urbanas donde el límite de velocidad es de 60 Km/hr.

La evidencia para Chile es consistente con distintos estudios que dan cuenta que el exceso de velocidad es efectivamente un grave problema de seguridad vial (e.g., Bain, 2001; Greg, et al. 2000; Hooke et al. 1996; y Retting, et al. 1999). Según la Comisión Nacional de Seguridad del Tránsito (CONASET), un aumento de un kilómetro por hora en la velocidad promedio de una vía, aumenta en un 5% las lesiones y en un 7% los accidentes fatales (véase, Bujes et al. 1996). Según este organismo, el exceso de velocidad en Chile es relevante en al menos 1 de cada 5 accidentes y en 1 de cada 3 accidentes fatales¹. Las figuras

¹ En rigor, el exceso de velocidad es siempre causante de daños a la salud y daños a la propiedad. De lo contrario, no habrían ocurrido daños. En este sentido, el exceso de velocidad no responde a un criterio legal, sino a un criterio físico: habrá exceso de

FIGURA 1
PROBABILIDAD DE LESIONES PARA OCUPANTES DE VEHÍCULOS
DE ACUERDO A LA VELOCIDAD MEDIA DE CIRCULACIÓN (CONASET)

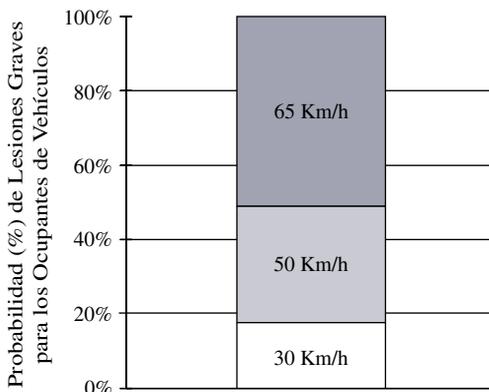
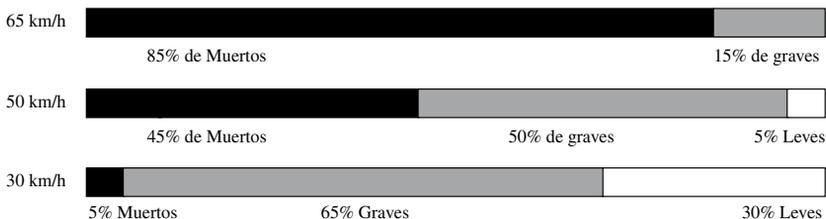


FIGURA 2
PROBABILIDAD DE LESIONES PARA PEATONES Y VELOCIDAD
(CONASET)



1 y 2 muestran que, condicional a la existencia de accidentes, la gravedad para automovilistas y peatones aumenta con la velocidad.

En cuanto al uso de fotorradars, un gran número de países los utiliza. Entre ellos se cuentan Argentina, Brasil, Canadá, Estados Unidos, Puerto Rico e Islas Vírgenes, Sudáfrica, Singapur, Israel, Malasia y China, Alemania, Austria, España, Países Bajos, Reino Unido, Noruega, Suecia y Finlandia, Australia y Nueva Zelanda. Un resumen de las investigaciones en el mundo, citadas en CONASET (2000) sugieren que estos instrumentos son muy efectivos tanto en reducir los accidentes como en reducir la gravedad de los mismos cuando ellos ocurren (Tabla 3).

velocidad cada vez que el nivel de energía disipada en un impacto sea superior a aquél que puede tolerar el cuerpo humano.

TABLA 3
EFFECTOS DE LA APLICACIÓN DE FOTORRADARES

País	Ciudad o Provincia	Efecto en los Accidentes
Canadá	British Columbia	-25% colisiones en el día -17% colisiones con muerte
Australia	Victoria	-32% colisiones en intersecciones -30% muertes -10% lesionados
Australia	South Australia	-10,4% accidentes con muerte -24% accidentes con lesionados
Estados Unidos	Oxnard, California	-42% violaciones a la luz roja
Estados Unidos	San Francisco, California	-40% violaciones a la luz roja -9% accidentes con lesionados
Estados Unidos	Nueva York	-38% violaciones a la luz roja -60% colisiones en intersecciones
Estados Unidos	Fairfax, Virginia	-44% violaciones a la luz roja
Noruega		-20% accidentes con lesionados
Reino Unido	West London	-19% colisiones -20% lesionados -29% muertos
Nueva Zelanda		-3% colisiones -5% lesionados

Fuente: CONASET (2000).

3. FUNCIONAMIENTO EN CHILE DE LOS FOTORRADARES

3.1 La Economía Política de los Fotorradares²

El uso de tecnologías para el control fotográfico de velocidad e infracción a la luz roja del semáforo en Chile se inició en 1996, convirtiéndose rápidamente en una cuestionada herramienta. Ella generó enorme controversia entre automovilistas, autoridades encargadas de la prevención de accidentes, concesionarios de fotorradares (empresarios) y las municipalidades que los usaban.

