

# Calibración de la Metodología de Obras Anexas en Proyectos de Vialidad Interurbana

Agustín Campos C.  
CIS Asociados Consultores en Transporte S.A.  
acampos@cistrans.cl

## RESUMEN

La metodología de evaluación social de proyectos de vialidad interurbana no contempla en la actualidad algunos elementos de equipamiento vial, como ciclovías, paraderos, miradores o iluminación en el ámbito de los beneficios, sino sólo como costos adicionales del proyecto. El Ministerio de Planificación y la Dirección de Vialidad elaboraron una metodología de evaluación de estas obras anexas, determinando beneficios asociados a su implementación.

Se realizó una aplicación práctica de esta metodología a rutas rurales de la Región de O'Higgins (zona central de Chile), con el fin de determinar el efecto de ciclovías y otros elementos sobre la velocidad de circulación y la accidentabilidad vial.

El objetivo del análisis desarrollado fue realizar una primera validación de la metodología, realizando algunas aplicaciones prácticas, lo que permitió proponer algunas modificaciones a su contenido y generar líneas de investigación futuras.

*Palabras clave:* Evaluación social, vialidad interurbana, seguridad, ciclovías.

## ABSTRACT

Road project evaluation does not include benefits from some elements at road side such as cycle paths, bus stops, scenic stops or road illumination that only counts as additional costs for the project. Planning Secretary and Road Administration elaborated a methodology for a proper valuation of road side elements, determining some benefit from their implementation.

An empirical implementation was developed on rural roads at O'Higgins Region (central zone in Chile), to determine the effect on travel speed and safety of cycle routes and other road side elements.

The aim of the analysis was to perform a first validation of methodology, which allowed us to recommend some adjustments and to establish further research lines.

*Keywords:* Evaluation, roads, safety, cycle lanes.

## 1. INTRODUCCIÓN

La evaluación de proyectos de transporte interurbano se ha focalizado en las mejoras de la carpeta de rodado, derivando en medidas de beneficio basadas en el ahorro de tiempo de viaje de los usuarios de la vía y en la reducción del consumo de recursos, como combustible, lubricantes, neumáticos y mantenimiento. Dicho enfoque, muy adecuado en un contexto deficitario de infraestructura vial, se ha visto superado por crecientes demandas de los usuarios por mejores servicios y mayor seguridad en las vías.

Desde la óptica de la infraestructura, tales demandas han sido respondidas con equipamientos complementarios, como ciclovías, aceras, paradas de buses, miradores, iluminación y pistas de emergencias, entre otros. Este tipo de equipamiento aumenta normalmente el costo de inversión, sin que exista un correlato desde el punto de vista de la medición de beneficios que entrega a los usuarios, limitando las evaluaciones y reduciendo los indicadores de rentabilidad social de los proyectos.

Para abordar este aspecto el Ministerio de Planificación y la Dirección de Vialidad encargaron la elaboración de una Guía Metodológica para la Valoración de Beneficios de Obras Anexas de Proyectos de Vialidad Interurbana (MIDEPLAN, 2009). Dicha metodología propone medidas de beneficio para los principales equipamientos viales complementarios, mediante procedimientos específicos de estimación de ahorro de recursos y beneficio a usuarios.

El objetivo del presente artículo es presentar el proceso de validación de dicha metodología, que incluyó una aplicación práctica de algunos aspectos en rutas rurales de la Región de O'Higgins, lo que permitió validar supuestos, proponer modificaciones a la metodología en otros casos y da origen a líneas de investigación futuras.

## 2. OBJETIVOS

El objetivo del estudio fue calibrar y validar la Metodología Preliminar para la Valoración de Beneficios de Obras Anexas de Proyectos de Vialidad Interurbana (MIDEPLAN, 2009), de manera que permitiera mejorar la evaluación de proyectos de este subsector.

En particular, se requería estimar los beneficios por seguridad para ciclovías, aceras, pasarelas, miradores, paisajismo, paraderos y refugios, e iluminación, que requieren el uso de estadísticas de accidentes. Además, se requería estimar el efecto de fricción lateral para la implementación de ciclovías, determinando el ahorro de tiempo y costos de operación vehicular por la disminución de la interferencia de las bicicletas en el camino.

Finalmente, se considera realizar ajustes a la metodología, de acuerdo a los resultados de la calibración realizada.

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1 Revisión Bibliográfica

Se consideró una recolección y revisión de los antecedentes relacionados con la metodología que interesa validar, considerando en primer término el análisis de la guía preliminar y también de todas las referencias contempladas en su elaboración.

