

ISSN 0188-7297



INSTITUTO  
MEXICANO DEL  
TRANSPORTE



---

*Certificación ISO 9001:2008 r*

# **Eficacia y/o efectividad de medidas de seguridad vial utilizadas en diferentes países**

Andrés Contreras  
Alberto Mendoza Díaz  
José Luis Gutiérrez Hernández

**Publicación Técnica No 342  
Sanfandila, Qro, 2011**



---

**SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES  
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE**

**Eficacia y/o efectividad de medidas de  
seguridad vial utilizadas en diferentes países**

**Publicación Técnica No. 342  
Sanfandila, Qro. 2011**

---



Este trabajo se elaboró en la Coordinación de Seguridad y Operación del Transporte del Instituto Mexicano del Transporte (IMT), por Andrés Contreras, Alberto Mendoza Díaz, y José Luis Gutiérrez Hernández

# Índice

---

## Índice II

<b>Índice de tablas y figuras</b>	<b>I</b>
<b>Resumen</b>	<b>III</b>
<b>Resumen ejecutivo</b>	<b>V</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Algunas medidas utilizadas en el mundo</b>	<b>5</b>
2.1 Carriles para peatones y ciclistas	5
2.2 Autopistas y autovías	6
2.3 Circunvalaciones	7
2.4 Arterias urbanas	7
2.5 Canalización de intersecciones	8
2.6 Rotondas	9
2.7 Rediseño de intersecciones	10
2.8 Reconstrucción, rehabilitación y reasfaltado de carreteras	11
2.9 Repavimentado periódico de carreteras	11
2.10 Corrección y mejora de señales de tránsito	12
2.11 Señales de alto en las intersecciones	13
2.12 Cruces de peatones semaforizados	14
2.13 Límites de velocidad	15
2.14 Marcas viales y balizamiento	16
2.15 Calles de sentido único	17
2.16 Profundidad del dibujo del neumático	18
2.17 Frenos antibloqueo (ABS) y frenos de disco	19
2.18 Dirección, suspensión y estabilidad del vehículo	20
2.19 Cinturones de seguridad en vehículos ligeros	20
2.20 Bolsas de aire en automóviles	22
2.21 Inspecciones periódicas de vehículos a motor	22
2.22 Normativa sobre formación de conductores	24
2.23 Control policial de la conducción bajo la influencia del alcohol y medidas contra su incurrencia	25
<b>3 Cuestionario</b>	<b>27</b>
3.1 Objetivo del cuestionario	27
3.2 Desarrollo del cuestionario	27
<b>4 Aplicación y análisis del cuestionario</b>	<b>41</b>
4.1 Aplicación del cuestionario	41

4.2	Análisis de la información de los cuestionarios respondidos	41
<b>5</b>	<b>Conclusiones y recomendaciones</b>	<b>65</b>
5.1	Conclusiones	65
5.2	Recomendaciones	66
	<b>Bibliografía</b>	<b>67</b>
	<b>Anexo A</b>	<b>71</b>



## Índice de tablas y figuras

---

Tabla 2.1	Beneficios de las inspecciones técnicas en Nueva Jersey	24
Tabla 3.1	Herramientas de evaluación económica	28
Tabla 3.2	Nivel de las medidas de seguridad en carreteras	29
Tabla 3.3	Aplicación de análisis de costo en las medidas de seguridad carretera	31
Tabla 3.4	Indicadores de desempeño más utilizados	31
Tabla 3.5	Barreras para el uso de análisis de costo	32
Tabla 3.6	Métodos usados estimar el costo de muertos y lesionados	33
Tabla 3.7	Valor económico para muerte y lesión	34
Tabla 3.8	Costos totales de accidentes carreteros	35
Tabla 3.9	Jerarquización de medidas de seguridad en carreteras por su costo-efectividad	36
Tabla 3.10	Jerarquización de medidas de seguridad en carreteras por su costo-efectividad para usuarios vulnerables	38
Tabla 3.11	Bases para asignación de recursos a medidas de seguridad	38
Figura 3.1	Principales niveles en los que se utiliza el Diseño Carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales	45
Figura 3.2	Principales niveles en los que se utiliza el mantenimiento y conservación del camino	46
Figura 3.3	Principales niveles en los que se utiliza el control de tránsito	46
Figura 3.4	Principales niveles en los que se utiliza el diseño del vehículo y protección personal	47
Figura 3.5	Principales niveles en los que se utiliza la Inspección del vehículo	48
Figura 3.6	Principales niveles en los que se utiliza la Educación vial y campañas de información	49
Figura 3.7	Principales niveles en los que se utiliza el Control Policiaco	49
Figura 3.8	Valor total para un muerto en Euros	55
Figura 3.9	Valor total para un lesionado grave en Euros	55
Figura 3.10	Costos totales de los accidentes en euros	58
Figura 3.11	Cantidad de muertos y lesionados por año	59



# Resumen

---

En la actualidad los proyectos de inversión del sector público en diferentes países deben de cumplir con una evaluación económica, en cuanto a la seguridad vial el Análisis Costo-Beneficio (ACB) es un método económico utilizado para evaluar una o más acciones (programas, proyectos específicos o medidas de seguridad carretera), para determinar la opción más rentable desde el punto de vista monetario. Por otra parte, el Análisis Costo-Efectividad (ACE) compara los costos con los resultados (efectos) esperados; es utilizado para priorizar programas o medidas de seguridad en carreteras de acuerdo con el valor de los cocientes entre los costos y los efectos (tal como la reducción de lesionados y muertos en accidentes carreteros).

Otro factor que sugiere la necesidad de estudiar la política de seguridad vial de carreteras es que, durante los últimos años, frecuentemente se ha olvidado la seguridad vial y los costos que con ello conlleva (costos de ejecución, gastos operativos, contaminación, costos humanos).

En el desarrollo de esta tesis se recopilara información bibliográfica sobre las medidas más eficientes y/o efectivas actualmente utilizadas a nivel mundial, así como las metodologías para su evaluación económica.

Para realizar la comparativa de los métodos de análisis económicos utilizados por las autoridades de carreteras en diferentes países, nos apoyaremos de un cuestionario. Se utilizarán los vínculos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) con la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC) para su distribución.

El cuestionario también nos ayudará a identificar las medidas de seguridad vial utilizadas en México y en otros países, y de la comparación correspondiente intuir que medidas pueden ser adoptadas en México. La investigación puede contribuir a describir tanto los problemas de seguridad vial como los efectos de los diversos factores de riesgo sobre el número total de lesionados y fallecidos que se producen como consecuencia del tránsito.

La distribución de los cuestionarios a los diferentes países se inició a partir de febrero de 2010, habiéndose recibido llenados 22 de ellos a fines del mismo mes. Se describe el análisis realizado en torno a la información recibida en esos veintidós cuestionarios. Los casos para los que se recibió el cuestionario contestado son los siguientes: México, Bélgica, Dinamarca, Canadá (agencia), Canadá, Alemania, Corea, Francia, Suecia, Argentina, Japón, Cuba, Sudáfrica, Australia, Hungría, India, Irán, Lituania, Holanda, Portugal, Eslovenia y EEUU.

Este trabajo se propone en un afán por contribuir a hacer más eficiente la asignación de recursos a medidas de mejoramiento de la seguridad vial en México, investigando las acciones que han resultado más eficaces y eficientes en otros países más avanzados, así como las metodologías de evaluación que están utilizando para dichas medidas.



# Resumen ejecutivo

---

## 1 Introducción y antecedentes

Los proyectos de inversión para mejorar la seguridad vial pueden evaluarse mediante el Análisis Costo-Beneficio (ACB) y el Análisis Costo-Efectividad (ACE).

En este trabajo se realiza una comparación de las medidas tomadas en otros países para mejorar la seguridad vial y las metodologías utilizadas en su evaluación económica. Se sustenta en un cuestionario distribuido con el apoyo de Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC). Se comparan las medidas más efectivas para todos los elementos de seguridad vial que actualmente realizan diferentes países. En el caso de México, los elementos comparativos incluirán lo que realmente se realiza para las carreteras.

Para hacer más eficiente la asignación de recursos, se propone que las medidas de mejoramiento de la seguridad vial en México se realicen con base en la recopilación y estudio de las acciones que han resultado más eficaces y eficientes en países, más avanzados, así como sus metodologías de evaluación. Se propone tomar en cuenta sus avances tecnológicos y dar seguimiento a los resultados de las medidas adoptadas, en términos de reducción de los accidentes y sus saldos.

El objetivo de este trabajo es investigar como se utilizan las técnicas de Análisis Costo-Efectividad (ACE) y el Análisis Costo-Beneficio (ACB) en otros países.

## 2 Algunas medidas utilizadas en el mundo

Se identifican 23 medidas de seguridad vial aplicadas en distintos países y se describen sus efectos más importantes. Se hace énfasis en la descripción de los análisis costo-beneficio.

## 3 Cuestionario

Contiene 17 preguntas y está dirigido a aquellos responsables de la elaboración de programas de seguridad vial a nivel nacional, ayudará a identificar las medidas de seguridad vial utilizadas en México y en otros países, y de la comparación correspondiente intuir que medidas pueden ser adoptadas en México. La investigación puede contribuir a describir tanto los problemas de seguridad vial como los efectos de los diversos factores de riesgo sobre el número total de lesionados y fallecidos que se producen como consecuencia del tránsito.

## 4 Aplicación y análisis del cuestionario

Se inició el envío a partir de febrero de 2010, fueron contestados en 22 países (Alemania, Argentina, Australia, Bélgica, Canadá (agencia), Canadá, Corea, Cuba, Dinamarca, EEUU, Eslovenia, Francia, Holanda, Hungría, India, Irán, Japón, Lituania, Portugal, Sudáfrica, Suecia, y México).

El 86% de los países está familiarizado con los métodos ACB y ACE para evaluar acciones de seguridad en carreteras.

Con excepción de Japón, todos los países consideran necesarios los métodos ACB y

ACE para evaluar e integrar los programas de seguridad.

Todos identifican sitios negros, sin embargo en unos con más precisión que otros, describen la técnica utilizada para su identificación.

Cinco países no utilizan las herramientas de ACB o ACE para dar prioridad a programas y proyectos.

El 71% toman en cuenta el diseño carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales esta medida de seguridad a nivel nacional, el 62% a nivel regional, mientras que solamente el 57% lo hace a nivel local.

El 52% utilizan el mantenimiento y conservación del camino esta medida a nivel nacional, el 71% a nivel regional y el 62% a nivel local.

Respecto al control de tránsito, se observa que son menos los países que la utilizan a nivel nacional (62%), mientras que a nivel regional y local la utilizan un 76% de los países.

El 86% utilizan el diseño del vehículo y protección personal a nivel nacional, solo el 24% lo hace a nivel regional y el 9% a nivel local.

El 81% ha implementado inspecciones técnicas para los vehículos a motor a nivel nacional.

Los países muestran bastante interés en la educación vial a nivel nacional (86%).

El control policiaco es efectuado por 90% de los países a nivel nacional, el 71% a nivel regional y el 62% a nivel local.

En México, Alemania, Argentina e Irán utilizan el ACE y ACB para el diseño carretero y señalamiento, mientras que Dinamarca, Canadá, Corea, Suecia, Japón, Australia, Hungría, Lituania y EEUU sólo utilizan el ACB para esta medida, Holanda es el único país que utiliza el ACE.

Para la medida de seguridad de mantenimiento y conservación del camino los países de México, Dinamarca, Alemania, Corea y Suecia únicamente utilizan el ACB, mientras que Argentina, Canadá e Irán la evalúan con ambos métodos.

Para el control del tránsito, son pocos los países que la evalúan, dentro de los que están son Dinamarca, Canadá, Corea y Suecia los cuales lo hacen mediante el ACB, mientras que Irán es el único país que evalúa esta medida con el ACE.

El diseño del vehículo y protección personal es una medida que muy pocos países evalúan.

Dinamarca evalúa la inspección del vehículo mediante los dos métodos y Corea solamente con el ACE.

En la educación vial y campañas de información es evaluada por Dinamarca mediante los dos métodos; Canadá, Corea, Irán y Holanda únicamente utilizan el ACE, en tanto que Lituania es el único país que lo hace mediante el ACB.

Los países que analizan toman en cuenta el control policiaco son Dinamarca y Canadá, los países que sólo utiliza el ACE son Corea, Irán y Holanda.

Bélgica, Francia, Cuba, India, Irán y Eslovenia son países que no utilizan ningún indicador de desempeño para obtener las medidas más eficientes. Hasta esta pregunta, estos países son los que menos información han aportado, además de casi no utilizar el ACE y ACB.

Entre los países que utilizan todas las medidas de eficiencia están Dinamarca, Sudáfrica, Lituania y Holanda, además Dinamarca y Sudáfrica utilizan otra medida la cual es la tasa de retorno del primer año. Uno de los mayores problemas del ACB es obtener válidos y confiables valores monetarios de todos los efectos o beneficios relevantes, con esto podemos decir que son los países que mejor jerarquizan las medidas de seguridad.

Corea utiliza en primer lugar la relación beneficio-costos, en segundo el valor presente neto y en tercero la tasa interna de retorno; utilizando estos indicadores se puede llegar a elegir la medida que mejor costo-beneficio tenga.

Canadá, Suecia y Portugal utilizan el valor presente neto y la relación beneficio-costos; estas medidas son complementarias por lo que estos países pueden tener una buena comparativa para elegir la mejor medida de seguridad vial, además Portugal también utiliza la tasa interna de retorno.

Por su parte Alemania, Argentina y EEUU basan sus análisis en la relación beneficio-costos y costo efectividad; con estos métodos los países pueden determinar las medidas más valiosas para un sitio específico y se utilizan para evaluar la justificación económica de los proyectos individuales.

Japón, Australia y Hungría utilizan únicamente la relación beneficio-costos; esto con las limitantes que tiene solamente usar un método, ya que éste no es válido para dar prioridad a proyectos múltiples o múltiples alternativas para un solo proyecto.

En México la única medida que se toma en cuenta es el valor presente neto, para analizar los costos de implementación de las medidas de seguridad y compararlos con los beneficios obtenidos por la misma.

Sudáfrica y Lituania son los países que cuentan con todo tipo de barreras para tomar decisiones sobre la aplicación de medidas de seguridad vial, siempre en el uso de la política de seguridad vial se enfrenta a limitaciones y restricciones. Éstas se le pueden presentar antes y durante la toma de decisiones de todo el proceso.

Casi todos los encuestados (86%) mencionan las Barreras Técnicas/Metodológicas como razones principales por las que el ACB o ACE no siempre se toman en cuenta para evaluar las medidas de seguridad vial. La mayoría de éstos también identificaron Barreras fundamentales y Barreras institucionales como razones principales. Las Barreras de implementación, fueron mencionadas por sólo un tercio de los encuestados.

Bélgica, Argentina, Cuba, India y Portugal son países que tienen tres de las Barreras mencionadas, por lo tanto tienen mayores obstáculos y restricciones al momento de tomar decisiones sobre la aplicación de medidas de seguridad vial.

El 43% de los países muestra dos tipos de Barreras al momento de realizar la evaluación de medidas de seguridad, estos países en teoría tienen menos dificultades

qué todos los anteriores, sin embargo existen barreras más difíciles que otras.

La falta de datos fue el obstáculo más común para el uso de las herramientas de evaluación económica. Otro obstáculo habitual es la dificultad para predecir la eficacia de las medidas de seguridad. Los encuestados también mencionaron otro tipo de barreras, como: la dificultad para entender, los partidos políticos quieren influir en la formulación de políticas de seguridad, la política estatal de asignación de presupuestos; los programas de seguridad siempre son programas a largo plazo por lo que su resultado siempre será en el futuro, los gobiernos necesitan conocimientos especiales para llevar a cabo el ACB y ACE; la necesidad realizar un enfoque intuitivo a la intervención de la seguridad vial, los problemas éticos para evaluar el valor de la vida y compararlo con valores monetarios.

Bélgica, Eslovenia y EEUU son países que no utilizan ningún método para estimar el costo de un muerto o un lesionado, esto por las dificultades asociadas para la estimación precisa de qué método es el más válido para la evaluación del valor de la vida.

La mayoría de los encuestados (57%) utiliza el método del capital humano ya que por lo general se refiere a los costos directos (gastos médicos) e indirectos (pérdida de producción). Este enfoque presenta desventajas evidentes, ya que se centra únicamente en los efectos económicos de la pérdida de vida y no toma en cuenta el valor y el goce de la vida interrumpida.

El 38% de los países utiliza el método de disposición a pagar, la mayoría de éstos al mismo tiempo utiliza el método del capital humano, teniendo así una comparativa entre éstos y así poder elegir el mejor valor estimado. El método de disposición a pagar debe incluir el valor del dolor y el sufrimiento evitado, así como el valor del tiempo perdido debido a la enfermedad y los costos del tratamiento médico.

Un estudio realizado estima que los accidentes de carretera cuestan en promedio 1% del producto interno bruto (PIB). Esta cifra ha sido utilizada por muchos países y organismos internacionales que ayudan a estimar (aunque sea burdamente) la magnitud de los costos atribuibles a los accidentes viales, pero como los países han desarrollado un rango más alto, ha sido sugerido del 1 al 3% por el Banco Mundial y otros.

Los países altamente motorizados con 60% de los vehículos del mundo, tienen sólo 14% de las muertes mundiales. Opuestamente la región de Asia/Pacífico, con sólo 16% de vehículos, tiene aproximadamente 44% de las muertes mundiales.

Se estima que en el 2002 entre 800,000 y 950,000 personas pudieron haber muerto como resultado de los accidentes de tráfico y que la mayoría de estas muertes ocurrieron en países en desarrollo y naciones emergentes, con aproximadamente la mitad en la región Asia-Pacífico; las muertes en carretera que se espera continúen aumentando a 1 y 1,1 millones en el año 2010 y entre 1,1 y 1,3 millones en 2020.