Cada grupo tenía intereses inmediatos contrapuestos. Surgieron “clubes por los derechos de los automovilistas” que abiertamente se opusieron a su uso bajo el argumento que ellos no estaban pensados o ubicados de forma de reducir los accidentes, sino que fundamentalmente para generarle recursos a los municipios que los usaban. Estos grupos nunca plantearon derecha-

² Para un análisis que distingue diversas fuentes de presiones, véase Paredes y Sánchez (2004).

mente nada sobre los beneficios de una circulación más rápida ni sobre lo cuestionables que resultan algunos límites de velocidad impuestos, aunque es posible que esas hayan sido las verdaderas y más plausibles razones detrás de la oposición.

Una forma concreta de acción de estos grupos fue la advertencia, a través de cadenas de e-mails, sobre las municipalidades que usaban el sistema, sobre la ubicación de los fotorradares y sobre la mala fe de las autoridades municipales. Solían también pedir a los automovilistas que no renovaran sus permisos de circulación vehicular en aquellas municipalidades, permisos que son una fuente importante de ingresos. Reiterando, el argumento más recurrente de estos grupos era que los fotorradares sólo eran utilizados por las municipalidades para recaudar fondos, es decir, que éstos eran ubicados en los lugares absurdos, inesperados, de modo de engañar a los automovilistas. Ello se habría reflejado, a juicio de estos organismos, en el hecho de que entre 1998 y diciembre de 1999 se cursaron más de 100.000 partes en las 15 comunas de la Región Metropolitana que utilizaban el sistema de fotorradar para control del tránsito. El monto estimado que los municipios recaudaron por este concepto superó los \$3.000 millones, equivalentes a unos US\$ 6 millones.

La creciente organización de estos grupos permeó transversalmente en los legisladores y, de ellos, a la prensa. Asimismo, los argumentos en contra de los fotorradares se fueron haciendo más extremos, no en términos del fondo de lo que la autoridad decía procurar con ellos, sino con su asociación a factores de corrupción. A modo de ejemplo, en una entrevista al Diputado de la coalición gobernante, Zarko Luksic, publicada el 9 de enero del 2001 en el diario *El Mercurio*, menciona:

“...supuestos contratos entre municipios y las empresas administradoras que establecerían pisos mínimos de partes, los que al no ser cumplidos facultan a la autoridad comunal a declarar incumplimiento de contrato...”

El reportaje también señaló la existencia de numerosas denuncias sobre el hecho de que en algunas comunas eran las empresas dueñas de los equipos las que hacían todo el trabajo administrativo de confeccionar y despachar las citaciones a los infractores (lo que es irregular), siendo sólo firmadas por un funcionario municipal.

De la diversidad de los argumentos inicialmente dados para oponerse al uso del fotorradar, se puede remarcar, en primer lugar, uno de tipo formal que dice relación con la actuación de inspectores que cursaban las infracciones y que supone que aun cuando la falta se cometiera, ellos no debían ser quienes la denunciaban. Esto, evidentemente, es una crítica que no tiene base económica si es que no hay un cuestionamiento a la idoneidad o capacidad relativa de corromper a los inspectores municipales por sobre quienes la Ley sí autoriza sean los denunciantes. La discusión sobre la integridad o capacidad relativa de los inspectores ni de la confiabilidad relativa de los fotorradares sobre el ojo humano, no tuvo lugar.

En segundo lugar, un tema más de fondo (aunque no necesariamente económico), se debatió si los inspectores se ubicaban con radares móviles en lugares que transformaban el sistema en “cazabobos”. Esta crítica permite entender la presión para terminar con el sistema, y aunque en principio no parece tener

demasiada importancia económica, pues implicaría básicamente transferencias de ingreso, subyace un aspecto económico del que no nos hacemos cargo, y que dice relación con el hecho que los límites de velocidad pudieran estar mal fijados. Esto es, para que sea posible que los fotorradares sean cazabobos, deben ubicarse en lugares en los que el exceso de velocidad por sobre lo legal no implicaría riesgos de accidente. De cualquier forma, el análisis empírico dará luces sobre ello, en la medida que la existencia de fotorradares no reduzca los accidentes. Para entender esto, el análisis que sigue se centra exclusivamente en los fotorradares fijos que emiten fotografía y sobre los cuales existe información histórica.

En tercer lugar, una crítica adicional y relacionada a la anterior, tiene que ver con el destino de los fondos recaudados por las infracciones cursadas. Esta crítica tiene aún menos fundamento, pues si bien la transferencia desde los infractores hacia las municipalidades puede resultar odiosa para los infractores, la herramienta disuasoria de circular a exceso de velocidad es la existencia de estas multas.