La metodología base considera diez tipologías de obras anexas a un camino, las que son listadas en la figura siguiente.

	Ahorros de tiempo	Disminución de costos de Operación	Reducción de Accidentes.	Beneficios de los usuarios	Vida útil Red Vial
Ciclovías	x	x	x		
Aceras	x	x	x	x	
Pasarelas	x	x	x	(x)	
Miradores	x	x	x	x	
Obras de Paisajismo				x	
Áreas de detención y/o descanso				x	
Paraderos y refugios	x	x	x		
Iluminación			x		
Lechos de frenado			x		
Plazas de pesaje					x

FIGURA 1: Esquema de Beneficios Incorporados en la Metodología

Fuente: Elaboración propia en base a MIDEPLAN, 2009

En el caso de las ciclovías, cabe destacar que la óptica está centrada en los vehículos que utilizan la vía, y no en ciclistas que ven mejorada su condición de circulación. En el caso de los peatones que contarán con aceras y pasarelas, se considera medir el beneficio para los vehículos motorizados, que podrían circular a mayor velocidad, y a los usuarios empleando valoraciones subjetivas de los atributos de tiempo de recorrido y comodidad. En el caso de miradores, obras de paisajismo y áreas de detención y/o descanso se consideran eventuales mejoras en las condiciones de operación de los vehículos, así como valoración subjetiva de los usuarios respecto a las comodidades proyectadas. En el caso de paraderos de transporte público, se consideran los beneficios de los vehículos que pueden circular sin verse afectados por la operación del paradero, pero no se contemplan beneficios por la mejora en la calidad de servicio de los usuarios de transporte público.

El caso más particular resulta ser el de las plazas de pesaje, cuyo efecto se determinaría en función del aumento de la vida útil de la infraestructura.

En los puntos siguientes se analizan con mayor detalle las aplicaciones en ahorro de tiempo y disminución de costos de operación, en accidentes y en estimaciones del beneficio a usuarios.

#### 3.2 Efectos sobre Costos de Operación

La metodología propone analizar el efecto de ciclistas, peatones o vehículos estacionados sobre la velocidad de circulación de los vehículos. De este modo, se espera poder obtener una velocidad de operación sin proyecto y otra, eliminando la fricción lateral, con proyecto. Usando estas velocidades en el modelo COPER, es posible calcular el efecto sobre el tiempo de viaje y los costos de operación.

Plantea una expresión para el cálculo de la velocidad de operación para cualquier nivel de flujo de la vía, entre la

Contempla beneficios por efecto de ahorro de tiempo y disminución de costos de operación para los vehículos motorizados que circulan por el camino, y que enfrentarían mejores condiciones de operación al contar con ciclovías, aceras, pasarelas, miradores y paradas de transporte público. También contempla beneficios por reducción de accidentes asociados a la disposición de las obras anexas, para lo cual hace uso de las recomendaciones de la metodología de evaluación de accidentes (SECTRA, 2007).

condición a flujo libre y a capacidad de la vía. Esta velocidad de operación resulta diferenciable entre distintos tipos de vehículos.

$$V_i = VFL_i + (Vc - VFL_i) \cdot \frac{(q + qc)}{Cap} + FL_i \cdot NFL$$

$V_i$ : Velocidad de operación del tipo de vehículo  $i$  en las condiciones indicadas

$VFL_i$ : Velocidad a flujo libre del tipo de vehículo  $i$  (se obtiene de COPER)

$Vc$ : Velocidad a capacidad (72,6% de  $VFL_i$ , SECTRA, 1999)

$q$ : Flujo total en  $veq/hr$  en el sentido del arco analizado

$qc$ : Flujo total en  $veq/hr$  en el sentido contrario del arco analizado

$Cap$ : Capacidad del arco en  $veq/hr$  considerando ambos sentidos

$FL$ : Parámetro de fricción lateral para el tipo de vehículo  $i$ .

$NFL$ : Nivel de fricción lateral

La diferencia entre la velocidad a capacidad y la de flujo libre se pondera por el nivel de ocupación de la vía, que es la suma de los flujos en ambos sentidos de tránsito dividida por la capacidad de la sección de vía. Estos parámetros se asumen conocidos.

El último sumando corresponde al efecto de fricción lateral que se desea establecer a partir de las mediciones de velocidad, y supone que el factor  $FL$  puede ser determinado previamente, considerando los resultados de un estudio realizado sobre la ruta 66 (DGOP, 2005).