México es el segundo país con mayor número de muertos y lesionados, sólo después de Irán, lo cual es significativamente preocupante porque no es considerado un país altamente motorizado y es un país con una alta tasa de muertos y lesionados. En buena medida, esta falla deriva de algunas deficiencias institucionales existentes.

Más de la mitad (62%) no toman en cuenta efectos secundarios en las medidas de seguridad vial.

El 43% de los encuestados no hacen un análisis antes y después de poner en práctica las medidas de seguridad vial.

Desde el punto de vista de la fiabilidad estadística, 5 años es lo más conveniente, dando un tamaño grande de muestra y una atenuación de las fluctuaciones de corto plazo. Sin embargo, un período más corto quizás conducirá a la detección temprana de cambios súbitos en la tasa de accidentes. Por esta razón, muchas autoridades han establecido sistemas para detectar fluctuaciones substanciales de corto plazo.

El control de velocidad fue la medida que más se enumeró como la mejor, en términos de aumento en la seguridad con la mejor rentabilidad. La protección de peatones también resultó común entre los encuestados.

Los resultados del proceso de evaluación permiten jerarquizar las medidas en función de los beneficios que generarían y los costos necesarios para su implementación. Bajo el criterio de evaluación aplicado es posible seleccionar la medida que ofrece el más alto nivel de beneficios relativo al costo de implementación, asegurando que la disponibilidad de recursos son utilizados de manera más efectiva. El único país que utiliza el ACB para jerarquizar las medidas es México.

Las instalaciones separadas son la medida que más se enumeró como la mejor para los usuarios vulnerables de la vía. El uso del casco fue otra medida muy común.

Casi todos los encuestados (76%) indicaron que los políticos ponen más peso para la asignación de recursos en el número de muertes evitadas y, sólo el 29% se basa en la cantidad de heridos evitados. Como último indicador los gobernantes toman en cuenta el costo de la medida.

## 5 Conclusiones y recomendaciones

Los resultados obtenidos de los cuestionarios mostraron que la medida de seguridad denominada **control de velocidad** resultó ser la más eficiente, así como también la más rentable. En cuanto a las medidas aplicadas específicamente a usuarios vulnerables, la mejor fue la denominada **instalaciones separadas**.

Casi todos los encuestados están familiarizados con el ACB y ACE para la valoración de medidas de seguridad vial. Así mismo todos los países identifican puntos negros dentro de su red carretera.

La mayoría de los encuestados responde que las principales razones por las que no se utiliza el ACB y ACE para evaluar las medidas de seguridad vial son las **Barreras Técnicas/Metodológicas**, **Barreras Fundamentales** y **Barreras Institucionales**.

Además se encontraron otras respuestas interesantes como que el método más utilizado para estimar el costo de un muerto y un lesionado es el del **capital humano**, también que la definición más utilizada para un lesionado grave es: **cualquier persona hospitalizada por un período de más de 24 horas**. Así mismo la mayoría de los países no toman en cuenta efectos secundarios para evaluar las medidas de seguridad debido a la dificultad de valorar los efectos ambientales.

Se identificó que los políticos se basan en el número de muertes evitadas para asignar mayores recursos a las medidas de seguridad vial.

Finalmente los presupuestos deben aplicarse a la realización de medidas con resultados óptimos. Esto debe extenderse a los presupuestos para seguridad en los caminos. Así, debe tenerse la capacidad para demostrar, no sólo que una cierta reducción de accidentes seguirá de la implantación de una medida determinada, sino también que la ejecución de tal medida no excederá su presupuesto y, de ser posible, asegurarse que la realización de esa medida será más benéfica que la realización de cualquier otra.

Los expertos en seguridad vial deberían hacer mayores esfuerzos para difundir información y conocimientos sobre el funcionamiento y efectos de este análisis dentro de sus países, aprovechando la experiencia internacional. Dicha información debe ser difundida con gran experiencia, con argumentos muy claros y comprensibles. A menudo, la difusión de información está limitada por los recursos financieros disponibles; más dinero para la difusión de información y mejores explicaciones del ACB de medidas de seguridad vial podría desempeñar un papel muy importante en la obtención de una mayor aceptación. Se debe prestar especial atención a los políticos de todos los niveles.

Así mismo se recomienda la creación de una detallada base de datos de accidentes de tránsito o, como una operación preliminar, la cooperación entre bases de datos existentes debería ayudar a fomentar el uso más amplio del ACB. Una buena información, posiblemente comparada con las tendencias internacionales de accidentes por carretera y el impacto de las medidas de seguridad vial, debe crear un entorno favorable para la introducción del ACB, con el beneficio de las experiencias internacionales. Un paso importante para lograr este objetivo es crear una metodología común para la recopilación de datos de accidentes de tránsito y los datos de tránsito a nivel nacional. En el plano internacional, debe organizarse una cooperación más estrecha entre las diversas organizaciones internacionales encargadas de mejorar la seguridad vial y de transporte por carretera.

# 1 Introducción

---

En esta presentación del trabajo, se comienza con la descripción del problema que determinó emprender este estudio. Posteriormente, se describen algunos antecedentes importantes sobre el tema, así como la justificación del mismo. Finalmente se describe la metodología propuesta, los objetivos, alcances y utilidad del proyecto.

## **Descripción del problema**

En la actualidad los proyectos de inversión del sector público en diferentes países deben de cumplir con una evaluación económica, considerando como las más importantes para tomar decisiones el Análisis Costo-Beneficio (ACB) y el Análisis Costo-Efectividad (ACE).

En cuanto a la Seguridad Vial el Análisis Costo-Beneficio (ACB) es un método económico utilizado para evaluar una o más acciones (programas, proyectos específicos o medidas de seguridad carretera), para determinar la opción más rentable desde el punto de vista monetario. Por otra parte, el Análisis Costo-Efectividad (ACE) compara los costos con los resultados (efectos) esperados; es utilizado para priorizar programas o medidas de seguridad en carreteras de acuerdo con el valor de los cocientes entre los costos y los efectos (tal como la reducción de lesionados y muertos en accidentes carreteros).

La Seguridad Vial en México ha quedado rezagada en relación con los avances mundiales actuales, por lo que se hace necesario comparar las medidas utilizadas en otros países y de las metodologías utilizadas en su evaluación económica.

Para realizar la comparación de los métodos de análisis económicos utilizados por las autoridades de carreteras en diferentes países, nos apoyaremos de un cuestionario. Se utilizarán los vínculos del Instituto Mexicano del Transporte (IMT) con la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC) para su distribución, así como para obtener su devolución conteniendo la información solicitada por el cuestionario.

Otro factor que sugiere la necesidad de actualizar la política de seguridad vial de carreteras es que, durante los últimos años, frecuentemente se ha olvidado la seguridad vial y los costos que genera (costos de ejecución, gastos operativos, contaminación, costos humanos).

Por las razones anteriores y otras muchas más, se desea generar una política actualizada para la seguridad vial de carreteras, que norme las características y dimensiones de cada uno de sus elementos, considerando sus diferentes tipos y condiciones. Lo anterior se pretende a través de varias fases, la primera de las cuales estará dirigida a comparar un conjunto de aspectos entre México y distintos países. La comparación se realiza con base en un cuestionario distribuido con el apoyo de la Asociación Mundial de la Carretera (AIPCR/PIARC). En esta primera etapa se comparan las medidas más efectivas para todos los elementos de seguridad vial que actualmente realizan diferentes países. En el caso de México, los elementos comparativos incluirán lo que realmente se realiza para las carreteras.

Se pretende que este trabajo sea una contribución a la primera fase de todo el estudio.

## **Antecedentes**

Los accidentes carreteros representan la principal causa de mortandad general en accidentes viales (40,5% del total). En 1998 representan el 14% del total de muertes en accidentes (5 064). El costo directo de los accidentes carreteros a la sociedad asciende a alrededor de 1,2 mil millones de dólares, es decir, 0,3 % del Producto Interno Bruto (PIB). Con base en lo anterior, es evidente la importancia de abordar la seguridad operativa en las carreteras por parte de los gobiernos, es un área de atención prioritaria por razones humanitarias, de salud pública y económicas.

La población de México, según el censo de 2000, es de alrededor de 100 millones de habitantes. México cuenta con un parque vehicular registrado del orden de 14 millones de vehículos.

En México, en la Red Carretera Federal, de 48 300km, en el año 2000 se generaron 61 115 accidentes, con 38 434 lesionados, 5 224 muertos y una cifra estimada de daños materiales de 197 millones de dólares. Asimismo, se ha estimado que los muertos ocurridos en accidentes en carreteras federales representan sólo el 40,5% de los muertos totales en accidentes viales en el país, ocurriendo el 59,5% restante en las vialidades estatales (de 62 900km aproximadamente) y urbanas.

Las cifras de muertes corresponden a fallecimientos ocurridos en el sitio del accidente, por lo tanto, no consideran los fallecidos posteriormente. En otros países, se da seguimiento a los registrados durante los 30 días siguientes a la ocurrencia del accidente.

Por otro lado, el Instituto Mexicano del Transporte (IMT) ha realizado investigaciones en lo que se refiere a consideraciones de seguridad vial para México, dejando abierto el panorama para futuras investigaciones.

Con este trabajo se proponen, en un afán por contribuir a hacer más eficiente la asignación de recursos, medidas de mejoramiento de la seguridad vial en México con base en la recopilación y estudio de las acciones que en otros países, más avanzados, han resultado más eficaces y eficientes, así como las metodologías de evaluación que están utilizando para dichas medidas.

## **Justificación**

Las medidas de mejoramiento de la seguridad vial implementadas en México, así como las metodologías utilizadas en su evaluación económica, son tradicionales y por lo mismo ignoran los avances tecnológicos de vanguardia. Podría decirse que las medidas tomadas han sido sencillas (por ejemplo, mejoramiento del señalamiento, de entronques y de superficies de rodamiento) y las metodologías utilizadas en su evaluación son prácticamente inexistentes; esto último, porque en general no se le da seguimiento a los resultados de las medidas adoptadas, en términos de reducción de los accidentes y sus saldos.

Por lo tanto, es necesario comparar como se encuentra México con respecto a las prácticas en otros países y sobre todo aquellos que están a la vanguardia en materia de mejoramiento de la seguridad vial. Es por esto que se justifica realizar un estudio comparativo como propuesto, considerándolo como el inicio de un esfuerzo que eventualmente generará mejores herramientas para la toma de decisiones y la

generación de programas de acciones.

## **Objetivos y alcances**

El objetivo de este trabajo es, mediante un cuestionario, investigar, con cómo las técnicas de Análisis Costo-Efectividad (ACE) y el Análisis Costo-Beneficio (ACB) están siendo utilizadas en varios países.

Específicamente, este trabajo genera una serie de elementos comparativos, con respecto a las diferentes medidas de seguridad y asignación de recursos de carreteras, entre las normativas de México y distintos países. Se reitera que, en el caso de México, los elementos comparativos incluirán las medidas que realmente se están realizando en las carreteras.

Los elementos de seguridad vial y asignación de recursos de carreteras que serán considerados, son todos los contenidos en un cuestionario distribuido a través de la AIPCR/PIARC. Su contenido incluye aspectos que se refieren a:

- ✓ Evaluación económica para proyectos de seguridad vial por medio de ACB y ACE
- ✓ Puntos negros identificados en la red carretera
- ✓ Barreras para el uso de herramientas de evaluación (por ejemplo, ACB y ACE)
- ✓ Costos económicos de los accidentes carreteros
- ✓ Efectos sobre la seguridad, movilidad y medio ambiente
- ✓ Indicadores de desempeño de un proyecto de seguridad vial cuando se utiliza el método de ACB (por ejemplo Valor Presente Neto (VPN), Tasa Interna de Retorno y Costo-Efectividad).

## **Metodología**

Este trabajo se ha desarrollado con base en las siguientes etapas:

- ✓ Recopilación de información bibliográfica sobre las medidas más eficientes y/o efectivas actualmente utilizadas a nivel mundial, así como las metodologías para su evaluación económica
- ✓ Obtención de información de diferentes países afiliados a la PIARC mediante la distribución de un cuestionario
- ✓ Análisis de la información obtenida mediante los cuestionarios
- ✓ Generación de las conclusiones y recomendaciones con base en el análisis realizado en la etapa anterior.

## **Utilidad del proyecto**

Se considera que la utilidad de este trabajo consiste en identificar algunas modificaciones a las medidas de seguridad y a las metodologías para su evaluación económica para proyectos de seguridad vial de carreteras que actualmente se aplican en México, con el propósito de eventualmente actualizar éstas y reforzar la seguridad y la eficiencia operativa en las carreteras mexicanas. La implementación de las recomendaciones generadas permitirá ir construyendo un sistema carretero nacional más seguro y mejorado.

## 2 Algunas medidas utilizadas en el mundo

---

En este capítulo se identifican 23 medidas de seguridad vial aplicadas en distintos países y se describen sus efectos más importantes. Se hace énfasis en la descripción de los análisis costo-beneficio.

### 2.1 Carriles para peatones y ciclistas

El riesgo de peatones y ciclistas de resultar lesionados es mayor al que están expuestos los ocupantes de vehículos de turismo. Una estimación basada en estadísticas oficiales de accidentes elaboradas a partir de la encuesta nacional domiciliaria de desplazamientos en Noruega 1991-1992 (Bjornskau, 1993) muestra cómo la tasa por kilómetro recorrido de accidentes de peatones es de 4 a 6 veces mayor a la correspondiente a conductores o pasajeros de automóviles. Según esta misma encuesta, el riesgo para los ciclistas es de 6 a 9 veces mayor que el riesgo para los usuarios de automóviles de turismo.

La separación física entre peatones y ciclistas y el tránsito motorizado se puede diseñar de diferentes maneras. De hecho, se puede distinguir entre las siguientes medidas:

1. *Aceras*: los peatones y los ciclistas se separan físicamente del tránsito motorizado por medio del pavimento, el cual se eleva entre 10 y 20 centímetros en relación a los carriles para vehículos a motor; y se separa de éstos mediante bordillos. Las aceras son utilizadas por el tránsito de peatones, y a veces de ciclistas, que circulan en ambas direcciones
2. *Carriles bici*: consisten en rutas reservadas para ciclistas que pueden circular en una o ambas direcciones. Los carriles para ciclistas están separados del tránsito motorizado mediante bordillos o mediante medidas de segregación. El carril bici está separado de las aceras mediante bordillos o marcas viales
3. *Pistas o sendas para peatones y ciclistas*: consisten en carreteras o calles para peatones y ciclistas que se desplazan en ambas direcciones. Las pistas para peatones y ciclistas están separadas de las vías para automóviles mediante separadores del tránsito. Estos separadores del tránsito consisten a menudo en una especie de mediana de aproximadamente 3 metros de anchura y de sección transversal en forma de V
4. *Cruces de peatones y ciclistas a diferente nivel*: como pasarelas (pasos elevados) o pasos subterráneos que son utilizados por los peatones para cruzar la carretera. Las pasarelas o pasos elevados están construidas con diferentes tipos de superficies, mientras que los pasos peatonales subterráneos suelen tener pavimento asfáltico y estar iluminados.

Los efectos de los carriles para peatones y ciclistas, así como otras instalaciones para estos tipos de usuarios de las vías, no se conocen lo suficiente como para realizar análisis costo-beneficio confiable. Entre los efectos que deberían incluirse en dichas evaluaciones, además del efecto sobre los accidentes, se pueden citar:

1. Beneficios derivados del aumento de los desplazamientos a pie y en bicicleta.

2. Efectos en la sensación de seguridad de los usuarios de las vías.
3. Posible reducción en la necesidad de transporte escolar en autobús.
4. Posibles efectos sobre el medio ambiente atribuibles a un transvase de viajes en automóvil hacia la bicicleta o los desplazamientos a pie.
5. Efectos sobre la salud derivados del ejercicio realizado al andar o al utilizar la bicicleta.

## **2.2 Autopistas y autovías**

Muchas de las carreteras más antiguas que están todavía en funcionamiento fueron diseñadas para soportar un tránsito muy inferior al que existe en la actualidad. Sobre las mismas se produce a menudo una mezcla de tránsito local y de tránsito de largo recorrido que es insatisfactoria y que se traduce en numerosos accidentes. Las demandas de tiempo de recorrido más corto, de menores costos de los transportes, y de un menor número de accidentes exigen nuevas carreteras capaces de canalizar grandes cantidades de tránsito a altas velocidades y sin que la seguridad empeore con respecto a las vías con límites de velocidad inferiores.

Las autopistas y autovías en Noruega se construyen sin accesos directos a las propiedades situadas junto a la carretera. Únicamente los vehículos capaces de desarrollar una velocidad legal de al menos 40 kilómetros por hora están autorizados a circular por las autopistas y autovías. Los tractores, ciclomotores, peatones y ciclistas tienen prohibido el acceso a autopistas y autovías. Las carreteras de la clase B pueden tener intersecciones al mismo nivel con otras vías públicas. El límite de velocidad en las autopistas de Noruega es normalmente 90 kilómetros por hora.

Los costos y beneficios varían para cada caso. A continuación se presenta un ejemplo que muestra la relevancia de los diferentes factores que intervienen en la evaluación costo-beneficio.

Como ejemplo de autopistas y autovías de clase A, se asume que la carretera antigua tenía una intensidad media diaria (IMD) de entre 20 000 y 15 000 vehículos, una tasa de 0,17 accidentes con víctimas por millón de vehículo-kilómetros y un límite de velocidad de 70km/h. Se considera que la nueva vía absorbe el 75% del tránsito de la antigua vía, y que el límite de velocidad en la nueva carretera se fija en 90km/h. Los costos de funcionamiento de los vehículos se considera que aumentan en 0,0124 euros por kilómetro. Los costos medioambientales se estima que se ven incrementados en 0,0025 euros por kilómetro como resultado del aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas al aumento de la velocidad.