Afectados adversamente con el exceso de velocidad y con los accidentes causados por éste son, por una parte, automovilistas que sí respetan los límites impuestos. No obstante, cabe reconocer que la fiscalización de tales límites también debería ser resistida no sólo por otros automovilistas sino por algunos de los mismos, potenciales víctimas, que valoran desplazarse a mayor velocidad. Por ello, la visión predominante, al menos en la discusión y el lobby, era que los automovilistas se oponían a la existencia de los fotorradares. Otro grupo claramente beneficiado con la existencia de fotorradares, si es posible hacer una distinción tan nítida, es el de los peatones. Este grupo, a pesar de concentrar el mayor porcentaje de costos, sin embargo, nunca se manifestó resistente a las propuestas que promovían el término del uso del fotorradar. Las razones para ello pasan por la alta dispersión del grupo, por el costo fundamentalmente asociado a una probabilidad de ocurrencia de accidente, y porque no serían beneficiarios de la recaudación por infracciones al exceso de velocidad. Así, la andanada de críticas al sistema no tuvo otra contraparte más que CONASET, una institución gubernamental de corte técnico, carente de un perfil y apoyo político.

Como consecuencia de las presiones y como primer paso, en mayo del 2000 se promulgó una ley que amnistió a todas las personas multadas a través de los fotorradares, a la “espera de que se dictara un reglamento que devolviera la credibilidad al sistema”. Ante esta arremetida, a fines de julio del año 2000 CONASET finalizó el reglamento que reguló el uso de los fotorradares. Con ello, se determinó que en 60 días se levantaría la amnistía que había decretado el Ministerio de Transportes. Así, en septiembre del 2000 se publicó en el Diario Oficial este reglamento, y además agregó un complemento a la Ley N° 19.676.

La fuerza relativa de las presiones de distintos grupos, particularmente la de automovilistas organizados, implicaron una mayor facilidad para que ellas fueran canalizadas transversalmente a través de distintos partidos políticos, lo que llevó a que a fines de junio del 2001 se le encargara a la Contraloría General de la República investigar denuncias de anomalías en el manejo de los equipos desde los municipios, motivando discusiones en el Congreso y generando finalmente la presentación de un proyecto de ley para derogar el funcionamiento de

los fotorradares. Es decir, a base de argumentos sobre anomalías administrativas, se planteaba prohibir el uso de fotorradares. El Gobierno, no obstante las presiones, retiró de la legislatura extraordinaria el proyecto ya aprobado por el Senado que suprimía los fotorradares. Este retiro, que no hacía otra cosa que mantener los fotorradares, generó diversas protestas en contra de la decisión presidencial.

Para abordar los cuestionamientos a la mencionada decisión, el Ejecutivo remitió un proyecto de Ley en enero del 2002, donde en lugar de suprimir los fotorradares, se postergaba por 120 días su uso, otorgando una nueva amnistía a los infractores detectados mediante fotorradar hasta la publicación de una nueva Ley en el Diario Oficial. Sin embargo, las denuncias continuaron. En febrero del 2002 el diario *La Tercera* publicó un artículo donde aseguraba que las empresas más importantes del rubro se habían coludido, repartiéndose el territorio y prometiendo no estorbarse en los procesos de licitación. Señaló también que dentro de los contratos con las municipalidades quedaban implícitas numerosas cláusulas como la existencia de personas “intocables”, a quienes no se les podía cursar una infracción. También destacó la existencia de irregularidades, al establecer nexos entre personeros políticos y los dueños de las empresas, pagos directamente relacionados con el número de infracciones, lo que reflejaría una despreocupación por la seguridad y un énfasis por recaudar recursos.

Los incentivos detrás de la denuncia son claros; aunque las municipalidades estuvieran interesadas en reducir los accidentes, ellas eran claras beneficiarias de las multas por infracciones de tránsito. Consecuentemente, estaba en sus intereses que dichas infracciones se cursaran. Más aún, si como se denunció posteriormente, las municipalidades contrataban empresas que implementaban el sistema de fotorradares a base de la recaudación, ello magnificaba el incentivo perverso de ubicar los fotorradares como cazabobos. Con ello municipalidades y empresas de fotorradar se beneficiaban, pero a su vez tenían incentivos a despreocuparse del efecto que los fotorradares podrían tener en reducir los accidentes. En consecuencia, la base de la denuncia y discusión pública contraponía el aspecto preventivo (e.g., la existencia de avisos de fotorradares), con el propósito no declarado pero que se reflejaba en fuertes ingresos provenientes de recaudaciones y que no tenían necesaria relación con la prevención.