De este modo, el elemento a despejar es  $NFL$ , que puede ser obtenido considerando los resultados de las mediciones de velocidad, de flujo y los parámetros propios del camino analizado, que se suponen conocidos, de la forma:

$$NFL = \frac{1}{FL_i} \cdot (V_i - VFL_i - (Vc - VFL_i) \cdot \frac{(q + qc)}{Cap})$$

Lo que interesa es relacionar el parámetro NFL, obtenido para cada tipo de vehículo y observación realizada, con el elemento de fricción lateral que interesa modelar. En este caso, corresponde al número de bicicletas observado, estimando un modelo lineal de la forma:

$$NFL = NFL_0 + \alpha_i \cdot BIC$$

De acuerdo a la metodología, el parámetro  $\alpha$  debiera resultar negativo, aspecto que resulta discutible ya que se podría esperar que, por ejemplo, a mayor número de ciclistas en la ruta aumente el nivel de fricción lateral.

### 3.3 Efectos sobre la Seguridad

La metodología propone considerar reducciones en la tasa de accidentes y estimar su impacto sobre los lesionados y daños a vehículos utilizando como principal fuente el estudio "Análisis y Definición de una Metodología para la Evaluación Social de Impactos de Proyectos sobre la Seguridad Vial en Rutas Interurbanas" (SECTRA, 2007).

**CUADRO N° 1: Costo Medio Social por Daños a Vehículos por Tipo de Accidente UF**

Tipo de Accidente	Costo Social (UF/Veh)	
	Vehículos Livianos	Vehículos Pesados
Atropello	23,79	11,82
Choque	94,61	232,92
Colisión	87,21	349,98
Volcadura	228,81	459,33

Fuente: SECTRA, 2007

**CUADRO N° 2: Costos Sociales Totales Asociados a Lesionados (UF/lesionado de 2006)**

Nivel de Gravedad	Costo Social (UF/Acc)
Leve	25,62
M. Grave	33,60
Grave	127,57
Fatal	3.709,35

Fuente: SECTRA, 2007

En cuanto a las tasas de reducción, se utiliza la experiencia internacional, ante la ausencia de estudios nacionales. En ese contexto se presenta la exhaustiva recopilación realizada por Elvick et al. (2004) al desarrollar un metanálisis de una significativa compilación de estudios individuales.

Cabe señalar que no se observa una relación directa entre las estimaciones propuestas en la metodología y los valores de la tabla de Elvick et al. (2004), lo que puede atribuirse a decisiones específicas sobre cada tipología de obra anexa o a dificultades para relacionar las estadísticas disponibles con los efectos esperados de las medidas.

### 3.4 Efectos sobre el Bienestar de Usuarios

La metodología de Evaluación de Obras Anexas propone medir beneficios mediante el empleo de datos de preferencias declaradas, eventualmente combinados con datos de preferencias reveladas. Estos beneficios son los siguientes:

- Beneficios por mayor comodidad por desplazarse en aceras
- Beneficios generados por la existencia de una pasarela
- Beneficios por acceder a un mirador
- Beneficios por mejoramiento en el paisajismo
- Beneficios por área de detención (Option Value)
- Beneficios por la existencia de paraderos o refugios

Este enfoque surge porque no existe suficiente información del mercado de transporte para estimar la valoración otorgada por los usuarios a estos atributos. Esta condición valida el empleo de la técnica de Preferencias Declaradas (PD), que reconoce lo planteado por Lancaster (1966), de que los bienes o servicios pueden ser descritos por su precio -P- y un conjunto de atributos o cualidades {Q} valorados por los consumidores.

En base a los estudios de preferencias declaradas se podrán obtener las demandas por los bienes o servicios que forman parte de las obras anexas, para lo cual el diseño experimental debe plantearse con el objetivo de estimar una función de demanda. Supongamos que este fuera el caso y que la alternativa "i" fuera la demanda por el paradero que se desea construir en tanto la alternativa "j" corresponde a demandar un paradero existente pero lejano, o bien, el uso de un paradero informal. Lo primero que deberá verificarse para garantizar que se está estimando una función de demanda, es que el diseño experimental representa todas las alternativas de la población bajo estudio. De esta forma el estudio de preferencias declaradas permitirá obtener la curva de demanda de la población.

Conocida la curva de demanda, los beneficios pueden obtenerse mediante el excedente del consumidor, medida que originalmente fuera desarrollada para una variación en los precios y que posteriormente fuera extendida a una variación en los atributos por Small y Rosen (1981).