Bajo estas condiciones, la relación beneficio-costos de la construcción de autopistas y autovías de clase A se estima en 0,17 cuando la intensidad media diaria (IMD) asciende a 20 000 vehículos/día y en 0,13 cuando la intensidad media diaria (IMD) equivale a 15 000 vehículos/día. La mayor contribución a los beneficios procede de los ahorros de tiempo de recorrido. El aumento en los costos de utilización de los vehículos y los costos medioambientales reducen el beneficio neto. Sin embargo, incluso si se asumiera que se pueden evitar los incrementos en dichos costos, los beneficios de las autopistas y autovías seguirían siendo menores que sus costos.

## 2.3 Circunvalaciones

La tasa de accidentes en el interior de las poblaciones y las ciudades es normalmente mayor que la tasa de accidentes en las áreas rurales. En el distrito central y de negocios de las ciudades coexisten a menudo, sobre la misma calle, peatones, ciclistas y vehículos a motor. Existen numerosas intersecciones y otros puntos por los que los peatones cruzan las vías. El alto volumen de tránsito en las ciudades provoca problemas medioambientales que se suman al mayor riesgo de accidentes.

Las vías en zonas urbanas tienen una tasa de accidentes que es entre 2 y 10 veces superior a la tasa de accidentes de las carreteras situadas en áreas rurales (Elvik y Muskaug, 1994). La tasa de accidentes es especialmente alta en las arterias urbanas y en las vías de acceso.

Las carreteras de circunvalación se construyen normalmente sin vías de acceso y se diseñan para un límite de velocidad de al menos 80km/h. Las conexiones con las vías existentes se realizan mediante cruces a nivel o intersecciones o mediante cruces a diferente nivel o enlaces con altas exigencias técnicas. Cuando las circunvalaciones rodean zonas edificadas pueden construirse rotondas para permitir la conexión con la red vial local.

Se ha elaborado un ejemplo numérico basado en datos recogidos en el estudio noruego más reciente sobre los efectos de las circunvalaciones (Amundsen y Hofset, 2000).

Se asume que la intensidad media diaria (IMD) antes de que se construyeran las circunvalaciones era de 4 525 vehículos. Tras la apertura de las nuevas circunvalaciones la intensidad media diaria bajó en las antiguas vialidades hasta 1 785 vehículos. La intensidad media diaria (IMD) en las circunvalaciones se estabilizó en 4 105 vehículos. El número de accidentes con víctimas se redujo en un 19% en promedio. Las carreteras de circunvalación tenían una longitud media de 4,3 kilómetros.

Los efectos de las carreteras de circunvalación sobre el tiempo de recorrido fueron estimados asumiendo una velocidad media, tanto antes como después, de 50km/h en la ciudad (en la antigua vialidad) y de 80km/h en las carreteras de circunvalación. La valoración del tiempo de recorrido, de los costos de funcionamiento y de los impactos medioambientales fue extraída de un análisis sobre las velocidades óptimas de circulación (Elvik, 2002).

Los beneficios totales de una carretera de circunvalación típica en Noruega se estimaron en 14 022 170 euros (valor presente). Los costos se estimaron en 13 649 900 euros. Los beneficios son ligeramente mayores que los costos, lo que indica que las circunvalaciones construidas en Noruega a lo largo de los últimos años han representado un pequeño beneficio neto para la sociedad.

## 2.4 Arterias urbanas

En numerosas ciudades y poblaciones de gran tamaño la red vial principal fue diseñada en su momento para un volumen de tránsito mucho menor que el soportado actualmente. Esto produce en la actualidad congestionamientos o, en el mejor de los casos, tránsito denso. Cuando la capacidad de la red vial principal es demasiado

pequeña, parte del tránsito se desvía hacia otras calles cuya función es actuar como vías colectoras o como vías de acceso y que, por ello, no están diseñadas para el tránsito de paso. El exceso de tránsito por zonas residenciales perjudica el entorno residencial, haciendo peligrosa e incómoda la permanencia de los residentes en las áreas abiertas, especialmente en el caso de niños y personas mayores.

Otras aspiraciones igualmente importantes cuando se construyen nuevas arterias urbanas son el aumento de la movilidad, la reducción del tiempo empleado en los desplazamientos, la reducción de los costos de funcionamiento de los vehículos, y la mejora general del entorno obtenida gracias a una reducción del ruido y la contaminación.

Las arterias urbanas o vías principales están diseñadas para canalizar el tránsito hacia y desde el centro de las ciudades o poblaciones. En este capítulo se analizan las siguientes medidas relacionadas con la oferta de arterias urbanas:

- ✓ Construcción de nuevas arterias
- ✓ Aumento de la capacidad de las arterias existentes
- ✓ Mejoras menores en las arterias existentes.

Los efectos a largo plazo de las nuevas arterias urbanas son complejos y difíciles de incluir en un análisis costo-beneficio. Dichos efectos a largo plazo incluyen el aumento de la superficie urbana, los cambios en la distribución modal de los desplazamientos, así como los cambios en las tasas de motorización (tasa expresada, por ejemplo, como número de vehículos por cada mil habitantes). Los impactos a corto plazo sobre el flujo de tránsito sí pueden, sin embargo, ser analizados en el marco convencional de un análisis costo-beneficio de proyectos de inversiones. Se han realizado diversos ejemplos numéricos basados en las experiencias noruegas recientes.

## **2.5 Canalización de intersecciones**

Aproximadamente el 40% de todos los accidentes de tránsito con daños personales que aparecen registrados en las estadísticas policiales en Noruega ocurren en intersecciones. El número de accidentes que suceden en los cruces es mayor en las zonas urbanas (58%) que en las zonas rurales, en donde dicho porcentaje equivale a 20% (Elvik y Muskaug, 1994). Las formas más comunes de accidentes en intersecciones son las colisiones fronto-laterales entre vehículos y los atropellos a peatones producidos cuando los vehículos giran hacia o desde otra carretera.

La canalización en intersecciones tiene por objetivo:

- ✓ Separar los flujos de tránsito entre sí y reducir con ello el área de conflicto entre las diferentes corrientes de tránsito
- ✓ Ofrecer una buena visibilidad en las intersecciones
- ✓ Definir patrones de conducción y señalar con claridad la vía con preferencia.

Descripción de la medida

Se puede realizar la siguiente distinción entre las diferentes formas de canalización:

1. **Canalización de una vía menor:** la canalización de una vía menor utiliza isletas o señalización horizontal en las vías menores que desembocan en las intersecciones
2. **Carriles de giro a la izquierda:** son carriles especiales para los vehículos que desean abandonar la vía principal en una intersección efectuando un giro a la izquierda. Un carril de giro de la izquierda puede delinarse utilizando bien isletas o bien marcas viales
3. **Carriles de giro a la derecha:** son carriles especiales para los vehículos que desean abandonar la vía principal en una intersección efectuando un giro a la derecha. Un carril de giro a la derecha puede delinarse utilizando conos, bolardos flexibles o marcas viales
4. **Carriles de adelantamiento:** son tramos de carril de mayor anchura diseñados para que los vehículos que desean continuar por la vía principal puedan rebasar a los vehículos que están detenidos esperando una oportunidad para girar a la izquierda con seguridad. Los carriles de adelantamiento son una alternativa a los carriles de giro a la izquierda
5. **Canalización completa:** conlleva la canalización de todas las vías que confluyen en una intersección, incluyendo tanto la canalización de la vía secundaria como los carriles de giro a la izquierda y, en determinados casos, los carriles de giro a la derecha. La canalización completa puede realizarse utilizando bien isletas o bien marcas viales.

Resulta difícil realizar un análisis costo-beneficio dada la gran incertidumbre sobre el efecto en los accidentes de la canalización de intersecciones.

Un ejemplo consiste en una canalización completa de un cruce de carreteras. Se asume que la intensidad media diaria (IMD) es de 5 000 vehículos y que la tasa de accidentes asciende a 0,20 siniestros con víctimas por cada millón de vehículos que llegan a la intersección. También se asume que el número de accidentes con víctimas se reduce en un 25%, mientras que el número de accidentes con daños exclusivamente materiales lo hace en un 12%. El beneficio en forma de ahorros de costos de accidentes es 203 786 euros. El costo de la medida es de 186 330 euros. La canalización completa de intersecciones también proporciona, en este caso, un beneficio mayor que su costo.

## 2.6 Rotondas

En las intersecciones muy transitadas, el tiempo de espera hasta poder cruzarlas puede ser muy importante. Esto puede provocar que algunos conductores terminen optando por internarse en los cruces con márgenes de seguridad muy pequeños. Los cruces frecuentes y las maniobras de giro pueden crear situaciones peligrosas y complicar la circulación general del tránsito. Alrededor del 40% de todos los accidentes incluidos en las estadísticas policiales suceden en las intersecciones.

Las rotondas pueden contribuir a mejorar la seguridad vial de las siguientes formas:

- ✓ Obligando a los usuarios que llegan a la rotonda a ceder el paso a los que ya circulan por su interior independientemente de la vía por la que se acercan y, por lo tanto, forzándoles a analizar con mayor cuidado el tránsito de la rotonda

- ✓ Todo el tránsito procede de la misma dirección. Los usuarios de las vías no tienen, como consecuencia de lo anterior, que evaluar al mismo tiempo el tránsito que se acerca por la derecha y por la izquierda hasta identificar un hueco que les permita entrar en la rotonda
- ✓ Las rotondas se construyen de modo que los conductores no puedan circular en línea recta a través de la intersección sino que deban rodear la isleta situada en el centro de la intersección. Esto reduce la velocidad

Una rotonda no es otra cosa que un cruce de carreteras en donde el tránsito describe una trayectoria circular. El tránsito que llega a la intersección es obligado a incorporarse a una vía circular en donde todos los vehículos se desplazan en sentido contrario a las agujas del reloj (en los países en donde se circula por la derecha) alrededor de una isleta central. El tránsito que se aproxima a la rotonda tiene normalmente que ceder el paso al tránsito que ya se encuentra circulando por la rotonda (prioridad interior).

Para las intersecciones con cuatro brazos, la intensidad media diaria (IMD) era de 10 432 vehículos, y la tasa media de accidentes 0,15 siniestros con víctimas por cada millón de vehículos que llegan a la intersección. Este valor de la tasa de accidentes es habitual en las intersecciones de cuatro ramas o brazos en Noruega. Los beneficios de transformar una intersección típica de cuatro brazos o vías en una rotonda fueron estimados en 1 142 824 euros; los costos fueron calculados en 516 505 euros.

## **2.7 Rediseño de intersecciones**

Las intersecciones antiguas construidas en terrenos difíciles pueden tener en ocasiones un diseño geométrico que no cumple con las normas técnicas más modernas. El ángulo entre carreteras puede reducir la visión y provocar que las maniobras simples de giro resulten difíciles. Los cambios de rasante y las pendientes acusadas pueden igualmente reducir la visibilidad y dificultar la parada o la reanudación de la marcha tras una detención.

Una causa muy frecuente de los accidentes de tránsito es que los usuarios de las vías no pueden verse entre ellos con el tiempo suficiente para evitar una colisión o que, simplemente, no llegan nunca a verse. El rediseño de las intersecciones tiene como objetivo mejorar las condiciones de visibilidad en las intersecciones, simplificando los giros y aumentando la visibilidad de todos los usuarios de la vía que se aproximan a la intersección.

El rediseño de las intersecciones incluye:

- ✓ Cambios en el ángulo entre carreteras o calles
- ✓ Cambios en las pendientes de las carreteras que se aproximan al cruce
- ✓ Medidas para mejorar la distancia de visibilidad en las intersecciones.

Estas medidas son implementadas muy frecuentemente al mismo tiempo que otras actuaciones de canalización de intersecciones u otros tipos de medidas.

Se ha realizado un ejemplo numérico para una intersección en forma de T con un tránsito de 5 000 vehículos por día y con una tasa de accidentes de 0,10 siniestros con

víctimas por millón de vehículos que se aproximan a la intersección. Si el número de accidentes con víctimas se reduce en un 5% y el número de accidentes con daños únicamente materiales en un 15%, los ahorros en costos de accidentes (valor presente) serían de 62 080 euros. Si el costo de la medida supera dicha cantidad, no resultará costo-efectiva desde un punto de vista económico.

## **2.8 Reconstrucción, rehabilitación y reasfaltado de carreteras**

Las carreteras estrechas con curvas frecuentes hacen más compleja la conducción y ofrecen a los conductores, en situaciones críticas, márgenes de seguridad menores que las carreteras más anchas y de trazado más recto.

La reconstrucción, rehabilitación y reasfaltado de las carreteras en servicio pretenden adaptar dichas vías al diseño y a la tipología de los elementos de control del tránsito que se exigen en las normativas de diseño y trazado más actuales. Ello contribuye a corregir situaciones peligrosas que pueden relacionarse con el trazado de la vía, así como a mejorar la movilidad sobre la carretera.

La reconstrucción, rehabilitación y reasfaltado de las carreteras consiste en modificar las carreteras existentes y mejorar sus parámetros técnicos hasta el punto que cumplan con las normas de diseño más recientes o con otras mejoras que pueden afectar tanto a la sección transversal del calzada como a su trazado o alineación. Cuando se llevan a cabo mejoras generales en una carretera es posible que se modifique también la superficie de la calzada y que se sustituya determinado equipamiento vial, como por ejemplo los guardarrieles (barrera de contención metálica) o las señales de tránsito.

Un análisis costo-beneficio de las mejoras generales en las carreteras nacionales, basado en datos correspondientes a las medidas implementadas en 1986, dejó patente que la relación beneficio-costos de una medida tenía un valor de aproximadamente 0,5 (Elvik, 1993). Las carreteras incluidas en el estudio tenían una intensidad media diaria (IMD) de 1 500 vehículos, y una tasa de accidentes de 0,43 siniestros con víctimas por millón de vehículo-kilómetros.

Un trabajo e recopilación de la información sobre proyectos de inversiones realizados en el marco del plan de carreteras del periodo 1990-1993 (Elvik, 1992), información contenida en la base de datos de proyectos de la Administración Noruega de Carreteras, indicó que dicha administración había evaluado la relación media beneficio-costos de las mejoras generales de las vías en dicho plan de carreteras en alrededor de 1,0.

## **2.9 Repavimentado periódico de carreteras**

El tránsito, las condiciones climatológicas y aquellas relativas al terreno exponen a la superficie de la carretera a un considerable desgaste y deterioro. Los baches, las grietas y las irregularidades en la superficie de la carretera reducen la comodidad de conducción y pueden llegar a constituir un peligro para el tránsito. La acumulación de agua en los baches en la superficie de rodadura incrementa el peligro de hidroplaneo. Los baches y las grietas pueden contribuir a desviar la trayectoria de los vehículos a

motor. Los agujeros de mayor tamaño en la superficie de la carretera pueden provocar daños en los vehículos y provocar que los conductores pierdan totalmente el control de éstos.

La renovación de la superficie de la carretera (su reasfaltado o repavimentado) tiene como objetivo eliminar las irregularidades peligrosas o los desperfectos debidos al uso y desgaste de dicha superficie.

El repavimentado ordinario o periódico de carreteras se refiere a la sustitución de las superficies o capas de rodadura existentes por otras nuevas, por ejemplo mediante el reasfaltado. El asfaltado de las carreteras de tierra también se incluye aquí como uno de los tipos de renovación de las superficies de la vía.

La renovación de las superficies asfálticas se efectúa como parte del mantenimiento ordinario de las vías. La superficie de la calzada se renueva más a menudo en las carreteras que soportan un mayor volumen de tránsito. Se ha elaborado un ejemplo numérico para mostrar los costos y beneficios que pueden derivarse de la renovación de la superficie de la carretera. Se considera una tasa de 0,40 accidentes con lesiones por millón de vehículos-kilómetros en las carreteras con una intensidad media diaria de 7 000 vehículos (zonas altamente pobladas). Se asume que tanto los accidentes con víctimas como los siniestros con daños exclusivamente materiales aumentan en un 3% en el año siguiente al reasfaltado. La velocidad media se asume que aumenta desde 47km/h hasta 50km/h en las áreas densamente habitadas. Se considera que los costos de funcionamiento de los vehículos se reducen en 0,0037 euros por kilómetro recorrido.

Los cálculos reflejan un aumento en los costos de accidentes de aproximadamente 12 422 euros por km de carretera. Los costos por tiempo de recorrido se reducen en aproximadamente 40,371 euros por cada kilómetro de carretera, mientras que los costos de funcionamiento de los vehículos disminuyen en aproximadamente 9 316 euros por km de vía. Los beneficios totales ascienden a aproximadamente 37 266 euros, y los costos totales a alrededor de 9 316 euros.

## **2.10 Corrección y mejora de señales de tránsito**

Un estudio de 731 señales de tránsito situadas en ocho tramos de carreteras en Noruega (Ragnoy, Vaa y Nilsen, 1990) encontró que había defectos en el 60% de dichas señales. Se distinguió entre los siguientes tipos de defectos (el porcentaje correspondiente de defectos se indica entre paréntesis):

1. Error de ubicación: las señales estaban situadas de modo que no eran fácilmente visibles, que no tenían la altura correcta, o se encontraban demasiado cerca de otras señales (30%)
2. Fallo de diseño: la señal era de tamaño inadecuado, contenía el texto incorrecto o el color equivocado (27%)
3. Error de repetición: la señal se encontraba erróneamente ubicada en relación con la intersección o con otras señales cuyos mensajes reforzaba (4%)
4. Ausencia de correspondencia con la señalización horizontal (marcas viales): la señal vertical no se correspondía con la señal horizontal o marca vial (2%)

5. Ausencia de señales: las recomendaciones de señalización indicaban que debía existir una señal, y en la práctica no la había (9%).