3.2 La Nueva Norma

En junio del 2002 el Congreso aprobó las modificaciones al proyecto de ley sobre los fotorradares. Se establecieron claramente los límites de velocidad (lo que reducía la posibilidad de ser multado por una información confusa) y la responsabilidad de la operatividad de los equipos. Además, se obligó a advertir de los controles y se aumentó el límite de velocidad a 60 Km/h en zonas urbanas para vehículos livianos, manteniéndose en 50 Km/h para el resto de los vehículos. Se derogó la norma que catalogaba como infracción todo exceso de velocidad. En su lugar, se agregó un artículo que graduó las infracciones de velocidad, estableciéndose además rangos de tolerancia de 5 Km/h. La nueva ley también estableció que la recaudación por concepto de multas por equipos de registro de infracciones (fotorradares) iría al Fondo Común Municipal y no a cada municipalidad, y un 18% de esos fondos al

Servicio Nacional de Menores. Finalmente, se restringió a los inspectores fiscales el uso de fotorradares y pistolas de detección de velocidad sólo en plazas de peaje, túneles y tramos de caminos en reparación. Con estas dos medidas, se terminó con el beneficio económico para el municipio que ponía radares, y las restricciones a su uso y, aunque no formalmente, terminaron en los hechos con el sistema³.

4. EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LOS COSTOS DE TERMINAR CON EL USO DEL FOTORRADAR

4.1 Datos y Metodología

Carabineros de Chile y la Secretaría Ejecutiva de la CONASET iniciaron en 1998 dos programas, uno para la incorporación de tecnología de fiscalización de luz roja y el otro para realizar mediciones estacionales de velocidad en distintos puntos, con los objetivos de fiscalizar y de contar con información sistemática, periódica y representativa de los lugares donde se realizaban mediciones de velocidad. Ello generó bases de datos con información de accidentes de tránsito y, en particular, de número de víctimas fatales, lesionados, e inferencias sobre la causalidad de los accidentes.

El primer programa consideró mediciones del total de los puntos de control en el norte, centro y sur del país y se inició el verano de 1998. Las mediciones consideraron 24 horas continuas de registro de la velocidad a la que circula cada vehículo controlado durante todo el año. En las carreteras de la zona centro del país, los resultados al comparar los controles efectuados entre noviembre de 1995 y 1998, mostraron una disminución de la velocidad media de 7 Km/h. Las mediciones realizadas antes de la introducción de nuevas tecnologías de control de velocidad en carreteras el año 1995 señalaban que un 31% de los conductores de vehículos livianos infringían el límite de velocidad en el punto de control de la zona central. Según el Anuario del Tránsito de Carabineros de Chile, la incorporación del radar produjo una reducción del porcentaje de infracciones de un 13%.

4.2 Estimación de la Efectividad de los Fotorradares en la Prevención de Accidentes de Tránsito

En este trabajo seguimos a Rizzi (2003). En primer lugar, la hipótesis es que el establecimiento de un límite de velocidad de acuerdo al diseño de la vía hará que la introducción de fotorradares con conductores informados sobre su operación inducirá mayormente al respeto del máximo de velocidad permitido

³ También se establecieron requisitos técnicos a cumplir por los equipos, con el fin de resguardar su confiabilidad y certeza en las mediciones, abordando materias tales como error de medición, procedimientos de acreditación, calibración y verificación de las características técnicas. Asimismo, se fijaron normas sobre instalación de los equipos, con el objeto de orientar su instalación destinada a reducir accidentes, lo que debía estar acreditado por las estadísticas de Carabineros.

para evitar ser multados. El descenso de las velocidades máximas llevaría a una disminución del número de accidentes.

Incluimos en nuestro análisis los datos de la muestra original empleada por Rizzi (2003) y agregamos nueva información, toda la cual proviene del registro de accidentes de CONASET. Los datos son sobre cinco esquinas en donde funcionaron los fotorradares en la comuna de Santiago. Se dispone de registros sobre el número de muertes, número de lesionados y el número de accidentes para todos los meses de los años 1997-2000, teniéndose identificados todos aquellos meses en los que el fotorradar estuvo en funcionamiento. Cada esquina presenta 48 observaciones, originando un total de 240 datos. De estas observaciones, 150 corresponden a meses sin fotorradar y 90 a meses con fotorradar. Por otro lado, tenemos datos sobre otras cinco esquinas de características similares para un período de cinco años entre 1997 y 2000. Todas las esquinas son similares respecto de sus características geométricas (ángulo de intersección, número de pistas, ancho de pistas), estructura de flujos (transporte público, vehículos livianos y vehículos pesados) y red y programación de semaforización (largo del ciclo y número de etapas).

Los accidentes de tránsito se pueden explicar como un proceso de Poisson, donde existe una tasa media de ocurrencia. Dada la poca información, suponemos que cada combinación esquina-mes-año representa un dato diferente, ignorando la correlación que pueda introducir el elemento esquina. A fin de modelar el efecto que la esquina, el mes del año y el año pueda tener, consideramos un modelo de efectos aleatorios, en el que suponemos que el parámetro $\lambda = \exp(c + \mu)$, donde c es idéntico para todas las observaciones y $\kappa = e^\mu$ distribuye $Ga_a(\kappa | \alpha, \alpha)$ (el subíndice a implica *a priori*). Si $1/\alpha$ es estadísticamente igual a cero, el modelo es simplemente Poisson.