De esta forma, al estimar una función de demanda por la infraestructura y servicios generados por las obras anexas, será posible estimar el beneficio de los usuarios cuidando de no duplicar la contabilidad de beneficios. En el evento que no resulte posible estimar una función de demanda, por la dificultad para elaborar el diseño experimental, es posible plantear como objetivo estimar la valoración otorgada a cada uno de los atributos que componen la función de utilidad o de preferencias. Este ejercicio es sin duda de menor complejidad que la estimación de la curva de demanda.

Al no disponer de la curva de demanda se deberá utilizar la Regla del Medio (ROH), que es una medida aproximada del excedente del consumidor o beneficio del usuario. Esta medida depende de la valoración otorgada a cada atributo entre otras variables (Jara-Díaz, 1990).

La metodología plantea también el uso de evaluación de opción para el caso de las áreas de descanso, no entregándose mayores argumentos respecto de esta recomendación. Por otro lado también se indica la similitud de este enfoque con el de PD, indicándose que la diferencia radicaría en el contexto experimental. En este sentido al plantear sólo una diferencia contextual la valoración de opción no sería más que un caso particular de las PD, por lo que no sería necesario plantear tal diferencia, ya que ella debiera surgir de modo natural como parte del diseño experimental.

## 4. APLICACIÓN Y RESULTADOS

### 4.1 Validación Metodología de Ciclovías

La metodología considera una labor en terreno consistente en medir velocidades de circulación mediante el método de patentes, por tipo de vehículo, y la densidad de ciclistas, a través de la medición en vehículo. Posteriormente, se requiere estimar la velocidad en función de flujo vehicular y de ciclistas.

Para realizar la aplicación se buscaron rutas en la zona central que tuvieran proyectos de ciclovía terminados, de manera de contar con una estimación precisa de los costos de inversión. De entre los proyectos de ingeniería terminados, se optó por la

Ruta 90, con un TMDA de entre 5.000 y 9.000 vehículos. Cabe hacer notar que la ciclovía aún no ha sido implementada.

Tras un recorrido en terreno, se optó por el tramo entre Nancagua y Santa Cruz por presentar mayor volumen de ciclistas. En ese sector, la ruta tiene una pista por sentido y berma pavimentada, observándose el tránsito de ciclistas sobre la berma.

Se observaron dificultades prácticas para medir densidad de ciclistas, optándose por realizar conteos de flujos a intervalos espaciados en tramos de 3 y 5 Km, obteniéndose flujos uniformes en el tramo de menor longitud. Fue posible observar además periodos de alto flujo, asociados a ingreso, colación y salida de temporeros agrícolas que se movilizan en bicicletas.

Por otra parte, se observó durante el experimento piloto un flujo apreciable de ciclistas, superior al detectado en la Ruta 90, en la ruta que conecta Nancagua con Chépica (I-82). Se observó además que la berma tenía dimensiones reducidas y no estaba pavimentada, por lo que los ciclistas circulaban por la ruta, afectando la operación de los vehículos y forzando reducciones de velocidad. Se optó por realizar mediciones en este tramo como contraste.

La medición de velocidades, realizada en los tramos indicados presentó dificultades por su baja efectividad y alto costo de procesamiento de gabinete, resultando en un reducido número de mediciones útiles. Esto, pese a lograr registros de patentes del orden del 50% del flujo medido.

Los resultados obtenidos de la aplicación del modelo no presentan buenos ajustes, los valores del parámetro de bicicletas tienen signos dudosos y en algunos casos resultan estadísticamente poco significativos:

CUADRO N° 3: Estimación Modelo de Fricción Lateral

Ruta	Tipo	Constante		Biciclos	
		Parámetro	t-est	Parámetro	t-est
90	Autos	0,606	5,834	-0,0401	-2,429
	Buses	1,286	7,095	-0,1154	-4,238
	Camiones	1,371	4,651	-0,1277	-2,572
	Cam+2ejes	1,669	2,378	-0,2038	-2,055
I-82	Autos	0,807	15,095	0,00823	1,420
	Buses	1,504	6,957	0,12308	0,439
	Camiones	1,560	7,809	-0,01178	-0,462
	Cam+2ejes	2,369	4,120	0,11137	1,241

Como se aprecia, los modelos de la Ruta 90 tienden a presentar un mejor ajuste, y presentan parámetros para el flujo de bicicletas estadísticamente significativos, de signo negativo. Para el caso de la ruta entre Nancagua y Chépica, los parámetros son poco significativos para el caso del flujo de bicis y en tres casos presentan signo positivo.