Los estudios similares realizados en otros países nórdicos (Vaa et al., 1990; Muskaug, 1995) muestran la existencia de defectos en el 45% de las señales de circulación en Finlandia, en el 15% de todas las señales de tránsito en Dinamarca, y en el 14% de todas las señales de Suecia.

Las normas noruegas en relación con el uso de señales de circulación incluidas en el Manual 050 de la Administración Noruega de Carreteras (Statens vegvesen, 1987) ofrecen pautas generales sobre el diseño, la ubicación y el uso de cada una de las señales de tránsito. Cada año se sustituyen miles de señales de tránsito situadas a lo largo de las vías públicas en Noruega como parte de las labores de mantenimiento de las carreteras. Las señales se lavan varias veces al año, al menos en las carreteras que soportan más tránsito.

A partir de la información aportada hasta este momento se puede elaborar un ejemplo numérico que indique los posibles efectos de esta medida.

Se ha asumido que la corrección de las señales de tránsito incorrectas puede llevarse a cabo con un costo de 1 242 euros por kilómetro de carretera. Se considera que la medida se implementa en una carretera nacional urbana con una intensidad media diaria (IMD) de 6 000 vehículos, y con 0,40 accidentes con víctimas por cada millón de vehículo-kilómetro. El número de accidentes con lesiones se considera que se reduce en un 15% y el número de accidentes con daños exclusivamente materiales en un 7%. El efecto de la medida se estima que tiene una duración de 5 años.

El beneficio será de aproximadamente 154 057 euros por kilómetro de vía, lo cual supera en más de 100 veces el costo de la medida.

## 2.11 Señales de alto en las intersecciones

Uno de los errores más comúnmente asociados a los accidentes de tránsito es no percibir a tiempo la presencia de otros usuarios de las vías o, frecuentemente, no llegar nunca a percatarse de dicha presencia (Englund, 1978). El diseño de una intersección, la visibilidad, el volumen de tránsito y el comportamiento de los usuarios de las vías constituyen algunos de los factores que influyen sobre la probabilidad de que los usuarios de las vías se percaten de la presencia de otros usuarios con tiempo suficiente como para evitar, en caso de presentarse una situación de conflicto, un accidente. Las dudas sobre quién debe ceder el paso en una intersección pueden también provocar accidentes.

Las señales de ALTO situadas en las intersecciones tienen como objetivo reducir los accidentes al dar a los usuarios de las vías más tiempo para observar el tránsito antes de internarse en una intersección o cruce.

El uso de las señales de ALTO en las intersecciones tiene dos versiones: ALTO en una de las vías (en la vía secundaria) o ALTO en todas las vías. Las señales de ALTO en una de las vías se instalan en la carretera o calle menos importante. La expresión ~~Señal~~ de ALTO en todas las vías+significa que se instalan señales de ALTO en todas las calles o carreteras que desembocan en la intersección. Cuando una intersección

está regulada por un ALTO en todas las vías, el conductor que llega antes al cruce y se detiene ante la señal es quien goza de la preferencia de paso. Cuando se instala una señal de ALTO en una vía de los vehículos procedentes de ésta deben esperar hasta que exista el espacio suficiente en la corriente de vehículos que circula por la vía principal como para internarse en ésta con seguridad.

Se ha elaborado un ejemplo numérico con objeto de mostrar los posibles costos y beneficios asociados al uso de señales de ALTO en intersecciones. Este ejemplo se refiere a señales de ALTO en la vía secundaria en una intersección de tres brazos situada en el entorno rural.

En el primer caso se ha asumido que hasta la intersección llega un tránsito medio diario de 5 000 vehículos, de los cuales el 20% lo hace procedente de la vía secundaria. La tasa de accidentes se estima en 0,10 siniestros con lesiones por cada millón de vehículos que entran a la intersección. El número de accidentes con víctimas se asume que se ve reducido en un 20% tras la introducción de las señales de ALTO. Los vehículos que proceden de la vía secundaria sufren un retraso medio de 5 segundos. Las emisiones adicionales de contaminantes aéreos se estima que representan un costo de 0,0062 euros por cada vehículo que entra en la intersección desde la vía secundaria.

Bajo esta hipótesis el valor presente de la reducción en costos de accidentes asciende a 85 808 euros. Los costos adicionales por aumento de tiempo de desplazamiento se estiman en 45 391 euros, mientras que los costos adicionales por contaminación aérea se valoran en 15 918 euros. Los beneficios totales son de 25 485 euros. Un costo de 3 729 euros por intersección se considera una estimación razonable.

## **2.12 Cruces de peatones semaforizados**

El cruce de una calle a mitad de manzana puede ser complejo, especialmente en el caso de los niños y las personas mayores. Estos grupos de población se enfrentan a mayores problemas a la hora de atravesar las vías públicas. Las estadísticas oficiales de accidentes en Noruega muestran que aproximadamente el 70% de los atropellos a peatones ocurren cuando éstos intentaban cruzar la calzada.

La construcción de un paso de peatones no siempre proporciona suficiente seguridad para los peatones que cruzan la vía. Los conductores no respetan siempre la preferencia de paso de los peatones que cruzan la calle o la carretera utilizando los pasos de peatones señalizados (Amundsen et al., 1976; Muskaug et al., 1979).

En los cruces de peatones se pueden instalar semáforos cuyas fases cambian automáticamente, o con los que cuentan con pulsadores activados por los peatones para que la luz de peatones cambie a verde. La experiencia muestra cómo estos pulsadores son poco utilizados (Dahlen y Toftenes, 1979).

Se ha elaborado un ejemplo numérico para mostrar los costos y los beneficios de los cruces de peatones semaforizados. Se ha asumido que el cruce de peatones tiene una intensidad media diaria de 15 000 vehículos y un tránsito diario de 5 000 peatones. Con luz natural (ocho horas) se estima que el tránsito horario de vehículos asciende a 1 000 vehículos, y el tránsito horario de peatones a 400 peatones. En el cruce se estima que

sucedan 0,05 atropellos de peatones por cada millón de vehículos. El número de atropellos a peatones se espera que se reduzca en un 12% y el número de accidentes entre vehículos en un 2%. El retraso medio esperado para el periodo total de 24 horas se estima en menos de 3 segundos para cada peatón y para cada vehículo.

Los ahorros en costos de accidentes se estiman en aproximadamente 111 924 euros. El aumento en los costos por tiempo de desplazamiento se estima en aproximadamente 882 530 euros. El beneficio total es negativo: -770 660 euros. Estos cálculos no incluyen la valoración económica de la sensación de mayor seguridad entre los peatones.

## 2.13 Límites de velocidad

Son muchos los conductores que se crean expectativas poco realistas sobre su capacidad para controlar su vehículo a velocidades superiores a las indicadas por los límites de velocidad. Esto es particularmente frecuente en el caso de los conductores jóvenes y poco experimentados, quienes son propensos a sobrevalorar sus aptitudes y a subestimar los riesgos del tránsito (Johansson, 1982; Spolander, 1983; Rumar, 1985). Si los conductores de vehículos eligieran su propia velocidad de circulación, muchos de ellos escogerían probablemente una velocidad muy superior a la velocidad de circulación real en la actualidad.

En la práctica, y bajo las mismas condiciones externas, existen grandes diferencias en la velocidad a la que cada conductor circula. Los conductores que escogen una velocidad muy diferente a una velocidad media del tránsito están más frecuentemente implicados en accidentes que los conductores que circulan a una velocidad próxima a la velocidad media (Solomon, 1964; Munden, 1967; Cirillo, 1968). Las altas velocidades y las variaciones grandes en la velocidad de los diferentes vehículos aumentan la probabilidad de accidente y el riesgo de lesiones graves al crecer las exigencias de atención (observación del entorno) y de reacción de los usuarios de las vías.

Desde los años 1930 y hasta aproximadamente 1970 en la mayoría de los países europeos la velocidad era libre bien en toda la red vial o bien en una parte de ésta. Sin embargo, a partir de 1970-1975 empezaron a proliferar los límites de velocidad genéricos en la red vial principal.

Noruega ha tenido límites generales de velocidad en toda la red vial desde 1912. Los límites fueron aumentando gradualmente hasta 1965 (Samferdselsdepartamentet, 1978).

### *Principios para la determinación de los límites de velocidad.*

Los límites de velocidad pueden ser fijados atendiendo a diferentes principios. En el ámbito internacional, se han debatido tres principios (Nilsson y Roosmark, 1976; Jorgensen et al., 1985):

1. Adaptación del límite de velocidad a los niveles de velocidad reales, medidos por ejemplo en términos del percentil 85 (la velocidad por debajo de la cual circula el 85% de los vehículos), o en término de velocidad media

2. Variación del límite de velocidad en función de las características técnicas según las cuales fue construida la carretera, por ejemplo la geometría del trazado o el número de vías privadas de acceso por kilómetro de carretera. Las carreteras con buena geometría o escasos accesos privados se asume que tienen límites de velocidad superiores a los correspondientes a carreteras con geometría deficiente o con numerosos accesos a propiedades privadas
3. Elección del límite de velocidad de modo que los costos soportados por la sociedad como consecuencia del tránsito resulten minimizados. Dichos costos sociales se calculan como suma de los costos de accidentes, los costos por tiempo de desplazamiento, los costos de funcionamiento de los vehículos, los costos medioambientales y los costos de mantenimiento de la vía.

## **2.14 Marcas viales y balizamiento**

Si se tiene como objetivo ofrecer las condiciones necesarias para una conducción segura y cómoda, los conductores deben contar con suficientes puntos de referencia alrededor de su vehículo, así como también delante de éste (según su dirección de circulación). Sobre todo en la oscuridad, pero también en cualquier otra condición crítica de visibilidad (por ejemplo en caso de niebla), dichos puntos de referencia son esenciales para distinguir la carretera de su entorno. Las marcas viales tienen como objetivo, entre otros, ofrecer a los conductores puntos de referencia para poderse ubicar en relación con la vía y su trazo. Los objetivos de las marcas viales son:

1. Guiar al tránsito a lo largo del trazado de la calzada y delinear la carretera sobre el entorno
2. Avisar a los usuarios de las vías sobre condiciones específicas o peligrosas relativas al trazado de la vía
3. Regular el tránsito, por ejemplo reservando ciertas partes de la vía para ciertos grupos de usuarios (por ejemplo para el transporte público) o permitiendo o restringiendo los adelantamientos o los cambios de carril
4. Completar y reforzar la información ofrecida por medio de otras señales de tránsito.

El término marca vial incluye las siguientes medidas:

- ✓ Líneas longitudinales en la superficie de la vía realizadas con pintura plástica o retrorreflectante
- ✓ Bandas sonoras longitudinales (líneas separadoras entre carriles o entre carril y arcén)
- ✓ Señalización de carriles de giro a la izquierda bidireccionales
- ✓ Marcas viales anunciando pavimentos elevados
- ✓ Postes, hitos o balizas de delineación
- ✓ Marcas para ayudar a mantener la distancia de seguridad en autopista y autovías
- ✓ Combinación de diferentes tipos de señales de tránsito, incluyendo las propias marcas viales junto con otras medidas.

Se ha elaborado un análisis costo beneficio para mostrar los costos y los beneficios de las bandas o líneas sonoras longitudinales instaladas entre el carril y el arcén de la carretera.

Se considera que la carretera tiene una intensidad media diaria 2 000 vehículos, y una tasa de siniestros de 0,10 accidentes por salida de vía por cada millón de vehículo-kilómetros. Las bandas sonoras longitudinales se estima que reducen el número de accidentes por salida de vía en un 30%. El efecto se asume que permanece durante 5 años. Se estima que la instalación de bandas sonoras longitudinales (en ambos sentidos de circulación) en 1 kilómetro de carretera cuesta 10 568 euros.

La reducción en los costos de accidentes por kilómetro de carretera se estima en 30 709 euros (valor presente a lo largo de cinco años). Este valor excede claramente el costo de la medida. El ejemplo muestra cómo las marcas viales pueden ser claramente costo-efectivas incluso cuando el efecto sobre el número de accidentes sea relativamente limitado, por ejemplo una reducción aproximada del número de accidentes entre 2 y 5%.

## 2.15 Calles de sentido único

Las calles de las ciudades son a menudo estrechas o tienen vehículos aparcados junto a las aceras. Cuando existe tránsito en ambos sentidos las velocidades deben mantenerse en niveles reducidos y, a pesar de ello, los vehículos tienen que frenar a menudo cuando los conflictos o los puntos de ceda el paso son abundantes. Todo ello afecta considerablemente al flujo de la circulación.

Desde el punto de vista de los peatones, la situación se complica cuando el tránsito de vehículos a motor procede de varias direcciones diferentes, particularmente en las intersecciones más utilizadas por los peatones para cruzar. Los ciclistas también encuentran más dificultades para cruzar la vía en estas condiciones.

Las calles de sentido único se señalizan instalando señales de **vía de sentido único** al inicio de la vía. La señal muestra una flecha indicando el sentido de circulación. En el otro extremo de la vía se instala una señal de **prohibido el paso**. Las calles de sentido único se introducen a menudo con ocasión de los planes de reclasificación de calles o en áreas en donde se implantan esquemas de calmado zonal del tránsito.

Los costos y los beneficios de las calles de sentido único pueden ilustrarse con un ejemplo numérico. Considerado que dos vías colectoras urbanas se convierten en calles de sentido único. Se estima que cada una tiene una intensidad media diaria de 1 500 vehículos, y una tasa de accidentes de 0,6 siniestros con lesiones por cada millón de vehículo-kilómetros. Para estas dos calles se estima que la cantidad de kilómetros recorridos aumenta en un 20% y el riesgo por kilómetro recorrido se reduce en un 20%. También se asume que la velocidad aumenta desde los 30km/h hasta los 35km/h. Se considera cada calle con una longitud de un kilómetro. La vida útil de ésta medida se fija en 10 años.

Bajo esta hipótesis, los ahorros en costos de accidentes se calculan en aproximadamente 55 948 euros. Los ahorros en costos por tiempo de recorrido se estiman en alrededor de 273 526 euros. El aumento en los costos de funcionamiento de

los vehículos se estima en 85 787 euros. El beneficio total estimado asciende a aproximadamente 243 686 euros. El costo de la medida se valora en alrededor de 7 461 euros. Esta cantidad corresponde a la instalación de aproximadamente 25 señales de tránsito (12,5 señales por kilómetro de vía) el beneficio es claramente mayor que el costo.

## **2.16 Profundidad del dibujo del neumático**

Durante el periodo 1990-1993 el 22% de todos los accidentes con lesiones registrados por la policía en Noruega ocurrieron sobre carreteras limpias pero mojadas (Vaa, 1995). Diversos estudios (Satterthwaite, 1976; Ivey, Griffin, Newton y Lytton, 1981; Brodsky y Hakkert, 1988; Ragnoy, 1989) muestra cómo la tasa de accidentes es mayor en carreteras mojadas que sobre firme seco

Diversos factores contribuyen a explicar el motivo por el que la tasa de accidentes es superior en carreteras mojadas que sobre calzada seca. El agua de la calzada levantada por los vehículos a su paso contribuye a reducir la visibilidad. Las escobillas desgastadas de los limpiaparabrisas pueden agravar este problema. Uno de los factores más importantes relacionados con la adherencia de la vía en condiciones de lluvia es la profundidad del dibujo del neumático. Los surcos o canales en el dibujo de un neumático de automóvil están diseñados para desalojar el agua que se acumula entre la calzada y el neumático a medida que avanza el vehículo, de modo que se mantenga la necesaria adherencia (contacto) vehículo-calzada. Cuando el dibujo se desgasta, los canales reducen su tamaño y, como resultado, su capacidad para desalojar el agua se ve mermada. Esto puede aumentar el riesgo de hidroplaneo, fenómeno que se produce cuando se forma una lámina de agua entre el neumático y la superficie de la carretera.

La profundidad mínima del dibujo del neumático forma parte de las normativas sobre condiciones y características de los vehículos. Actualmente se aplican en Noruega los siguientes requisitos mínimos:

- ✓ En el caso de los automóviles y los remolques con un peso total de hasta 3,5 toneladas, la profundidad mínima del dibujo de los neumáticos a lo largo de todo el ancho y circunferencia debe ser superior a 1,6 milímetros
- ✓ En el caso de los vehículos con un peso total superior a 3,5 toneladas y en el caso de las motocicletas, la profundidad mínima a lo largo de todo el ancho y circunferencia del dibujo debe ser superior a 1,0 milímetros
- ✓ En el caso de los neumáticos de invierno, el valor mínimo de profundidad del dibujo es 3mm.

Si el requisito mínimo de profundidad del dibujo de los neumáticos se elevara hasta los 3 milímetros se estima que, como máximo, un 5% de los neumáticos de automóvil actualmente en uso en Noruega pasarían a considerarse ilegales. Dichos neumáticos deberían ser sustituidos inmediatamente.

La sustitución del 5% de todos los neumáticos de los automóviles y vehículos de mercancías noruegos que sería precisa tras la introducción de una legislación que fijara en 3mm la profundidad mínima del dibujo del neumático costaría aproximadamente

29 844 000 euros (gasto realizado una única vez). Considerando que los vehículos con neumáticos nuevos están implicados en un 10% menos de accidentes, esto prevendría aproximadamente 40 siniestros con lesiones durante el primer año tras la introducción de la nueva medida. La reducción en los costos de accidentes sería de aproximadamente 9 948 000 euros, cantidad que es menor que el costo de la medida.