Siguiendo a Rizzi (2003), el promedio o media muestral mensual de cada tipo de evento para ambos períodos (con y sin el uso del fotorradar) es calculado como:

$$(1) \quad M(x/\alpha) = \sum_i \frac{x_i}{N}$$

donde x_i es el número de eventos observados en cada período de análisis y N el total de observaciones. La varianza muestral para cada tipo de evento se calcula de acuerdo a:

$$(2) \quad Var(x/\alpha) = \sum_i \frac{(x_i - M)^2}{(N - 1)}$$

Con estos dos estadísticos se puede calcular el valor de α , de acuerdo a:

$$(3) \quad \alpha = \frac{M^2}{(Var(x/\alpha) - M)}$$

y la desviación estándar de M de acuerdo a:

$$(4) \quad desv(M) = \sqrt{\frac{Var(x/\alpha)}{N}}$$

De esta manera, puede obtenerse el estadístico-t como:

$$(5) \quad test - t = M \div desv(M)$$

Puede darse el caso que M y $Var(x/\alpha)$ coincidan. En tal circunstancia, el valor de α tiende a infinito y la función de distribución del número de accidentes colapsa a una distribución de Poisson.

La diferencia entre los valores de las medias M para cada tipo de evento en el período con y sin uso del fotorradar se representa con el símbolo ΔM (no se considera la existencia de subdispersión, o sea, varianza inferior a la media). El test-t para esta diferencia es:

$$(6) \quad test - t(\Delta M) = \frac{M_{s/f} - M_{c/f}}{\sqrt{desv^2(M_{s/f}) + desv^2(M_{c/f})}}$$

Los subíndices s/f y c/f hacen referencia al período sin y con fotorradar respectivamente.

La Tabla 4 muestra los resultados del análisis. De ellos se concluye que aunque se computa una reducción en el número esperado de muertos de 0,32 mensual, ella no es significativa estadísticamente. Para el número esperado de lesionados y de accidentes anuales se estimó una reducción de 51,85 y 64,02 para las diez esquinas, ambas estadísticamente significativas.

TABLA 4
EFECTIVIDAD DEL FOTORRADAR EN DIEZ INTERSECCIONES
DE LA COMUNA DE SANTIAGO. INDICADORES MENSUALES.

	Sin Fotorradar (N=209)			Con Fotorradar (N=90)		
	Muertes	Lesionados	Accidentes	Muertes	Lesionados	Accidentes
Media M	0,043	0,732	1,033	0,011	0,300	0,500
desv(M)	0,020	0,113	0,103	0,011	0,075	0,078
Test-t	2,203	6,490	10,037	1,000	4,007	6,426
Varianza	0,080	2,659	2,216	0,011	0,504	0,545
Alfa	0,050	0,278	0,903	∞	0,440	5,562
ΔM	0,032	0,432	0,533			
Test-t	1,421	3,191	4,134			

4.3 Evaluación Económica del Uso del Fotorradar en Chile

Las reducciones en los accidentes y sus consecuencias asociadas al uso del fotorradar fueron, con excepción de las muertes, estadísticamente significativas. Ello, sin embargo, no significa que el programa haya sido socialmente conveniente ni tampoco que haya sido implementado de la forma más eficiente. Por una parte, los recursos gastados para reducir los accidentes pudieron gastarse en otros programas para ese mismo fin u otro, y rendir más. Por otra, la reducción de la velocidad conlleva un perjuicio para los conductores que, desde luego, se refleja en el hecho que las restricciones impuestas por los límites de velocidad son operativas. Para evaluar la rentabilidad del programa requerimos comparar los beneficios asociados a la menor accidentabilidad y sus consecuencias, con los costos directos del programa de fotorradars.

En este trabajo usamos como una referencia el estudio de Citra Ltda. para el MOP (1996), en el que se clasificaron los costos de los accidentes en daños materiales, lesionados y fatalidades. Este estudio, que es actualmente utilizado en Chile para evaluar socialmente proyectos que involucran la seguridad vial, los costos de daños materiales se obtienen de la suma de daños materiales a vehículos, a la propiedad, pérdida de uso de vehículo y costos administrativos. Los costos de lesionados se obtienen de la suma de costos de tratamiento a lesionados, rehabilitación, costos administrativos y pérdida de producción de los lesionados. Los costos de fatalidades se obtienen de la suma de costos funerarios y de capital humano.

Una alternativa para la valoración de los costos es Rizzi y Ortúzar (2001), quienes en lugar de considerar los ingresos no generados, usan la valorización estadística de la vida, metodología basada en la disposición a pagar por una reducción en la probabilidad de un accidente de tránsito. Los resultados de ambas estimaciones, que no consideran la eventual disminución de la velocidad del flujo como costo, se presentan en la Tabla 5⁴.

A partir de las estimaciones de reducción de accidentes y sus consecuencias y de las distintas valoraciones, la Tabla 6 muestra el ahorro estimado solamente de acuerdo a las reducciones en el número de accidentes, número de lesionados y número de muertos en las intersecciones analizadas de la comuna de Santiago.