Alternativamente, se optó por probar un modelo lineal, que relacionara la velocidad observada con una velocidad base o a flujo libre, con el flujo de bicicletas y otros elementos como maquinaria agrícola y con el flujo de vehículos en la ruta. Los resultados obtenidos se presentan en el cuadro siguiente, mostrando una mejora en el nivel de ajuste, particularmente los referidos a la ruta I-82, pero con signos diferentes a lo esperado en relación al flujo circulante, al nivel de bicis y de maquinaria.

CUADRO N° 4: Estimación Modelos de Velocidad de Operación

Ruta	Tipo	Constante		Vehículos		Biciclos		Maq. Agrícola		Dummy sentido	
		Parám.	t-est	Parám.	t-est	Parám.	t-est	Parám.	t-est	Parám.	t-est
90	Autos	59,668	16,11	-0,0064*	-1,14	0,4242	1,05	17,040	3,69		
	Buses	73,625	4,759	-0,4350	-1,37	1,3581	2,56	2,477	0,46	9,027	1,61
	Camiones	47,725	3,395	-0,0044	-0,02	0,3100	0,59	0,617	0,11	17,760	3,38
	Cam+2ejes	61,214	3,492	-0,1314	-0,37	0,3562	0,68	-0,844	-0,13	14,930	2,46
I-82	Autos	71,884	24,71	0,2251	2,22	-0,15782	-1,88	-1,837	-1,58	-16,869	-13,53
	Buses	42,648	3,847	0,9596	2,61	-0,62385	-1,74	3,623	0,87	-14,508	-3,13
	Camiones	63,034	9,644	0,3136	1,34	-0,16605	-0,76	-3,252	-1,28	-14,585	-5,50
	Cam+2ejes	82,677	11,480	-0,3275	-1,20	-0,38616	-1,23	-3,736	-1,36	-21,136	-8,05

\*: Vel. Veh. pesados

Resulta interesante destacar que el modelo presenta los signos esperados en el caso de la ruta I-82 para la presencia de bicis y maquinaria agrícola, si bien algunos son estadísticamente poco significativos. En el caso de la Ruta 90 los parámetros son estadísticamente poco significativos en casi todos los casos, sugiriendo que la presencia de ciclistas no incide en la velocidad de circulación, lo que corresponde a lo efectivamente observado en terreno.

Se puede señalar que existe una baja relación entre velocidad y flujo de ciclistas, contrario a lo que se esperaba medir y este resultado presenta diferencias según las condiciones de la berma, lo que limita las aplicaciones del método. Dados los resultados obtenidos, se optó por usar paramétricamente factores de aumento de velocidad, provenientes de estudios del efecto de ciclovías en áreas urbanas (SECTRA, 2009).

Se consideró el rango entre 1,02 y 1,52 veces la velocidad actual para determinar los beneficios actualizados a 10 y 20 años, usando tasas de crecimiento propias de la ruta analizada. Los resultados se presentan en el cuadro siguiente para un kilómetro de vía.

CUADRO N° 5: Estimación Paramétrica de Beneficios

Factor	Beneficios \$/Km ciclovía	
	10 años	20 años
1,02	\$17.168.703	\$30.302.262
1,05	\$45.644.899	\$80.578.823
1,11	\$101.546.584	\$179.331.947
1,18	\$170.300.612	\$300.875.852
1,52	\$619.858.235	\$1.097.158.125

Se puede observar que el factor 1,02, que corresponde a un valor más probable del efecto de ciclistas dado el nivel de flujo observado, resulta probablemente insuficiente para justificar la inversión de un kilómetro de ciclovía. Se debe tener en consideración que el cálculo se ha realizado considerando un factor uniforme a lo largo de los 365 días del año y durante las 24 horas, lo que no corresponde a la realidad, dado que el flujo de bicicletas se observa durante periodos específicos del día. En consecuencia, los valores presentados debieran considerarse como la cota superior de los ahorros esperados por este concepto. Se pueden inferir para este caso los siguientes comentarios:

- Existe una dificultad práctica para medir correctamente velocidades y vincularlas con el nivel de flujo en vías interurbanas, usando el método de las patentes. Esta situación se debería a la velocidad a la que circulan los

vehículos y a la presencia de pelotones, que dificultan la identificación de la patente.