## 2.17 Frenos antibloqueo (ABS) y frenos de disco

Muchos accidentes ocurren cuando el conductor pierde el control de su vehículo durante una frenada. Una causa importante de dicha pérdida de control es el bloqueo de una o varias ruedas durante la frenada. Cuando las ruedas se bloquean se produce inmediatamente una pérdida de la estabilidad direccional y de la maniobrabilidad del vehículo. Las estadísticas oficiales británicas muestran que se produce un bloqueo de las ruedas en el 14% de todos los accidentes con lesiones en los que están implicados automóviles de turismo (Grime, 1987). El bloqueo de las ruedas en las curvas implica que el vehículo queda bajo la acción de las fuerzas centrífugas únicamente, lo que puede resultar en una salida de vía o en una colisión.

El objetivo de los frenos anti-bloqueo es liberar al conductor de la difícil tarea de dosificar de manera óptima la presión de frenado y prevenir que las ruedas se bloqueen, de modo que se mantenga la estabilidad y el control direccional del vehículo en situaciones críticas.

Un sistema ABS es un sistema con regulación en bucle cerrado de la presión en el interior del circuito de frenos. En su forma más sencilla el sistema estaría diseñado para regular la frenada en una única rueda y consistiría en los siguientes componentes básicos (Karlsen, 1989):

- ✓ Un sensor que detecta el estado rotacional de la rueda: velocidad y aceleración o deceleración angular o de giro.
- ✓ Una unidad de control que recibe y procesa la información del sensor y genera las señales de control.
- ✓ Una válvula en el circuito de frenos responde a las señales procedentes de la unidad de control y regula o dosifica la presión de frenado para evitar el bloqueo de los frenos y para, al mismo tiempo, proporcionar la frenada más intensa posible. Y todo ello con flexibilidad suficiente para garantizar la maniobrabilidad del vehículo.

Los frenos ABS están disponibles en varias versiones: aquella que funciona únicamente en las ruedas delanteras, la que lo hace únicamente en las ruedas posteriores y la que actúa sobre las cuatro ruedas (Robinson y Duffin, 1993; Kahane, 1993).

No se ha encontrado ningún análisis costo-beneficio de los frenos ABS. Por este motivo se ha elaborado un ejemplo numérico para ilustrar sus costos y beneficios. En el caso de un automóvil con un kilometraje medio anual, el número de accidentes con lesiones registrado por la policía se estima en alrededor de 0,0058 accidentes por vehículo y por año. Se ha asumido que los frenos ABS reducen esta cifra en un 5%, es decir, previenen 0,00029 accidentes por vehículo al año. Esto corresponde aproximadamente 42,27 euros en ahorros de costos de accidentes al año. Por otra parte, se estima que los frenos ABS reducen el número de accidentes con daños materiales en

aproximadamente un 3%. Esto representa un ahorro de alrededor de 3,73 euros por vehículo y por año en concepto de pagos por indemnizaciones de daños. El costo de los frenos ABS considerándolo como una anualidad a lo largo de una vida útil del vehículo de 15 años equivale a 68,37 euros. El beneficio asciende a aproximadamente 46 euros. Esto da como resultado una relación beneficio-costos de alrededor de 0,7.

## **2.18 Dirección, suspensión y estabilidad del vehículo**

Las estadísticas oficiales de accidentes noruegas no especifican el tipo de maniobra que se estaba realizando inmediatamente antes de suceder un accidente. El número de accidentes por vuelco tampoco se incluye en dichas estadísticas. Sin embargo los vuelcos si que se codifican en las estadísticas oficiales en los EE.UU. El porcentaje de accidentes por vuelco en los EE.UU. es del 2.2% en el caso de los accidentes con daños exclusivamente materiales, del 3,8% en el caso de los siniestros con lesiones, y del 11% en el caso de los accidentes mortales (National Highway Traffic Safety Administration, 1995). Estas cifras muestran cómo el vuelco incrementa notablemente la gravedad de un accidente. Los vuelcos aumentan la probabilidad de salir despedido fuera del vehículo o de resultar lesionado como consecuencia de contactos con el interior del vehículo, por ejemplo cuando el techo de éste se deforma reduciéndose el espacio de supervivencia.

La dirección, la suspensión y la estabilidad del vehículo en su conjunto deben ser diseñadas de modo que sea posible realizar todas las maniobras normales y también todas las maniobras críticas imaginables sin que se produzca una pérdida de control del vehículo. La dirección, la suspensión y estabilidad del vehículo deben también diseñarse de modo que la probabilidad de accidente producido por fallos en la fabricación, por el desgaste o el deterioro, por el diseño del vehículo o por el comportamiento del conductor sea lo más reducido posible.

En esta sección se describe el efecto sobre los accidentes de las siguientes características de la dirección, la suspensión y la estabilidad de los vehículos:

1. Holguras en la dirección
2. Dirección a las cuatro ruedas
3. Holguras en la suspensión
4. Relación entre la vía del vehículo (distancia entre las ruedas de un mismo eje) y su centro de gravedad (índice de estabilidad)
5. Mamparas rompeolas separadores en cisternas.

Utilizando técnicas de regresión, en los Estados Unidos se ha sugerido que la mejora de la estabilidad estática de los vehículos en un 10% podría reducir el número de accidentes mortales por vuelco en aproximadamente 9 siniestros por cada 100 000 vehículos matriculados (Robertson, 1989). Sin embargo, los costos de tales mejoras en la estabilidad estática se desconocen. La relación costo-beneficio, por lo tanto, no puede calcularse en este caso.

## **2.19 Cinturones de seguridad en vehículos ligeros**

Los cinturones de seguridad protegen a los ocupantes de automóviles frente a colisiones contra el interior del vehículo, al mismo tiempo que los mantienen en sus asientos en caso de accidente. Cuando se produce una colisión, los ocupantes de los vehículos que no utilizan los cinturones de seguridad continúan moviéndose a la misma velocidad a la que se estaba desplazando el vehículo antes de la colisión, para terminar bien golpeando el interior del vehículo o bien saliendo despedidos fuera de él. La eyección de los ocupantes fuera del vehículo incrementa considerablemente la probabilidad de sufrir lesiones personales de gravedad (Partyka, 1979; Grime, 1987; Harms, 1992).

Se ha demostrado la dificultad de conseguir de modo permanente altas tasas de uso de los cinturones de seguridad sin hacer obligatoria su utilización. En Noruega la introducción del uso obligatorio del cinturón de seguridad en los asientos delanteros de los vehículos ligeros en el año 1975 estuvo asociada a un incremento en la tasa de su utilización desde el 17% hasta el 33% en las ciudades, y desde el 47% hasta el 62% en áreas rurales. Con anterioridad a 1979 no se sancionaba la infracción a esta norma. La introducción de sanciones (multas) por no usar el cinturón de seguridad tuvo lugar en 1979 y conllevó un aumento en la tasa de uso desde el 35% hasta el 75% en las ciudades y desde el 65% hasta el 90% en las áreas rurales.

Los vehículos nuevos y las furgonetas deben ser equipados con cinturones de seguridad de tres puntos homologados en todas las plazas. Los cinturones de seguridad de dos puntos (cinturón con banda pélvica) pueden ser utilizados únicamente en la plaza central del asiento trasero o en cualquier otro asiento donde resulte imposible la instalación de cinturones de seguridad de tres puntos. La cinta del cinturón de seguridad debe recogerse de modo automático (cinturón denominado retractable), lo que equivale a decir que se debe ajustar de modo automático de modo que siempre quede correctamente situado sobre el cuerpo del ocupante (Fosser, Vaa y Torp, 1992).

Para ilustrar los costos y los beneficios de la utilización de los cinturones de seguridad en Noruega y en la actualidad se ha elaborado un ejemplo numérico. Se ha asumido que un automóvil privado recorre 200 000 kilómetros a lo largo de su vida útil (15 años). El riesgo de lesión puede estimarse (Bjornskau, 1993) en aproximadamente 0,32 lesiones por millón de kilómetros recorridos por los conductores y alrededor de 0,27 lesiones por millón de persona-kilómetros recorridos por los pasajeros. Estas cifras corresponden a una situación en donde se da un 60-80% de uso de los cinturones de seguridad. Se estima, por tanto, que el riesgo de lesión si los cinturones no se utilizaran ascendería a 0,40 lesiones por millón de kilómetros recorridos por los conductores y a 0,35 lesiones por millón de persona-kilómetros recorridos por los pasajeros. El número esperado de personas lesionadas a lo largo de la vida útil de un vehículo puede estimarse a partir de lo anterior en 0,08 en el caso de los conductores, 0,04 en el caso de los pasajeros delanteros, y 0,02 en el de los ocupantes traseros.

Los beneficios de la utilización de los cinturones de seguridad a lo largo de toda la vida útil de un vehículo se calculan en 2 361 euros en el caso de los conductores (valor presente correspondiente a 15 años de vida útil del vehículo, considerando un 7% como tasa de interés). Los costos de instalación de los cinturones de seguridad en los asientos de los conductores ascienden aproximadamente a 74,57 euros. El beneficio correspondiente a los pasajeros delanteros se calcula en 994 euros y su costo en 74,57

euros. En el caso de los ocupantes traseros, el beneficio calculado es de cerca de 248 euros y su costo 186 euros.

## **2.20 Bolsas de aire en automóviles**

El uso de los cinturones de seguridad reduce las lesiones que se producen como consecuencia de los siniestros de circulación, pero no consigue proteger totalmente a los ocupantes frente a todos los tipos de lesiones. Por ejemplo, un cinturón de seguridad no puede evitar en todas las colisiones que las rodillas de los conductores impacten contra la columna de dirección o contra la parte inferior del salpicadero. Los cinturones de seguridad tampoco sujetan la cabeza en caso de accidente, por lo que no puede evitar en la totalidad de los siniestros que la cabeza golpee el volante, el panel de instrumentos o, en caso extremos, incluso el parabrisas delantero.

Las bolsas de aire, cuando se usan en combinación con los cinturones de seguridad, están diseñados para ofrecer a los conductores y a los ocupantes de los asientos delanteros de los automóviles una mejor protección frente a lesiones en caso de accidente.

Una bolsa de aire consiste en una bolsa plegada que se infla cuando se produce una colisión. En los impactos frontales los sensores instalados en la carrocería del vehículo provocan de modo instantáneo el inflado de las bolsas de aire. Dicho inflado se realiza en un tiempo máximo de 5/100 segundos (Fosser, Vaa y Topr, 1992). Tras aproximadamente 5/10 segundos, la bolsa de aire comienza a desinflarse. Las bolsas de aire han sido desarrolladas originalmente para conductores y pasajeros delanteros. En el lado del conductor, la bolsa de aire se instala normalmente en el volante de dirección, mientras que en el lado del pasajero delantero se suele instalar cerca de la guantera. Se han diseñado también bolsas de aire para impactos laterales. Éstas se instalan en las puertas o en los laterales de los asientos. Las bolsas de aire para conductor son, por el momento, los más habituales.

En 1995, las estadísticas oficiales noruegas de accidentes contabilizaron 1 248 conductores de automóviles de turismo fallecidos o lesionados en impactos frontales (Statistisk sentralbyrå, 1995). En 1995, existía aproximadamente 2 millones de vehículos en Noruega, de los cuales aproximadamente 1,66 millones eran automóviles de turismo. El número esperado de conductores lesionados en impactos frontales por año y por vehículo es, por lo tanto, aproximadamente 0,00063. Una reducción del 25% en esta cifra representaría 0,00016 lesiones prevenidas por vehículo y por año. El beneficio de esto alcanza alrededor de 42,88 euros por automóvil y por año. El costo de una bolsa de aire, calculado como una anualidad (15 años, 7% de interés) es de alrededor de 68,35 euros por vehículo y por año. El beneficio de las lesiones prevenidas es menor que el costo. Esto es válido tanto para el asiento del pasajero delantero como para el asiento del conductor, dado que el asiento del pasajero delantero se utiliza en menos ocasiones que el asiento del conductor.

## **2.21 Inspecciones periódicas de vehículos a motor**

Como resultado del uso normal, muchos de los componentes de los vehículos a motor están expuestos a un desgaste y un deterioro que pueden eventualmente degenerar un

grave defecto técnico. La mayoría de los conductores no disponen de la experiencia ni de los conocimientos necesarios para detectar en sus vehículos la mayoría de las averías, excepto aquellos que sean muy graves o excepto aquellos defectos que resulten obvios. En muchos sentidos, los vehículos modernos son mucho más difíciles de inspeccionar y de ser reparados por sus propietarios que los vehículos de hace 30-40 años.

Las inspecciones de vehículos a pie de carretera muestran cómo los vehículos más antiguos padecen más defectos técnicos que los vehículos más recientes. A esta conclusión llega un estudio noruego sobre las condiciones técnicas de los automóviles de turismo (Fosser y Ragnoy, 1991).

Las inspecciones periódicas de los vehículos a motor tienen como objetivo prevenir aquellos accidentes debidos a defectos técnicos o mecánicos en los vehículos, mediante la detección de los mismos y la puesta en marcha de mecanismos para garantizar que sean reparados. Estos mecanismos pueden incluir la prohibición de circular los vehículos en los que se han encontrado defectos graves.

La inspección técnica periódica de vehículos a motor se lleva a cabo mediante revisiones reglamentadas realizadas en estaciones técnicas de inspección de vehículos. En Noruega estas inspecciones se efectúan bien en estaciones de inspección de titularidad estatal o bien talleres certificados o autorizados.

Se han elaborado diversos análisis costo-beneficio sobre las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos a motor. Loeb y Gilad (1984) calcularon de la siguiente manera los costos y los beneficios de la inspección periódica de vehículos en el estado de Nueva Jersey en los Estados Unidos.

En los valores mostrados se ha asumido una reducción en los accidentes del 20%. En un análisis subsiguiente, basado en información procedente de todos los estados de los Estados Unidos, Loeb (1985) estimó la relación beneficio-costos de las inspecciones periódicas de vehículos en aproximadamente 1,03. En este análisis, el beneficio consistió únicamente en una reducción del número de accidentes. El apartado de costos incluyó los mismos elementos mostrados en la siguiente tabla

**Tabla 2.1**  
**Beneficios de las inspecciones técnicas en Nueva Jersey**

<b>Componentes del costo y beneficio</b>	<b>Valor en millones de dólares</b>
Ahorros en costos de accidentes	103,5
Beneficio total	103,5
Costos directos de las inspecciones	15,1
Costo derivado del tiempo de los propietarios de los vehículos	50,9
Costos de funcionamiento de los vehículos asociados a las inspecciones	17,6
Costos totales	83,6
Relación beneficio-costo	1,24

Una evaluación elaborada para la Comisión de la Unión Europea (Rompe y Seul, 1985) estimó la relación beneficio-costo de las inspecciones técnicas periódicas y obligatorias de vehículos y para todos los países miembros de la UE en 1,62 en el año 1985. En este estudio se asumió una reducción del 5% en el número de accidentes y un ahorro del 3% en el consumo del combustible. Los costos incluyeron los costos directos de las inspecciones, así como los costos del tiempo de los propietarios de los vehículos empleado en las inspecciones y los costos de funcionamiento de los vehículos que se generan al acudir a las estaciones de inspección. La relación beneficio-costo varió entre los diferentes países de la Unión Europea, desde un mínimo de 1,02 (Italia) hasta un máximo de 3,85 (Luxemburgo).

## **2.22 Normativa sobre formación de conductores**

Para conducir vehículos a motor se requiere un cierto nivel de conocimientos y habilidades. La capacidad para aprender a conducir de modo seguro un vehículo a motor varía entre la población. De no existir requisitos mínimos para la obtención del permiso de conducción, el conocimiento y las habilidades de los conductores variarían considerablemente. Los requisitos mínimos para la conducción de vehículos tienen como objetivo impedir que obtengan los permisos o licencias de conducción aquellas personas que, por carecer del suficiente nivel de conocimientos o de habilidades, no sean aptas para conducir.

Otro objetivo de dichos requisitos consiste en promover la movilidad mediante una serie de conocimientos, capacidades y habilidades mínimas que facilitan la adaptación de los conductores al resto del tránsito.

Según la Ley de Circulación Vial de Noruega, el Ministerio de Transportes tiene competencias para aprobar las normas relativas a los requisitos mínimos para conductores. Las áreas principales de los requisitos exigidos a los conductores de automóviles de turismo incluyen (Statens vegvesen, Vegdirektoratet, 1994):

- ✓ La persona en el tránsito
- ✓ El vehículo, la vía y el entorno del tránsito

- ✓ Comportamiento en el tránsito
- ✓ Responsabilidad de los conductores.

En el primer apartado, la persona en el tránsito, uno de los módulos fundamentales persigue que los conductores sean conscientes de las limitaciones de los diferentes grupos de usuarios de las vías. Los conductores deberían conocer también el modo en que la fatiga, la edad, el uso de alcohol y las enfermedades afectan al comportamiento y a la capacidad para la conducción.

Los conocimientos incluidos en relación con el vehículo incluyen la capacidad para decidir si los frenos, los neumáticos, la dirección, las luces y el resto del equipamiento de seguridad se encuentran en buenas condiciones. El conocimiento sobre la vía y el entorno del tránsito incluyen las normas del tránsito, así como todas las señales de circulación.

Los requisitos sobre habilidades básicas para el manejo de vehículos incluyen las arrancadas en pendientes sin que el vehículo caiga hacia detrás, o la capacidad para reducir a una relación de marchas inferior sin que disminuya la velocidad del vehículo.

Todos los módulos incluyen requisitos mucho más detallados que los expuestos brevemente en el párrafo anterior. Con dichos ejemplos únicamente se pretenden ilustrar los tipos de requisitos y aptitudes que se exigen a los conductores.

#### Análisis costo-beneficio

No se ha encontrado ningún análisis costo-beneficio sobre la normativa o los requisitos relativos a los conocimientos y habilidades para la conducción. No resulta posible analizar los costos y beneficios de dichos requisitos sin incluir los costos de la formación necesaria para cumplir con dichos requisitos.