El ejercicio previo se refiere exclusivamente a las intersecciones analizadas. Una estimación más útil del efecto de una política generalizada de fotorradars requiere expandir los resultados de este análisis a la dimensión que sea relevante. Con el fin de acotar el error de una expansión irrelevante, expandimos nuestros resultados sólo a nivel de dos comunas del Gran Santiago que, según la información de mapas de ubicación y focalización de accidentes de tránsito desde el año 1997, presentan las tasas más altas de accidentes: Santiago y Macul⁵. La figura 3 ilustra la densidad de los accidentes por intersección en la comuna

⁴ La existencia de radares operativos reduce, por una parte, el flujo condicional a que no haya accidentes. Sin embargo, al reducir los accidentes, pueden tener un efecto contrario y compensar, o incluso más que compensar la primera reducción de velocidad.

⁵ En el año 2003, para las comunas de Santiago y Macul, el número de muertos fue de 38 y 9, el de lesionados de 1.792 y 338 y el de accidentes de 2.763 y 405, respectivamente.

TABLA 5
COSTO SOCIAL DE LOS ACCIDENTES DEL TRÁNSITO EN CHILE⁶
(US\$/EVENTO)

Tipo de Lesión	Capital Humano	Valorización de la Vida
Muertos (USD\$/Muerto)	32.865	650.000
Lesionados Graves	16.765	
Lesionados Menos Graves	4.172	
Lesionados Leves	974	
Lesionados (promedio)	4.671	57.200
Daños Materiales (Vehículo)	1.484	

Fuente: CITRA (1996) y Ortúzar y Rizzi (2001).

TABLA 6
AHORROS ANUALES (USD\$) INTERSECCIONES ANALIZADAS
SEGÚN MÉTODO DE VALORIZACIÓN

Tipo de Evento	Capital Humano	Valorización de la Vida
Muertos	82.819	1.638.000
Lesionados	91.639	1.122.264
Accidentes	34.418	
Total	208.877	2.760.264

de Santiago, donde los círculos identifican los puntos con más de tres accidentes de tránsito mensual.

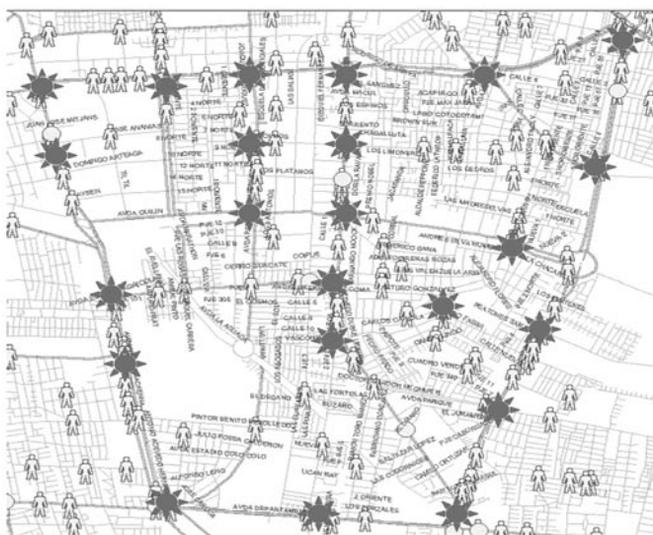
Una política óptima de control con fotorradars requiere ubicarlos de acuerdo a la distribución de accidentes. La cobertura de esa política, a su vez, requiere que se ubiquen todos los radares que permitan que el ahorro marginal en vidas, lesiones y daños materiales, supere el costo marginal. No tenemos la forma de estimar el efecto marginal de cada fotorradar, puesto que hay factores que inciden en que un radar más reduzca el riesgo no sólo en la intersección en la que se ubica, sino que lo haga más allá. Ante la falta de una estimación precisa, hacemos el ejercicio con una supuesta distribución de radares a base de las tasas de accidentes de 100 equipos fijos en la comuna de Santiago y 23 para Macul. La Figura 4 ilustra la distribución de fotorradars para la comuna de Macul.

⁶ Para todo este trabajo, se considera el valor del Dólar Observado de \$644,61 y el valor de la Unidad de Fomento (U.F.) de \$16.946,92 al 10 de junio de 2004.

FIGURA 3
MAPA DE ACCIDENTES PARA LA COMUNA DE SANTIAGO



FIGURA 4
DISTRIBUCIÓN DE 23 FOTORRADARES EN MACUL



En cuanto a los costos directos de la implementación y utilización de los equipos de registro, consideramos aquellos que mejor cumplen con los estándares requeridos por la ley⁷. Estos son Kustom Signals, modelo AUTOVELOX de tecnología láser, con captura de imagen digital (instalado) y cuyo precio instalado es de US\$ 38.783 por radar. Estos valores requieren una inversión para implementar el registro en las 123 intersecciones de la comuna de Santiago y Macul de US\$ 4.765.000. De acuerdo a la distribución geográfica de los accidentes de tránsito de ambas comunas y las proporciones de reducción de accidentes estimadas a base de las cifras de accidentes para el año 2003, computamos los ahorros netos por reducciones en el número de accidentes para las dos comunas. Estos se presentan en la Tabla 7.