- La aplicación de la metodología conduce a resultados poco intuitivos, considerando el caso de vías con diferente grado de interacción con ciclistas. El empleo de modelos lineales permite obtener resultados más comprensibles, pero de reducido nivel de ajuste.
- El impacto de la implementación de una ciclovía resulta marginal sobre la velocidad de circulación de los vehículos, y por ende genera escasos beneficios para justificar su implementación. Se debiera medir los beneficios de los ciclistas, tanto en comodidad, seguridad y eventualmente menor tiempo de viaje.

#### 4.2 Validación del Efecto sobre Accidentes

Para este efecto, se considera el empleo de la información estadística proporcionada por CONASET, la cual dispone del registro de accidentes del año 2000 al año 2007, donde se registra un total de 17.724 accidentes donde participaron un total de 25.413 vehículos, en distintas rutas del país.

Las actividades contempladas fueron identificar los accidentes relacionados por obra anexa, determinar la reducción esperada de accidentes según la metodología y valorar el impacto de la reducción de accidentes.

##### a. Ciclovías

Se tomó como caso de aplicación la Ruta 90, que registra 37 accidentes con ciclistas involucrados en los últimos cinco años, con un promedio de 1,8 fallecidos y 5,6 lesionados anuales entre graves, menos graves y leves. La metodología sugiere un 30% de reducción de accidentes, como consecuencia de la implementación de una ciclovía.

Usando esos parámetros, se podría justificar una inversión de 24.349 UF (unos 530 millones de pesos al valor de la UF) suponiendo que el ahorro anual se mantiene durante 20 años, usando la tasa social de descuento del 6% y sin considerar crecimiento del número de accidentes.

Se ha parametrizado el efecto obtenido, en función del porcentaje de reducción de accidentes estimado, dado que el valor usado se encuentra por sobre lo sugerido en referencias internacionales.

**CUADRO N° 6: Valor Social de Reducción de Accidentes por Factor**

Factor Reducción	Ahorro anual (UF/año)	Ahorro proyecto (UF)
5%	353,8	4.058,1
10%	707,6	8.116,3
20%	1.415,2	16.232,5
30%	2.122,8	24.348,8

Como se observa, existe una incidencia importante en el factor de reducción considerado y también en el número de fallecidos en la estadística. A modo de comparación, se analizaron otras rutas interurbanas con menor número de accidentes; en la ruta G-25, donde se tiene 1 fallecido en 8 años de estadística, el ahorro anual estimado con una reducción del 30% es de 200-300 UF/año, en tanto en la ruta E-46, donde no hay accidentes de ciclistas, no se obtienen beneficios por este concepto.

##### b. Aceras

En el caso de aceras, se analizó el número de accidentes y tipo de lesionados para el caso de atropellos, que serían los más

relacionados con la obra anexa estudiada. Se aprecia un alto promedio de este tipo de accidentes, y con consecuencias graves, ya que se tiene un promedio de 9 atropellos anuales, y en la mitad de los casos tiene una víctima fatal. Cabe señalar que en la mitad de los casos de fallecimiento se indica que el peatón realizó un cruce de calzada, por lo que no necesariamente se trata del efecto que interesa determinar.

Utilizando los costos sociales asociados a lesionados, es posible calcular el ahorro social esperado por efecto de las aceras. El efecto es bastante importante, totalizando 5.260 UF/año (unos \$110 millones), lo que permitiría financiar una inversión de 60.327 UF (unos \$1.260 millones).

Si se considera el mismo nivel de reducción de accidentes, pero eliminando aquellos casos en que el parte indica como causa del siniestro el cruce de la calzada por parte del peatón, se reduce el número de víctimas fatales, y el ahorro estimado de recursos por disminución de accidentes sigue siendo significativo, del orden de UF 3.430 (unos \$72 millones) anuales. Se reitera que el valor indicado considera todos los atropellos en la Ruta 90, por lo que el monto indicado debiera distribuirse en la implementación de aceras en distintos puntos de la vía.

Cabe hacer notar que el efecto de los fallecidos en el accidente considerado sigue siendo importante en el resultado final. De hecho en la ruta G-25 la estadística no registra fallecidos por atropellos, y en el caso de la E-46 son sólo 3 fallecidos en cinco años, por lo que el impacto esperado de la reducción de accidentes sería de UF 667,7 (unos \$14 millones).

##### c. Pasarelas

La metodología en el caso de pasarelas es bastante similar, siendo relevante en este caso la localización del accidente para asimilarlo a la instalación de pasarelas. Cabe destacar la presencia de un probable doble conteo entre las estimaciones relativas a pasarelas y las relacionadas con aceras, lo que sugiere una revisión de las tipologías de accidentes a considerar en uno u otro caso. En el caso de las pasarelas, la localización correcta de los accidentes resulta fundamental, por lo que dicho aspecto debiera ser recogido exhaustivamente en la base de datos.