## **2.23 Control policial de la conducción bajo la influencia del alcohol y medidas contra su incurrancia**

La conducción bajo la influencia del alcohol ha sido considerada históricamente en Noruega como un problema de seguridad vial. Ya en 1935 se aprobó una ley para la realización de pruebas de alcoholemia. Al mismo tiempo se introdujeron nuevas sanciones de prisión para todos aquellos que fueran descubiertos conduciendo bajo los efectos del alcohol. En 1936 Noruega se convirtió en el primer país en el mundo en introducir un límite máximo de concentración de alcohol en sangre. La ley estableció que los conductores con niveles de alcohol superiores al 0,5 por 1 000 (50 miligramos de alcohol por cada 100 mililitros de sangre) se consideraría bajo la influencia del alcohol.

El control policial y las sanciones asociadas a la conducción bajo los efectos del alcohol tienen como objetivo prevenir dicha conducción y reducir la reincidencia por parte de conductores ebrios que ya hayan sido previamente condenados o sancionados y, de este modo, reducir el número de accidentes asociados al consumo de alcohol.

En esta sección se describen las siguientes medidas:

- ✓ Control policial de la conducción bajo los efectos del alcohol
- ✓ Suspensión de la licencia o permiso de conducción
- ✓ Varias formas de sanciones, en particular multas y penas de cárcel
- ✓ Rehabilitación de conductores sancionados por conducir bajo los efectos del alcohol, programas de información.

En un análisis costo-beneficio noruego (Elvik, 1997B) se asumió que triplicar los controles aleatorios de alcoholemia produciría una reducción del 3% en el número de accidentes mortales, una disminución del 1% en el número de otro tipo de accidentes con lesiones, y una reducción del 1% en el número de siniestros con daños exclusivamente materiales. Todo ello redundaría en un beneficio total de 39 030 200 euros al año: 38 781 600 en reducción de costos de accidentes y 248,600 en ahorros de costos medioambientales. El costo del aumento del control policial se estimó en 33 063 800 euros. El beneficio es, como consecuencia, mayor que los costos ( $39\,030\,200/33\,063\,800 = 1,2$ ).

## 3 Cuestionario

---

En este capítulo se menciona el objetivo del cuestionario, así como las preguntas que lo van a estructurar, además de una breve descripción de cada una y la información que se desea obtener.

### 3.1 Objetivo del cuestionario

El objetivo de este cuestionario es investigar cómo las técnicas Análisis Costo-Efectividad (ACE) y Análisis Costo-Beneficio (ACB) están siendo utilizadas en varios países.

Con este estudio se pretende comparar los métodos de análisis económicos utilizados por las autoridades de carreteras en diferentes países. El cuestionario está dirigido a aquellos responsables de la elaboración de programas de seguridad vial a nivel nacional.

El cuestionario también nos ayudará a identificar las medidas de seguridad vial utilizadas en México y en otros países, y de la comparación correspondiente intuir que medidas pueden ser adoptadas en México. La investigación puede contribuir a describir tanto los problemas de seguridad vial como los efectos de los diversos factores de riesgo sobre el número total de lesionados y fallecidos que se producen como consecuencia del tránsito.

La intención es distribuir el cuestionario con el apoyo de la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) y recibirlo de vuelta una vez que éste haya sido respondido.

El ACB es un método económico utilizado para evaluar una o más acciones de seguridad vial (programas o proyectos específicos o medidas de seguridad carretera). Para determinar la opción más rentable, el ACB compara los costos totales esperados con los beneficios totales esperados. En principio, todos los costos y beneficios sociales son tomados en consideración en el ACB y éstos son expresados en términos monetarios.

Por otra parte, el ACE compara los costos con los resultados (efectos) esperados. Típicamente, el ACE se expresa por medio de un cociente donde el numerador es el costo total esperado y el denominador es el éxito obtenido en alcanzar un objetivo (tal como la reducción de lesionados y muertos en accidentes carreteros). El ACE es utilizado para priorizar programas o medidas de seguridad en carreteras de acuerdo con el valor de los cocientes entre los costos y los efectos.

### 3.2 Desarrollo del cuestionario

El cuestionario está conformado por 17 preguntas, las cuales fueron elaboradas minuciosamente para obtener la información lo más próxima a la verdad en cuanto al ACB, el ACE y las acciones más exitosas aplicadas en los distintos países. En el Anexo A se presenta el cuestionario elaborado.

#### Pregunta 1:

- a) ¿Está usted familiarizado con los métodos ACB y ACE para evaluar acciones de seguridad en carreteras?
- b) ¿Piensa usted que su país necesita los métodos ACB y ACE para evaluar e integrar los programas de seguridad?

Los tomadores de decisiones y los políticos se enfrentan a muchas dificultades para decidir sobre la aplicación de medidas de seguridad vial. Están obligados a elegir una de las medidas que se ajusten mejor en una situación determinada, pero no está claro cómo el término "mejor" debe ser definido. Es posible que las medidas deban ser aplicadas de tal modo que impliquen los costos más bajos. Pero el éxito también puede ser adquirido si las medidas más caras se implementan y pueden generar mayores beneficios a la seguridad vial. El objetivo de los métodos de evaluación es proporcionar la información que apoya a esa toma de decisiones.

Es por eso que se desea saber si realmente se tiene conocimiento en cuanto al ACB y ACE para la toma de decisiones sobre seguridad vial, además si actualmente se tiene necesidad de utilizarlos o ya están siendo utilizados.

**Pregunta 2:**

- a) ¿Son identificados en su red carretera los sitios catalogados como peligrosos (%sitios negros+o sitios de elevada accidentalidad)?
- b) Si respondió sí a la pregunta anterior, describa la técnica utilizada para identificar sitios peligrosos en su red carretera.

Existe la necesidad de saber si los países identifican los puntos donde tienen mayor conflicto vial y que método utilizan, para así poder saber qué medida tomar y si ésta es efectiva o económicamente factible.

**Pregunta 3:**

Marque con una %+ las herramientas de evaluación económica que en su país se utilizan para priorizar los programas y proyectos de seguridad en carreteras.

**Tabla 3.1**  
**Herramientas de evaluación económica**

Herramientas	Seleccione	
	Programas	Proyectos/medidas
Análisis Costo-Efectividad (ACE)		
Análisis Costo-Beneficio (ACB)		
Ambas		
Otras (describa):		

Hoy en día, existe gran diversidad de medidas encaminadas a mejorar la seguridad vial en carreteras, sin embargo, los recursos disponibles no son suficientes como para implementar todas las necesarias en todos los sitios referidos como %peligrosos+. Por tanto, deben tomarse decisiones en relación a qué medidas implementar y en qué lugares específicos. Para ello, es necesario justificar la selección a través de la

evaluación de sus beneficios y costos o su costo-efectividad, de tal forma que con las medidas seleccionadas se maximicen los beneficios en términos de la salud pública y se minimicen los costos derivados de los accidentes carreteros.

La finalidad de esta pregunta es conocer si realmente están siendo utilizados el Análisis Costo-Efectividad y el Análisis Costo-Beneficio para la toma de decisiones, o en su defecto, cuáles otros métodos de evaluación económica están siendo utilizados en distintos países.

#### **Pregunta 4:**

¿Cuáles son los principales niveles (nacional, regional, local) en los que las decisiones son tomadas en relación con los siguientes tipos de medidas de seguridad en carreteras?

**Tabla 3.2**  
**Nivel de las medidas de seguridad en carreteras**

Tipo de medida	Nivel		
	Nacional	Regional	Local
Diseño carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales			
Mantenimiento y conservación del camino			
Control del tránsito			
Diseño del vehículo y protección personal			
Inspección del vehículo			
Educación vial y campañas de información			
Control policiaco			

Esta pregunta constituye la principal debilidad de los estudios en este campo. Hablando con rigurosidad, esto implica que los resultados de muchos de los estudios no puedan generalizarse a otros lugares o a condiciones diferentes a aquéllas en las que los estudios fueron realizados. La población sobre la que los estudios pretenden ser válidos está, en muchos casos, escasamente definida. Ello quiere decir que para generalizar el conocimiento en este campo se debe confiar en series de estudios realizados sobre la misma medida que produzcan resultados similares bajo condiciones diferentes. Es decir, hasta que un resultado no se reproduce varias veces no se puede aceptar su validez general.

#### **Pregunta 5:**

De los siguientes tipos de medidas de seguridad, marque con una %+ aquéllas en las que el Análisis Costo-Efectividad (ACE) y/o Análisis Costo-Beneficio (ACB) se aplica(n) específicamente en su país.



**Tabla 3.3**  
**Aplicación de análisis de costo en las medidas de seguridad carretera**

Tipo de medida	Análisis	
	ACE	ACB
Diseño carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales		
Mantenimiento y conservación del camino		
Control del tránsito		
Diseño del vehículo y protección personal		
Inspección del vehículo		
Educación vial y campañas de información		
Control policiaco		

Actualmente, uno de los problemas principales de la política de seguridad vial en carreteras es el proceso de decisión sobre qué medidas se deben implementar para mejorar la seguridad vial, en términos de la reducción de accidentes en carreteras, donde dichas medidas son seleccionadas de un conjunto de medidas de seguridad posibles y disponibles. Para que la política de seguridad vial en carreteras sea eficiente, es necesario seleccionar las más adecuadas que proporcionen los mejores resultados al problema de seguridad vial con el mínimo de recursos necesarios para su implementación.

Es por eso que se desea saber que método de evaluación económica se utiliza para evaluar cada medida de seguridad vial y así poder saber cuáles implementar.

**Pregunta 6:**

¿Cuáles indicadores de desempeño de un proyecto de seguridad vial son más utilizados cuando se utiliza el método de ACB?

**Tabla 3.4**  
**Indicadores de desempeño más utilizados**

Medida de desempeño	Seleccione
Valor Presente Neto	
Relación Beneficio-Costo	
Tasa Interna de Retorno	
Costo efectividad (costo del mejoramiento en la seguridad vial por reducción de accidente)	
Otras (especifique):	

Existen diferentes medidas de desempeño del proyecto (VPN, RBC, TIR) que se

pueden utilizar para determinar la eficacia económica y la viabilidad de los proyectos de carreteras.

Cada una proporciona una sola cifra que resume el impacto del proyecto sobre el bienestar económico. Cada una de las cuatro medidas, sin embargo, da información sutilmente diferente.

No es suficiente con mirar en los costos de una medida o en sus beneficios al decidir sobre su aplicación. Por lo tanto, los costos y beneficios, deben ser evaluados conjuntamente y equilibrados entre sí. Esto asegura que en la selección de medidas de seguridad vial se sigan los principios de eficiencia.

Por lo tanto se tiene la necesidad de conocer qué medidas de desempeño utilizan los distintos países para evaluar las medidas de seguridad vial.

### **Pregunta 7:**

En su opinión, ¿cuales son las principales razones por las que los métodos de ACE y ACB no son siempre utilizados para evaluar medidas de seguridad vial?

**Tabla 3.5**  
**Barreras para el uso de análisis de costo**

<b>Medida de desempeño</b>	<b>Seleccione</b>
a) Barreras fundamentales (Resultantes de las bases teóricas de las herramientas de evaluación)	
b) Barreras institucionales (Barreras relacionadas a la organización generadora de las políticas de seguridad vial)	
c) Barreras Técnicas/Metodológicas (Requerimientos técnicos, disponibilidad de datos)	
d) Barreras de implementación (Barreras relacionadas con el proceso de implementación)	
e) Otras (especifique):	

El uso y la aplicación de medidas dentro de la política de seguridad vial se enfrentan a limitaciones y restricciones. Los obstáculos para la utilización de medidas pueden surgir antes y durante la toma de decisión de todo el proceso. Ellos pueden obstaculizar la aplicación de medidas o incluso prevenir su uso.

Las barreras están subdivididas en diferentes categorías (grupos). Las categorías abarcan la decisión de todo el proceso de adopción, desde las fundamentales (o resultantes de las bases teóricas de las herramientas de evaluación) hasta las de implementación y otras. Además, las categorías varían de acuerdo a su importancia para una evaluación monetaria de las medidas de seguridad vial; en algunos casos el uso de las herramientas de evaluación monetaria no es posible.

Hay algunas barreras como las institucionales, que sería muy difícil que puedan evitarse o eliminarse en un corto plazo, pero otras categorías fácilmente se podrían eliminar.

**Pregunta 8:**

Mencione al menos tres barreras para el uso de herramientas de evaluación (p. ej. ACE, ACB) en la generación de políticas de seguridad en carreteras.

Con esta pregunta se desea obtener los obstáculos más importantes para el uso de herramientas de evaluación de la aplicación de medidas de seguridad vial.

Por otra parte se lleva a cabo para arrojar luz sobre los obstáculos que llevan directamente al abandono de la evaluación monetaria de las medidas de seguridad vial, ya que cada país cuenta con una variada problemática de seguridad en carreteras.

**Pregunta 9:**

¿Que método es utilizado en su país para estimar el costo de un muerto y un lesionado?

<b>Métodos de estimación</b>	<b>Seleccione</b>
Método del capital humano %Producto Bruto+	
Disposición a pagar	
Método del seguro de vida	
Otras (especifique):	

La evaluación económica de las medidas de seguridad vial plantea el problema básico de la determinación del método a utilizar para la valoración de las medidas de seguridad vial. Dado que la seguridad vial carece de precisión, se mide en términos del número total de muertos y heridos, ya sea leve o grave, el cálculo económico se basa en el valor de la vida humana y la estimación de costo de las lesiones.

El enfoque de capital humano consiste en la valoración de daños (muerte, lesiones graves) principalmente en el impacto económico, es decir, en términos de pérdida de producción, los costos de reparación (asistencia sanitaria en caso de lesión) y costos de reconstrucción (daños materiales).

El enfoque de disposición a pagar consiste en estimar el valor que los individuos atribuyen a la vida humana por medio de encuestas dirigidas a determinar la cantidad de dinero que los individuos estarían dispuestos a pagar para reducir el riesgo de pérdida de la vida. El mismo principio se aplica a las lesiones, donde se realiza un intento de determinar el valor monetario que los individuos estarían dispuestos a pagar para, en efecto, reducir el riesgo de lesión.

El método del seguro de vida, en el monto a pagar por la aseguradora en caso de muerte o lesión del cliente (o suma asegurada), revela de alguna manera el valor que da éste a su vida o a su integridad física (esto último en el caso de las lesiones). Un seguro de vida o de lesiones es un producto que ponen las compañías aseguradoras en el mercado y, para ciertas características de ese producto (nivel de cobertura, suma asegurada, costo de la prima, etc.), la oferta y la demanda determinan la cantidad

consumida del mismo. Esas características, principalmente la suma asegurada, también revelan el estimado que las compañías aseguradoras hacen del valor de la vida y de diferentes niveles de lesión (desde ligeras hasta las de incapacidad temporal o permanente) para sus clientes. Como parte de sus estrategias de mercadeo, las compañías aseguradoras utilizan técnicas para indagar, entre sus clientes potenciales, el valor de la vida humana y de diferentes niveles de lesiones y padecimientos que aquéllos pudiesen padecer.

**Pregunta 10:**

¿Qué valor económico se utiliza para una muerte y un lesionado grave?

**Tabla 3.7**  
**Valor económico para muerte y lesión**

<b>Costos derivados del accidente</b>	<b>Muerto</b>	<b>Herido grave</b>
Pérdida del producto		
Costos humanos (dolor, pena, sufrimiento y pérdida en la calidad de vida)		
Costos médicos y hospitalarios		
Total		

**Moneda:**

**Año:**

**Fuente: (e. j. referencia bibliográfica):**

Los costos de accidentes a menudo se piensa que son una combinación de elementos, algunos de los cuales son los costos de recursos efectuados por la sociedad como consecuencia del accidente (servicios de emergencia, asistencia médica, los daños materiales, etc.), algunos de los cuales representan una parte de la producción que ya no es posible debido a sus heridas (es decir, la producción perdida), y algunos de los cuales representa una pérdida personal del individuo de bienestar (o "costos humanos"). Estos costos humanos son a veces como "el dolor, la pena y el sufrimiento".

Existen varios métodos (enfoque de capital humano, enfoque de producción neta, enfoque de voluntad a pagar) que se centran en diferentes aspectos del impacto de un siniestro con respecto a aspectos específicos de la economía o la sociedad en general. Como estos métodos también pueden dar lugar a unas estimaciones muy diferentes de los costos y los valores, la elección del método a utilizar depende de los distintos países.

**Pregunta 11:**

En accidentes carreteros, ¿Cómo se define un lesionado grave en su país?

Las definiciones de lo que se considera una víctima grave varían de manera considerable, incluso entre países desarrollados. En algunos países, una lesión se

define como grave si la víctima es hospitalizada, mientras que en otros países, se utiliza una definición más amplia. Frecuentemente los datos sobre lesiones son menos confiables que los datos sobre muertes, y el subreporte es común, especialmente en los casos de lesiones menos graves.

La definición de lesión grave que se utilice en cada país tendrá un efecto sobre el valor de una lesión grave con relación al valor de la vida estadística, así como la distribución de la gravedad en un país también podría verse afectada por la manera como se divide la modalidad de viaje, de tal manera que los países con una mayor proporción de peatones, ciclistas y motociclistas mostrarán una tendencia más acentuada hacia las lesiones más graves.

### Pregunta 12:

¿Cuáles son los costos totales de los accidentes carreteros?