TABLA 7
BENEFICIOS

	Capital Humano (US\$)		Valor Estadístico de la Vida (US\$)	
	Santiago	Macul	Santiago	Macul
Muertos	NS	NS	NS	NS
Lesionados	4.365.175	823.342	53.458.189	10.083.074
Accidentes	1.788.430	262.148		
Total	7.153.605	1.085.490	53.458.189	10.083.074

Los datos muestran un impacto económico significativo que, dependiendo de la forma de valoración empleada sobre los lesionados, fluctúa entre US\$ 8,3 y US\$ 63 millones anuales sólo para dos comunas del Gran Santiago. Si consideramos estos beneficios como una perpetuidad y descontamos los flujos a una tasa de 10%, el beneficio supera, como cota mínima, los US\$ 83 millones, y pudiera llegar a US\$ 600 millones⁸.

5. CONCLUSIONES

En este trabajo hemos descrito la forma en que en Chile se argumentó y legisló para terminar con la implementación del uso de fotorradares, una tecnología ampliamente usada en el mundo para controlar la velocidad. En cuanto a las

⁷ Las cotizaciones fueron proporcionadas por la empresa Petrinovic Ingeniería, la cual opera en Chile desde el año 1980 y proporciona los equipos de registro a Carabineros de Chile. Además, cuenta con tecnología para calibrar y realizar las mantenciones necesarias a los equipos.

⁸ En estas estimaciones, si bien no se consideraron costos de operación del radar, se descontó completamente el costo de la implementación en un año, lo que hace una estimación conservadora.

causas esgrimidas para hacerlo, en especial que ellos operaban como cazabobos, la evidencia es contraria a tal hipótesis. Así, las estimaciones realizadas en este trabajo confirman los hallazgos previos en los que se verifica un efecto global positivo de este medio de control en la reducción de los accidentes y sus secuelas.

El análisis hecho a partir del estudio de un conjunto pequeño de intersecciones para las zonas urbanas sugiere que, extrapolados los resultados a dos comunas del país, generaría ahorros significativos desde el punto de vista económico. Estos dependen del método de valorización de la vida, pero el orden de magnitud es sin duda importante para un país como Chile, que ha realizado inversiones en infraestructura en proyectos que requieren montos sustancialmente inferiores a las cotas mínimas de beneficios estimados para las comunas analizadas. En efecto, un metro ligero para parte importante de Santiago (desde Avenida Recoleta e Independencia hasta Américo Vespucio), requiere una inversión de US\$ 130 millones; la modernización y ampliación del edificio terminal de pasajeros del Aeropuerto de Arica, requiere una inversión de US\$ 9 millones.

Si consideramos el claro efecto de este proyecto, la pregunta que queda sin una respuesta económica técnica directa es qué llevó a los legisladores a aprobar una ley que restringió y terminó con el uso de esta efectiva herramienta de fiscalización y control de tráfico. La respuesta es que en este caso prevaleció el interés o las ideas de grupos cuya organización era más fácil (automovilistas), por sobre la de grupos más dispersos (peatones), pero que son severamente afectados. La forma de canalizar las presiones fue a través de una seguidilla de normas, primero de amnistías, luego una ley, fueron acaparando crecientemente aceptación entre los grupos organizados y ello repercutió en la decisión del legislativo. Para hacer menos conveniente el uso de los fotorradares, se normó de modo de impedir que el destino de los fondos llegara a las municipalidades, que eran quienes tienen la potestad de autorizar el uso de la herramienta pero cuyos vecinos son los más afectados. Ello ha significado que, aparte de los requerimientos de policías destinados a una labor perfectamente realizable por civiles, las Municipalidades en forma individual reduzcan enormemente sus incentivos a usar esta herramienta. Aunque sorprendente desde la perspectiva económica, un análisis de los ahorros en vida y una evaluación sistemática del sistema de fotorradares no fue realizado.

REFERENCIAS

- Bain, R. (2001). "The Use of GPS-Based Automatic Vehicle Location Technologies for Bus Transit: State of the Practice in the USA and Lessons for Elsewhere". *European Transport Conference*, Homerton College, Cambridge.
- Bujes, P., Paredes, F., Paredes (1996). "Diseño Sistema de Control de Velocidades en Carretera", *Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito*, Chile.
- CITRA (1996). "Investigación Diseño de Programa de Seguridad Vial Nacional, para el Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones y Ministerio de Obras Públicas", *Costos de Accidentes*, Capítulo 3, Chile.
- Comisión Nacional de Seguridad de Tránsito (2002). Informe Técnico Equipos de Registro de Infracciones. Gobierno de Chile, Chile.