##### d. Miradores

La metodología de evaluación de miradores considera la recolección de información histórica de accidentes en general en el tramo en estudio, y sus consecuencias, para un período de tres años. El efecto del mirador induciría una reducción de los accidentes totales de un 5%.

En la Ruta 90 no se consideran miradores, por lo que no es posible determinar el efecto de esta tipología de obra anexa. En la ruta G-25, se contempla la implementación de un mirador en el sector Puente El Manzano, Km. 24. Para este efecto se consideraron todos los accidentes en que se consigna el Km 24 de la ruta como lugar del accidente, lo que da un total de 25 accidentes y 3 fallecidos en los últimos cinco años.

El resultado esperado genera ahorros de UF136,5 al año (menos de \$3 millones), y considerando el horizonte del proyecto y una tasa de descuento del 6% alcanza a UF1.565 (unos \$32 millones).

##### e. Paraderos

Respecto de paraderos de transporte público, la metodología considera recolectar información histórica del total de accidentes en el tramo en estudio, y sus consecuencias, suponiendo una reducción del 5%. En el caso de la Ruta 90, se contemplan 46 paraderos localizados a lo largo de la ruta, lo que dificulta

determinar los tramos afectados. Sumado a ello, se tiene la dificultad práctica de identificar la localización precisa de los accidentes, razón por la cual se ha utilizado el total de accidentes en el tramo.

Suponiendo una reducción del 5% de los accidentes y sus consecuencias, se tiene un volumen de beneficios estimado para un año UF 2.886,4 (unos \$60 millones), que representarían un ahorro total de UF32.878 (unos \$690 millones) en todo el período, los que distribuidos por los 46 paraderos representan UF714 por paradero (aproximadamente \$15 millones).

#### f. Iluminación

En el caso de iluminación, la metodología considera una reducción del total de accidentes, en términos de lesionados y fatalidades, del promedio de al menos tres años. Cabe señalar que si se considera que la iluminación se instala en segmentos de carretera, la reducción esperada es de un 25% del total diario, y de un 45% de los accidentes nocturnos.

En la Ruta 90 se consideran seis tramos de iluminación, sin embargo se mantiene la dificultad de localizar correctamente los accidentes, de manera de establecer si forman parte del área definida para cada tramo iluminado.

La totalidad de accidentes en los últimos cinco años alcanzó a 271, con un total de 69 fallecidos. Si se considera los accidentes en período nocturno (entre 22:00 y 7:00 hrs.), el volumen de accidentes se reduce 42 con 12 fallecidos en los últimos cinco años.

**CUADRO 8: Valor Social de Reducción de Accidentes Nocturnos y Totales Ruta 90**

Tipo de lesionado	Costo social (UF/acc)	Sólo nocturnos		Total accidentes	
		Variación (acc/año)	Valor social (UF/año)	Variación (acc/año)	Valor social (UF/año)
Fallecidos	3.709,35	1,08	4.006,1	3,45	12.797,3
Graves	127,57	1,26	160,7	7,00	893,0
Menos graves	33,6	0,72	24,2	4,35	146,2
Leves	25,62	3,69	94,5	19,35	495,7
Total			4.285,6		14.332,2

Fuente: Elaboración propia

Como se observa, existe una mayor concentración de accidentes durante las horas diurnas, asociada a una disminución del volumen de viajes y accidentes en período nocturno, que hacen variar de manera importante el efecto de la reducción esperada de accidentes.

#### g. Comentarios

En relación a los resultados obtenidos, es necesario realizar algunos comentarios específicos:

- Los valores obtenidos para la Ruta 90 no necesariamente son representativos. La Ruta 90 presenta una cantidad elevada de accidentes respecto a otras rutas interurbanas, y cuenta con un nivel de flujo que ha hecho necesario desarrollar un proyecto de ampliación a doble vía. Es probable que los resultados que se obtengan en vías interurbanas de menor flujo y nivel de accidentabilidad sean de menor magnitud. En este sentido, los resultados obtenidos serían una cota superior de lo que se puede esperar de la aplicación de la metodología y por tanto, sugieren que la aplicación exclusiva de la metodología de accidentes podría no justificar la implementación de las obras anexas analizadas.
- Los resultados obtenidos de la metodología son altamente dependientes del número de fallecidos. Esto permitiría simplificar la necesidad de aplicar la metodología a una

inspección rápida del historial de accidentes en la ruta, verificando la presencia de fallecidos. De no observarse un historial importante de fallecidos o de accidentes en los ámbitos relevantes para la metodología, resulta recomendable no destinar tiempo a su aplicación. Esto, naturalmente, acotaría el uso de la metodología de accidentes sólo a rutas consideradas "inseguras" o para intervenciones específicas de seguridad vial.