**Tabla 3.8**  
**Costos totales de accidentes carreteros**

Concepto	Cotos totales
Pérdida de producción	
Costos humanos (dolor, pena, sufrimiento y pérdida en la calidad de vida)	
Costos médicos y hospitalarios	
Daños materiales (vehículos, camino, etc.)	
Costos administrativos (p. ej. policía, legales, seguros)	
Pérdidas por congestión vial producida por los accidentes	
Total	

**Moneda:**

**Fuente (e. j. referencia bibliográfica):**

**Año:**

**Cantidad de muertes en el año:**

**Cantidad de lesionados graves en el año:**

La finalidad en esta pregunta es determinar las pérdidas de la producción neta y el valor que los diferentes países le asignan a la muerte y lesiones, al mismo tiempo para estimar el futuro crecimiento per cápita PIB. En los diferentes países, proyectar tasas de crecimiento es particularmente difícil, ya que son erráticas. La subestimación de los valores en los diferentes países sugiere que las medidas de seguridad vial no serían económicamente justificadas, más sin embargo, podría tener un impacto importante en términos del número de vidas salvadas. Si bien es posible medir el capital humano, no es posible hacerlo con un grado de precisión absoluta.

### Pregunta 13:

- a) En la evaluación de medidas de seguridad en carreteras, ¿Se consideran efectos secundarios (e. j. efectos ambientales)?

b) Si respondió sí a la pregunta anterior:

Especifique los tipos de efectos:

¿Se expresan en términos monetarios?

c) Si respondió no, ¿cuáles son las principales razones por las cuales no se consideran?

d) ¿Qué periodo utiliza para comparar una situación antes y después de la implementación de medidas de seguridad en carreteras para evaluar sus efectos?

En un análisis costo / beneficio de las medidas de seguridad vial, tres categorías de efectos se pueden distinguir: efectos sobre la seguridad, la movilidad y el medio ambiente. De seguridad implica limitar los daños materiales, gastos médicos, pérdida de producción, daños inmateriales, gastos de liquidación y los costos de atasco de tráfico. Efectos de movilidad consisten en cambios en el tiempo de viaje y gastos de viaje. Los costos ambientales consisten en cambios en las emisiones y la contaminación acústica.

En un análisis costo / beneficio, los efectos de las medidas se comparan con los costos como los de cambiar la infraestructura o los vehículos (costos de ejecución) y el mantenimiento y ejecución (gastos operativos).

Los efectos se expresan en términos de dinero tanto como sea posible. Algunos efectos pueden ser monetarizados utilizando los precios de mercado, por ejemplo, gastos médicos y los tiempos de viaje de negocios. Para los efectos, sin precio de mercado, se han desarrollado otros métodos de valoración.

Además de saber qué periodo utilizan antes y después de la implementación de las medidas de seguridad vial para la evaluación de su efectividad y rentabilidad.

**Pregunta 14:**

a) Favor de proporcionar las cinco mejores medidas de seguridad en carreteras que produjeron los mejores resultados en términos de su costo-efectividad.

**Tabla 3.9**  
**Jerarquización de medidas de seguridad en carreteras por su costo-efectividad**

1.
2.
3.
4.
5.

b) ¿Utilizó el Análisis Costo-Beneficio para determinar el orden de importancia de las medidas listadas arriba? Si utilizó algún otro método para ordenar las medidas, favor de describirlo y explicar el proceso para obtener dicho listado.

c) Favor de proporcionar un ejemplo o estudio de caso sobre el método de jerarquización de medidas de seguridad en forma electrónica (por ejemplo hoja de cálculo). Los archivos pueden adjuntarse al cuestionario o proporcionando la

dirección electrónica para su consulta.

Se les solicita a los distintos países que mencionen las 5 medidas de seguridad vial más efectivas con las que actualmente cuentan en su red carretera, además de que método de análisis económico utilizaron y cual fue el criterio para enumerar dichas medidas.

**Pregunta 15:**

- a) Favor de proporcionar las cinco mejores medidas de seguridad en carreteras que produjeron los mejores resultados en términos de su costo-efectividad aplicadas específicamente a usuarios vulnerables (e. j. peatones, ciclistas, motociclistas).

**Tabla 3.10**  
**Jerarquización de medidas de seguridad en carreteras por su costo-efectividad para usuarios vulnerables**

1.
2.
3.
4.
5.

- b) ¿Utilizó el Análisis Costo-Beneficio para determinar el orden de importancia de las medidas listadas arriba? Si utilizó algún otro método para ordenar las medidas, favor de describirlo y explicar el proceso para obtener dicho listado.

Tanto peatones como ciclistas y motociclistas, están expuestos a un riesgo mayor de resultar fallecidos o heridos en accidentes que el correspondiente a los conductores de automóviles, por lo tanto se deben tomar otras medidas de seguridad enfocadas a estos usuarios de la carretera, las mismas que se pide se enumeren para así saber cuales son las más efectivas en el mundo, así como también cual fue el método para jerarquizarlas.

**Pregunta 16:**

¿En que se basan los políticos para asignar mayores recursos a las medidas de seguridad?

<b>Tabla 3.11</b>	
<b>Bases para asignación de recursos a medidas de seguridad</b>	
<b>Indicador</b>	<b>Seleccione</b>
a) La cantidad de muertes evitadas	
b) La cantidad de heridos evitados	
c) Costo de las medidas de seguridad	
d) Otros (especifique):	

Los tomadores de decisiones y los políticos enfrentan muchas dificultades para decidir sobre la aplicación de medidas de seguridad vial, es por eso que se desea saber en que se basan para priorizar las medidas y en cuales destinar los recursos.

**Pregunta 17:**

¿Tiene usted algún comentario o sugerencia sobre las preguntas anteriores?

Institución u organización:

Puesto:

País:

La pregunta 17 se hace para recabar puntos de vista o inquietudes adicionales del encuestado, tanto porque las preguntas realizadas en el cuestionario no los logren captar como para recabar sugerencias para mejoras futuras del cuestionario. Los últimos tres datos solicitados son para identificar la entidad encuestada.



## 4 Aplicación y análisis del cuestionario

---

### 4.1 Aplicación del cuestionario

Una vez que se concluyó el desarrollo del cuestionario, se aprovechó la membresía de México en la Asociación Mundial de la Carretera (PIARC) para distribuirlo y solicitar su llenado y devolución a los demás países miembros, a través del representante o primer delegado de cada país en PIARC. La distribución de los cuestionarios a los diferentes países se inició a partir de febrero de 2010, habiéndose recibido llenados 22 de ellos a fines del mismo mes. A continuación se describe el análisis realizado en torno a la información recibida en esos veintidós cuestionarios. Los casos para los que se recibió el cuestionario contestado son los siguientes: México, Bélgica, Dinamarca, Canadá (agencia), Canadá, Alemania, Corea, Francia, Suecia, Argentina, Japón, Cuba, Sudáfrica, Australia, Hungría, India, Irán, Lituania, Holanda, Portugal, Eslovenia y EEUU.

### 4.2 Análisis de la información de los cuestionarios respondidos

En lo que sigue se analiza la información respondida, para cada una de las preguntas del cuestionario.

1a ¿Está usted familiarizado con los métodos ACB y ACE para evaluar acciones de seguridad en carreteras?

El 86% de los países responde **no**, sorprendiendo que Japón responda **no**, ya que es un país considerado altamente motorizado pero al mismo tiempo es uno de los países con menos accidentes de tránsito según la PIARC. Otro de los países que respondió **no** es Francia ya que ellos sólo utilizan los métodos para proyectos grandes de infraestructura. Cuba es un país que no tiene mucho conocimiento en cuanto a los métodos y por tanto no los utiliza para evaluar la seguridad vial.

Los países que respondieron **sí**, creen que para que la política de seguridad vial sea eficiente, es necesario elegir las medidas que proporcionen los mejores resultados al problema de seguridad vial con el mínimo de recursos necesarios para su implementación.

1b ¿Piensa usted que su país necesita los métodos ACB y ACE para evaluar e integrar los programas de seguridad?

Con excepción de Japón, todos los países piensan que es necesario justificar la selección a través de la evaluación de sus beneficios y costos o su costo/efectividad, de tal forma que con las medidas seleccionadas se maximicen los beneficios en términos de la salud pública y se minimicen los costos derivados de los accidentes carreteros.

2a ¿Son identificados en su red carretera los sitios catalogados como peligrosos (sitios negros o sitios de elevada accidentalidad)?

En todos los países se identifican los sitios negros, sin embargo en unos con más

precisión que otros. En Francia no precisamente le llaman sitios negros, sino que utilizan un concepto denominado "enfoco de ruta" para la red nacional, mientras que en Argentina las zonas urbanas están en jurisdicción de las autopistas y las zonas rurales de los municipios. Por otra parte en Cuba se identifican con más precisión en las zonas urbanas que en las rurales y en Sudáfrica es muy limitada su identificación.

2b Si respondió sí a la pregunta anterior, describa la técnica utilizada para identificar sitios peligrosos en su red carretera.

En México son sitios negros los segmentos de menos de 1km con un promedio de 4 o más accidentes por año; y los tramos de menos de 15km con un promedio de 8 o más accidentes por año. El promedio corresponde a los últimos 5 años.

En Bélgica utilizan datos de accidentes durante 3 años. En caso de muerte dentro de 30 días le asignan 5 puntos, a las lesiones graves (más de un día en el hospital) le asignan 3 puntos y a otras lesiones 1 punto; todos los sitios mayores de 15 puntos fueron considerados como peligrosos y se reconstruyeron.

Dinamarca utiliza un modelo de accidentes, si el número real informado de accidentes y víctimas se compara con el valor esperado del modelo, y las cifras reales son mucho más altas de lo esperado, la ubicación se selecciona para un análisis.

En Canadá algunas agencias emplean medidas de seguridad tradicionales tales como frecuencia, velocidad de colisión, velocidad crítica, gravedad, etc. Otras jurisdicciones más avanzadas utilizan modelos de predicción de colisión. Además, a veces los proyectos son priorizados por la presión pública para el tratamiento de diversos lugares de alto riesgo.

Alemania utiliza 3 métodos por separado, los cuales sólo menciona y son los siguientes: Gestión de seguridad en la red carretera, Gestión de puntos negros e Inspecciones de seguridad vial.

Corea simplemente se basa en la tasa de accidentes, por ejemplo 5 accidentes al año.

La técnica en Argentina es la búsqueda de información y de hacer las auditorías de los accidentes con mayor índice de mortalidad. Con dicha información y con el procedimiento sistemático es posible definir los puntos peligrosos. También con la información de Hospitales y el cuerpo de rescate es posible definir sitios peligrosos.

En Japón se utiliza un indicador denominado tasa de accidentes (número de accidentes / 100 millones de vehículos-km).

En Sudáfrica utilizan una línea telefónica para quejas, además de los informes de los medios de comunicación y las limitadas estadísticas de accidentes.

En Australia son identificados a través de estadísticas (3 accidentes con lesionados en un período de 5 años). Cuentan con un programa de intersección para sitios con potencial de accidentes (diseño geométrico, control de velocidad, volumen del tránsito).

Hungría se basa en accidente/km/año, en diferentes longitudes de cada carretera se puede identificar un kilómetro con criterio de elegibilidad.

India simplemente se basa en los puntos donde exista la mayoría de las muertes en un año.

En Irán utilizan la siguiente fórmula:

$$P = x + 3y + 5z > 30$$

donde:

- $x$  = accidentes con daños,
- $y$  = accidentes con lesionados
- $z$  = accidentes con muertos

Lituania toma el criterio de 4 accidentes en tramos de carretera de 500 m de longitud, en un período de 4 años.

En Holanda se entiende como sitios peligrosos si durante un período de tres a cinco años, ocurren diez o cinco accidentes con una característica comparable (por ejemplo, accidentes de bicicleta o accidentes con lesiones en general) han sido registrados en un lugar, hay una situación peligrosa.

Eslovenia se basa en la metodología de identificar los lugares de alto riesgo anualmente, calculado a partir de los datos de accidentes de la policía y el volumen de tránsito.

En Portugal de acuerdo a la definición por la DGV, un punto negro es un tramo de carretera con una longitud máxima de 200 m, con 5 o más accidentes y un indicador de gravedad mayor que 20, en el año de análisis. El índice de gravedad se calcula mediante la suma siguiente:

Índice de gravedad =  $100 * N^{\circ}$  de muertos +  $10 * N^{\circ}$  de lesionados graves +  $N^{\circ}$  de lesiones leves

- 3 Marque con una % las herramientas de evaluación económica que en su país se utilizan para priorizar los programas y proyectos de seguridad en carreteras.

Herramientas de evaluación económica	Seleccione	
	Programas	Proyectos / medidas
Análisis Costo-Efectividad (ACE)		
Análisis Costo-Beneficio (ACB)		
Ambas		
Otras (describa):		

Cinco de los encuestados no utilizan las herramientas de ACB o ACE para dar prioridad a programas y proyectos. Uno de ellos indicó un uso muy limitado. Tres utilizan tanto el ACB como el ACE para los programas y proyectos. La mayoría de los otros usa las herramientas ya sea ACB o ACE, para los programas y proyectos. Dos utilizan sólo ACB uno para los programas, y uno para los proyectos.

En México y Holanda utilizan el ACE, con el fin de identificar las mejores medidas de seguridad y programas establecidos en las carreteras en términos de eficiencia.

Dinamarca, Corea y Lituania aplican el ACB a programas y medidas de seguridad vial implementadas en sus carreteras.

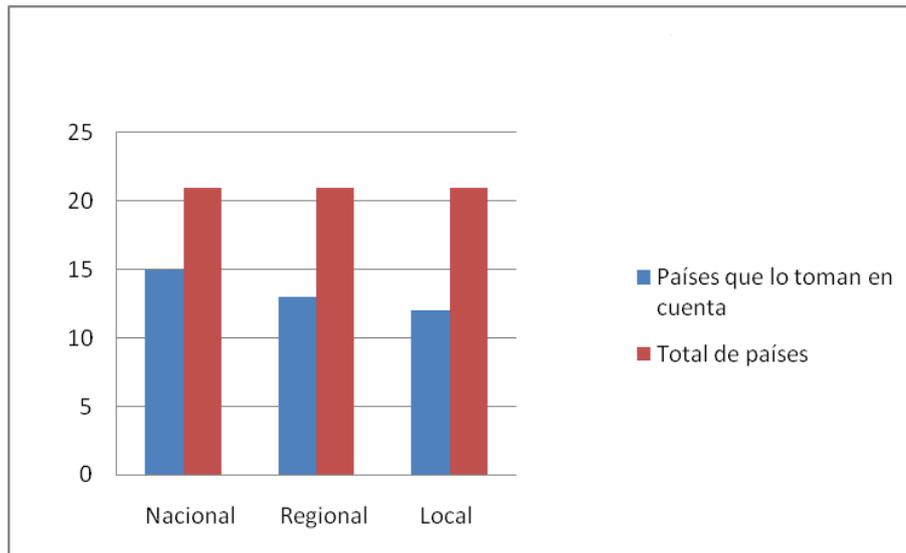
Por su parte Canadá, Suecia, Argentina y Australia ponen en práctica el ACE y el ACB para seleccionar los mejores programas y proyectos que serán implementados en la red carretera.

En Alemania y Portugal utilizan el ACB para priorizar los programas; pero tanto Alemania como Irán, ponen en práctica el ACE y ACB para seleccionar las mejores medidas de seguridad.

Hungría y EEUU únicamente ponen en práctica el ACB para evaluar los proyectos de seguridad vial.

- 4 ¿Cuáles son los principales niveles (nacional, regional, local) en los que las decisiones son tomadas en relación con los siguientes tipos de medidas de seguridad en carreteras?

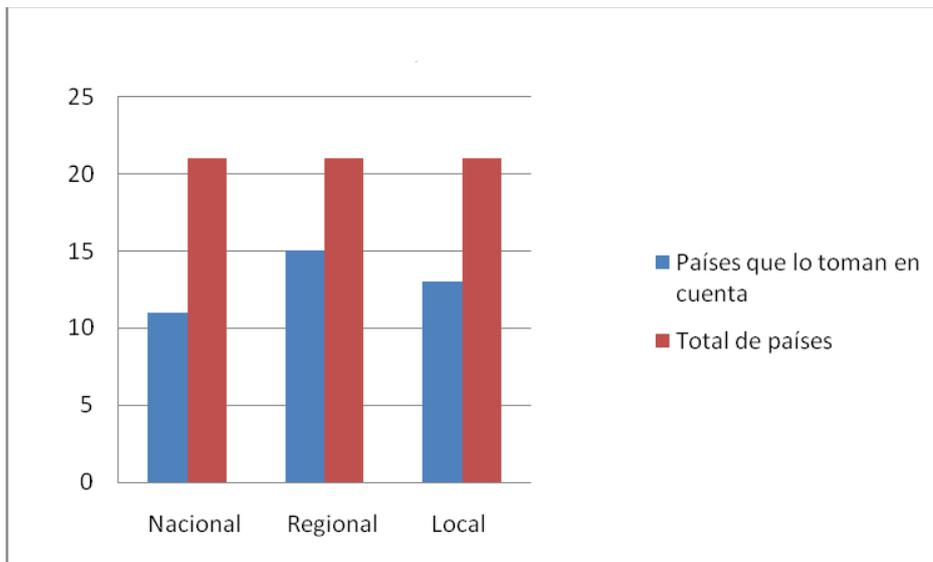
<b>Tipo de medida de seguridad en carreteras</b>	<b>Nacional</b>	<b>Regional</b>	<b>Local</b>
Diseño carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales			
Mantenimiento y conservación del camino			
Control del tránsito			
Diseño del vehículo y protección personal			
Inspección del vehículo			
Educación vial y campañas de información			
Control policiaco			



**Figura 3.1**  
**Principales niveles en los que se utiliza el Diseño Carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales**

El 71% de los países encuestados toman en cuenta esta medida de seguridad a nivel nacional, el 62% a nivel regional, mientras que solamente el 57% lo hace a nivel local.