- Departamento de Ingeniería de Transporte (2002). Evaluación Social de Tres Medidas de Seguridad Vial, Trabajo Final de Curso: ICT-2912 Evaluación Social de Proyectos, Pontificia Universidad Católica de Chile
- García, J. (1999). Descripción de los Principales Factores que Inciden en la Ocurrencia de Accidentes de Tránsito en las Carreteras de Chile. Memoria de Título, Ingeniería Civil de Industrias con mención en Mecánica. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Gobierno de Chile (1990). Política Nacional de Seguridad de Tránsito. Comisión Interministerial para la Seguridad del Tránsito, Chile.
- Greg, C., Wilson, J., Wayne, M., Cooper, P. (2000). Evaluation of Photo Radar Program in British Columbia. *Accidents Analysis & Prevention*, Working Paper Nº 32, Pág. 517-526, Canadá.
- Hess, S., Polak, J. (2003). An Analysis of the Effects of Speed Limit Enforcement Cameras on Accident Rates. *Transportation Record Research*, Imperial College, London.
- Higle, J., Witkowski, J. (1988). Bayesian Identification of Hazardous Locations. *Transportation Research Records*, Working Paper Nº 1185, Págs. 24-36.
- Hooke, A., Knox, J., Portas D. (1996). Cost Benefit Analysis of Traffic Light & Speed Cameras. *Police Research Series*, Working Paper Nº 20, Págs. 1-58, Police Research Group, Home Office, London.
- Hunt, J. (2001). The Speed Camera Hypothesis Pilot: The South Wales Experience. European Transport Conference, Homerton College, Cambridge.
- Kent S., Corben, B., Fildes, B., Dyte, D. (2001). Comportamiento Corriente en las Intersecciones Controladas con Cámara Fotográfica. Documento Nº 73, Págs. 1-3, Centro de Investigación de la Universidad de Monash, Australia.
- Lee, B., Estevez, A., Godoy, M., Orellana, A. (1980). La Infracción a las Normas del Tránsito y la Personalidad Delincuente. Seminario de Psicología. Universidad de Chile.
- Michea, A. (1999). Caracterización del Riesgo de Muerte en Accidentes de Tránsito en Chile para los años 1996 y 1997. Memoria de Título, Ingeniería Civil de Industrias con mención en Química. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Palacios, P. (2002). Ley de Tránsito Nº 18.290: visión crítica, propuesta para una reforma. Tesis, Licenciado en Ciencias Jurídicas y Sociales. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Paredes, R. and J.M. Sánchez (2004). "Government concession contracts in Chile: The role of competition in the bidding process," *Economic Development and Cultural Change*, vol. 2. October.
- Rizzi, L. (2001). Economía de los Accidentes Fatales: Una Aplicación al Caso de la Seguridad Vial en Carreteras. Tesis, Doctor en Ciencias de la Ingeniería. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Rizzi, L., Ortúzar, J. (2001). Stated Preferences in the Valuation of Interurban Road Safety. *Accidents Analysis & Prevention*, Working Paper Nº 809, Págs. 1-14, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- Retting, R., Williams, A., Farmer, C., Feldman, A. (1999). Evaluation of Red Light Camera Enforcement in Oxnard, California. *Accidents Analysis & Prevention*, Working Paper N° 31, Págs. 169-174, USA.
- Rizzi, L. (2001). Fotorradars y Seguridad Vial: Un Análisis Empírico Bayesiano. Departamento de Ingeniería de Transporte, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Scotto, M., Tobías, A. (2003). Accurate Interpretation of Point Estimates, Confidence Intervals, and Hypothesis Tests in Public Health. *Public Health*, Working Paper N° 45, Págs. 506-511, México.
- Rodríguez-Cano y Asociados (1999). Análisis de la Modernización del Transporte Público, II Etapa. Documento de trabajo para MIDEPLAN y SECTRA, Chile.
- Silva, L., Benavides, A. (2001). The Bayesian Approach: Another way of Drawing Inferences. *Gac Sanit*, Working Paper N° 15, Págs. 341-346, Vicerrectoría de Investigación y Posgrado, Cuba.
- Stevens, A. (2001). Sponsored by the Traffic Management, Safety and Intelligent Transport Systems. European Transport Conference, Homerton College, Cambridge.
- Constitución Política de la República de Chile (2003). Ley de Tránsito: Ley N° 18.290. Imprenta Jurídica de Chile.
- Ureta, A. (1998). Sistemas de Gestión Municipal para la Prevención de Accidentes de Tránsito. Memoria de Título, Ingeniería Civil de Industrias con mención en Mecánica. Pontificia Universidad Católica de Chile.
- Valenzuela, E. (1999). El Conductor y la Prevención de Riesgos. Petrinovic y Compañía, Chile.
- Várhelyi, A., Hjalmdahl, M., Hydén, C. (2001). Evaluation of the Effects of Large-Scale use of Intelligent Speed Adaptation in Urban Areas. European Transport Conference, Homerton College, Cambridge.
- Winder, A. (2001). Automatic Traffic Enforcement Systems: International Approaches. European Transport Conference, Homerton College, Cambridge.