- Finalmente, resulta imprescindible avanzar en una revisión de los procedimientos de registro de accidentes, con el fin de determinar de manera confiable el lugar en que ocurre. La localización de los accidentes no sólo es una tarea fundamental para aplicar correctamente la metodología, sino también y probablemente más importante, para detectar los lugares de concentración de incidentes, que permitan revisar condiciones de diseño, de iluminación o de contexto para mejorar la seguridad vial.

## 5. CONCLUSIONES

Se ha logrado avanzar en establecer medidas de beneficio a usuarios para elementos complementarios en proyectos de vialidad interurbana, indicando en cada caso las dificultades asociadas a su medición. En este sentido, se establece la necesidad de racionalizar los esfuerzos, de manera que la medición de beneficios no afecte de manera excesiva los costos de los estudios.

En un segundo ámbito de análisis, surge la problemática respecto de la valoración de algunos de estos beneficios y su relación con la inversión que se espera justificar. El análisis efectuado sobre una vía interurbana de alto tráfico en la zona central muestra las dificultades que se tendría para justificar inversiones complementarias en vías menos transitadas. Existe por un lado un requerimiento de mejores y más seguras vías para todos los usuarios, que no necesariamente se ve reflejado en las metodologías de evaluación, lo que sugiere una brecha que debe ser cerrada mediante análisis posteriores.

Cabe hacer presente además que en algunos de los equipamientos analizados no parece razonable intentar su justificación económica, considerando que se trata de estándares mínimos sobre los cuales no debiera discutirse su implementación. Es el caso de los paraderos de transporte público, o la implementación de aceras en zonas pobladas, por mencionar algunos.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece al mandante del estudio, el Ministerio de Planificación y Cooperación, y a la Dirección de Vialidad, el permitir la presentación de este artículo. También se agradece la colaboración de la contraparte técnica del estudio, integrada además por SECTRA y CONASET.

## REFERENCIAS

- DGOP (2005) **Estudio de demanda y evaluación social Ruta 66– Camino de la Fruta**, Informe Final. Estudio realizado por CITRA para la Coordinación General de Concesiones, 2005
- Dirección de Vialidad (2008) **Manual de Carreteras** Volúmenes 1, 2, 3, 4, 5, 7 y 8 de la Dirección de Vialidad, MOP.
- Jara-Díaz, S. R. (1990) **Consumer's surplus and the value of travel time savings**. Transportation Research 24B (1), 73-77
- Lancaster, K.J. (1966) **A New Approach to Consumer Theory**. Journal of Political Economy 74(1) 132-157.
- MIDEPLAN (2010) **Guía Metodológica Para la Valoración de Beneficios de Obras Anexas de Proyectos de Vialidad Interurbana**. Ministerio de Planificación, versión Mayo de 2010.
- MIDEPLAN (2009) **Guía Metodológica Para la Valoración de Beneficios de Obras Anexas de Proyectos de Vialidad Interurbana**. Ministerio de Planificación, 2009.
- MIDEPLAN (1992) **Metodología de Preparación, Evaluación y Presentación de Proyectos de Transporte Interurbano**. Departamento de Inversiones de MIDEPLAN. 1992.
- Rune Elvick y Truls Vaa, **The handbook of road safety measures**, Elsevier, 2004
- SECTRA (2009) **Construcción Red de Ciclovías, Copiapó**. Informe Final. Estudio realizado por Suroeste Consultores, 2009.
- SECTRA (2007). **Análisis y Definición de una Metodología para la Evaluación Social de Impactos de Proyectos Sobre la Seguridad Vial en Rutas Interurbanas**. Informe Final Estudio realizado por CIMA Ltda. y F. Masjuán Ingeniería, 2007.
- SECTRA (1999). **Análisis y Desarrollo Evaluación del Sistema de Transporte Interurbano, IX Etapa**. Informe Final Estudio realizado por A.G. Ingeniería Ltda, 1999.
- Small, Kenneth A y Rosen, Harvey S, 1981. **Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models**, Econometrica, Econometric Society, vol. 49(1), pages 105-30, January.