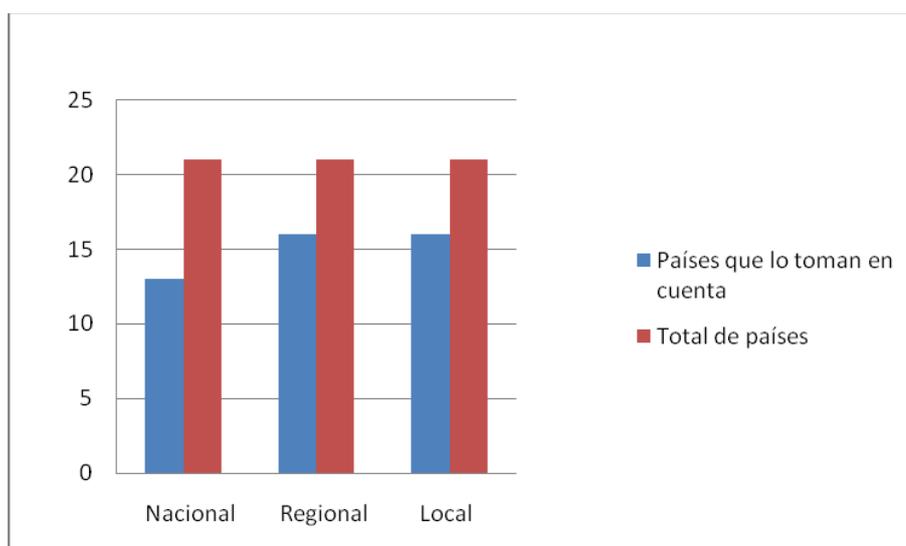
Dentro de los países que la utilizan en los tres niveles están México, Alemania, Japón, Sudáfrica, India, Holanda, Portugal y EEUU. Los países que toman en cuenta la medida de seguridad en dos niveles son Dinamarca, Canadá, Corea, Argentina y Lituania; y los que solamente la utilizan a un nivel son Bélgica, Francia, Suecia, Cuba, Australia e Irán. Con la singularidad de que Francia y Suecia son países vecinos y la toman en cuenta a nivel local y nacional respectivamente, contrario a lo que se pudo haber pensado de que la utilicen al mismo nivel.



**Figura 3.2**  
**Principales niveles en los que se utiliza el mantenimiento y conservación del camino**

El 52% utilizan esta medida a nivel nacional, el 71% a nivel regional y el 62% a nivel local, lo cual es lógico que se utilice con mayor frecuencia a nivel regional, ya que se lleva a efecto sobre las carreteras ya existentes y no implican normalmente alteraciones importantes o a largo plazo.

Los países que utilizan esta medida en los tres niveles son México, Japón, Sudáfrica, Holanda, Portugal y EEUU, habiendo la única diferencia con la medida anterior, que Alemania e India no utilizan ésta a nivel nacional, y prácticamente los otros países utilizan al mismo nivel ésta y la medida anterior.



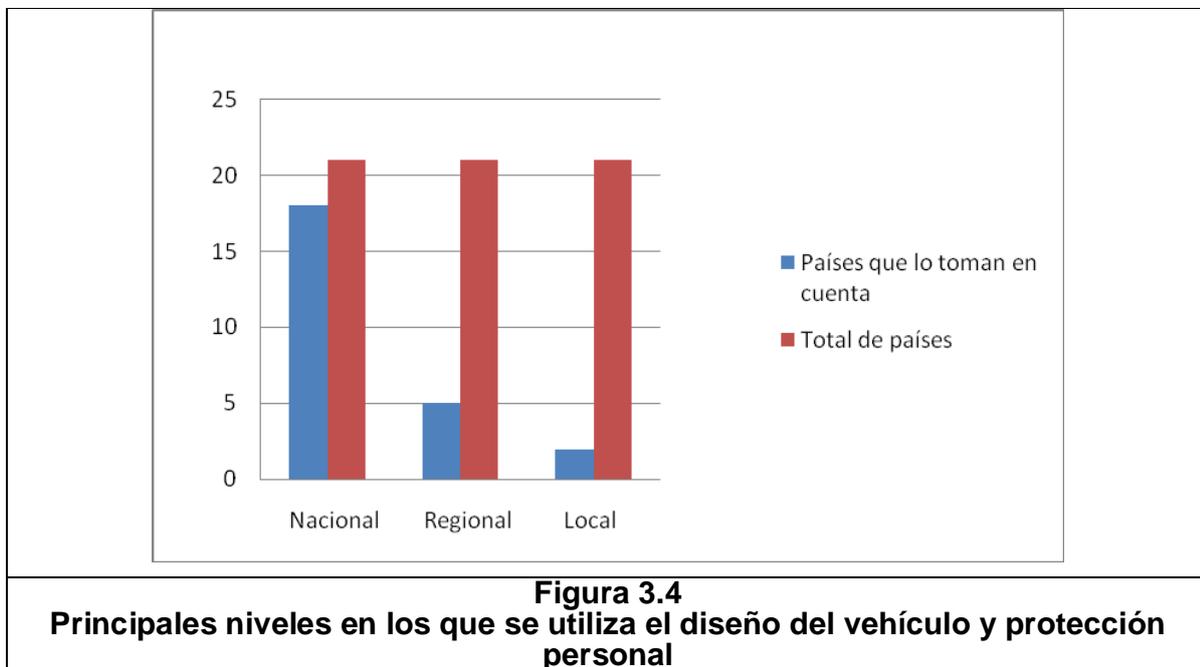
**Figura 3.3**

### Principales niveles en los que se utiliza el control de tránsito

En esta medida se observa claramente que son menos los países que la utilizan a nivel nacional (62%), mientras que a nivel regional y local la utilizan un 76% de los países.

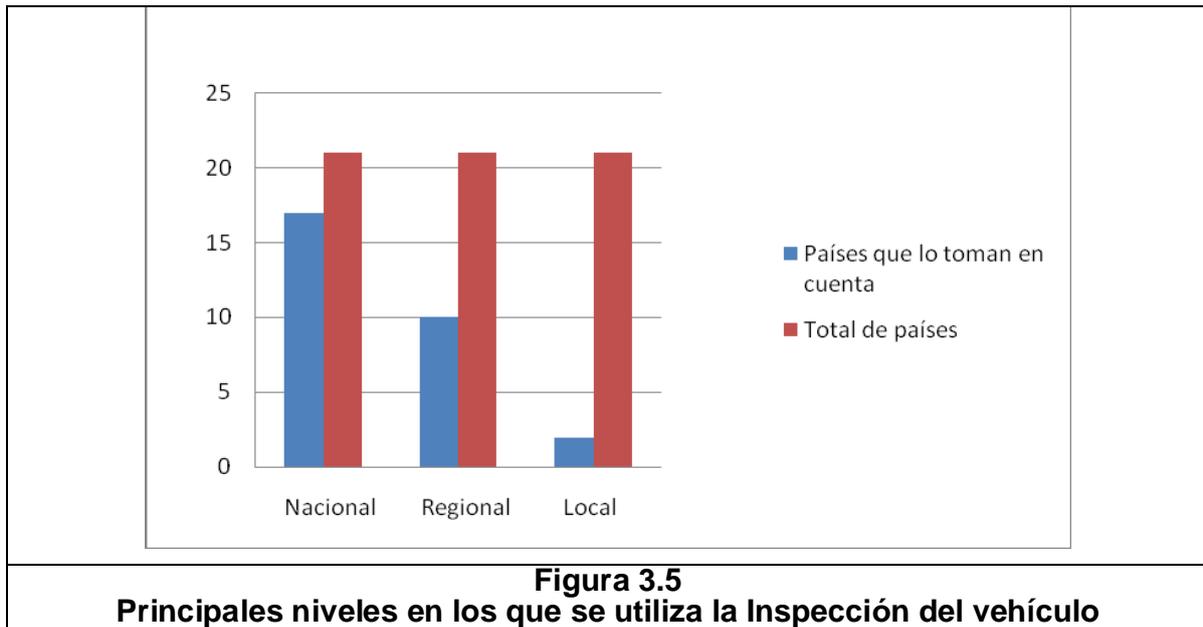
Es lógico que ésta se tome más en cuenta en estos niveles ya que la mayoría de las formas de regulación del tránsito se tratan de medidas locales, es decir, medidas que se aplican en determinados cruces, en un barrio de una ciudad o en una parte claramente delimitada de la red vial.

En ésta hay un aumento en los países que la utilizan en los tres niveles, los cuales son México, Canadá, Alemania, Suecia, Argentina, Japón, Sudáfrica, Holanda, Portugal y EEUU.



En esta medida se observa que el 86% de los países la utilizan a nivel nacional, solo el 24% lo hace a nivel regional y el 9% a nivel local.

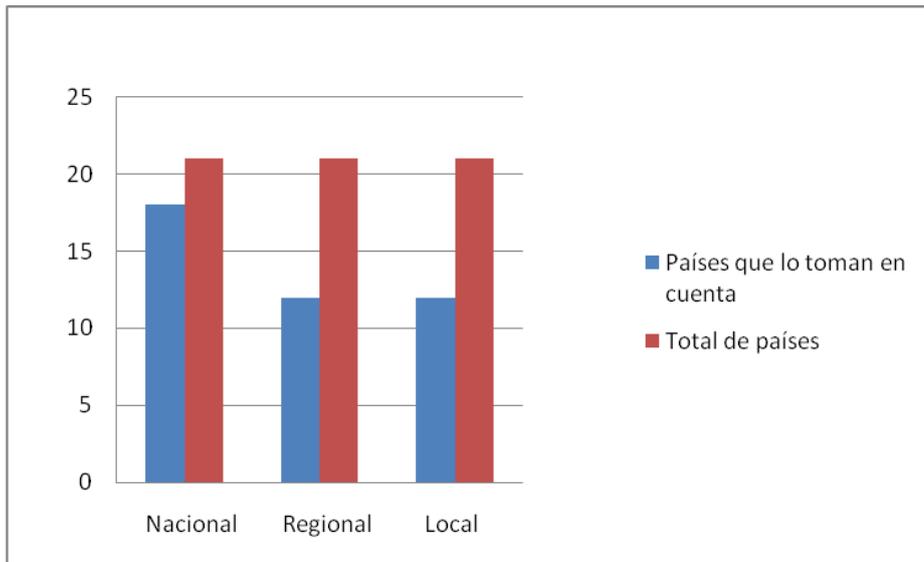
Esto nos lleva a pensar que la mayoría de los países están preocupados por los efectos del diseño de vehículos que puedan favorecer a la seguridad de los ocupantes y minimizar la gravedad de las lesiones. Por mencionar algunas medidas para el diseño del vehículo y protección personal están las luces de conducción diurnas, los cascos de motocicletas, los cinturones de seguridad y los sistemas de retención infantil.



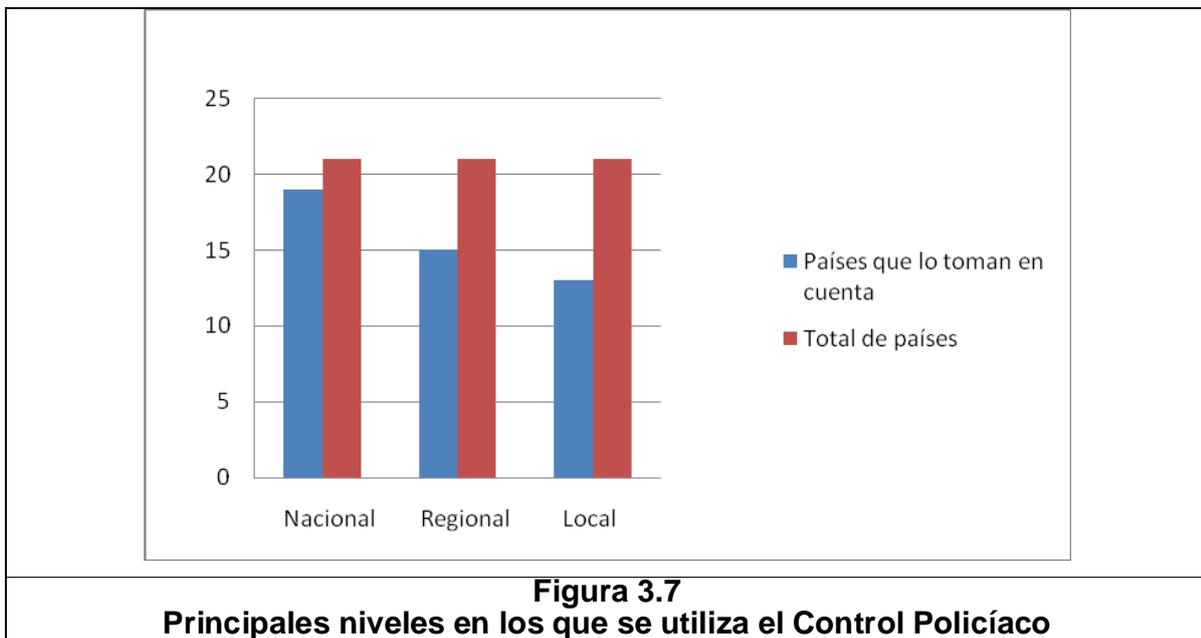
El 81% de los países ha implementado inspecciones técnicas para los vehículos a motor a nivel nacional ya que resulta evidente que las condiciones técnicas de los vehículos pueden afectar a la seguridad vial.

El 48% lo hace a nivel regional y sólo el 9% a nivel local, lo que nos muestra un claro interés de los países en los sistemas de aprobación y para la inspección y control de la producción de vehículos nuevos, sistemas que adoptan la forma de reglamentación técnica de vehículos, y los sistemas para la homologación de modelos de vehículos a motor son prácticamente idénticos en todos los países motorizados.

Los países muestran bastante interés en la educación vial a nivel nacional (86%), ya que los límites de edad mínima para la conducción constituyen un compromiso entre la necesidad de seguridad vial y las necesidades de las personas jóvenes de disponer de movilidad individual. Diversos estudios indican que el aumento de un año en la edad mínima para la obtención del permiso o licencia de conducción en los grupos de edad comprendidos entre los 16 y los 21 años reduce la tasa de accidentes en el primer año de conducción en aproximadamente un 5-10%.



**Figura 3.6**  
Principales niveles en los que se utiliza la Educación vial y campañas de información



**Figura 3.7**  
Principales niveles en los que se utiliza el Control Policiaco

Es fácil de observar que a esta medida le toman mucha importancia todos los países ya que el 90% la ejecuta a nivel nacional, el 71% a nivel regional y el 62% a nivel local.

La utilizan por ser una de las medidas más efectivas ya que se ha demostrado que el control estacionario de la velocidad reduce los accidentes mortales y con heridos en un 14% y un 6% respectivamente. El control policial de la conducción bajo los efectos del

alcohol reduce los accidentes mortales y con lesiones en un 9% y un 7% respectivamente. La suspensión de la licencia o del permiso de conducción está asociada con una reducción en el número de accidentes del 18%.

- 5 De los siguientes tipos de medidas de seguridad, marque con una %+aquéllas en las que el ACE y/o ACB se aplica(n) específicamente en su país.

<b>Tipo de medida de seguridad en carreteras</b>	<b>ACE</b>	<b>ACB</b>
Diseño carretero y señalamiento y dispositivos de protección de las zonas laterales		
Mantenimiento y conservación del camino		
Control del tránsito		
Diseño del vehículo y protección personal		
Inspección del vehículo		
Educación vial y campañas de información		
Control policiaco		

Es importante mencionar que algunos países no utilizan ninguna de estas medidas de seguridad vial en sus carreteras, por lo tanto no serán tomados en cuenta para el análisis de esta pregunta, éstos son los siguientes: Bélgica, Francia, Cuba, Sudáfrica, India, Portugal y Eslovenia. Cabe recalcar la situación de Bélgica y Sudáfrica porque en respuestas anteriores dan a conocer que están familiarizados con el ACE y ACB.

En México, Alemania, Argentina e Irán utilizan el ACE y ACB para el diseño carretero y señalamiento, mientras que Dinamarca, Canadá, Corea, Suecia, Japón, Australia, Hungría, Lituania y EEUU sólo utilizan el ACB para esta medida, Holanda es el único país que utiliza el ACE.

Para la medida de seguridad de mantenimiento y conservación del camino los países de México, Dinamarca, Alemania, Corea y Suecia únicamente utilizan el ACB, mientras que Argentina, Canadá e Irán la evalúan con ambos métodos.

Para el control del tránsito, son pocos los países que la evalúan, dentro de los que están son Dinamarca, Canadá, Corea y Suecia los cuales lo hacen mediante el ACB, mientras que Irán es el único país que evalúa esta medida con el ACE.

El diseño del vehículo y protección personal es una medida que muy pocos países evalúan, Dinamarca es el único país que utiliza los dos métodos de evaluación, en tanto que Canadá, Alemania, Suecia y Hungría únicamente utilizan el ACB, Corea y Holanda utilizan el ACE.

La inspección del vehículo tiene la hipótesis de que dichas inspecciones producen una reducción de las emisiones contaminantes procedentes de los vehículos inspeccionados de aproximadamente un 10%, también se dice que la medida no afecta

al número de accidentes. Ésta puede ser una razón por la cual sólo Dinamarca evalúa esta medida mediante los dos métodos y Corea solamente con el ACE.

En la educación vial y campañas de información tampoco es muy probable que el beneficio, en forma de accidentes prevenidos gracias a la formación básica de conductores tal y como se está llevando a cabo en la actualidad, sea de magnitud suficiente como para compensar los costos de dicha formación. Esta medida es evaluada por Dinamarca mediante los dos métodos; Canadá, Corea, Irán y Holanda únicamente utilizan el ACE, en tanto que Lituania es el único país que lo hace mediante el ACB.

El control policiaco tiene una cuestión relevante a la hora de realizar cualquier análisis en relación con la supervisión policial. Ésta es si el beneficio de aquéllos que cometen infracciones de tráfico debería ser realmente considerado como un beneficio social en el caso de las medidas dirigidas precisamente a reducir el número de infractores. Los países que analizan esta medida por ambos métodos son Dinamarca y Canadá, los países que sólo utiliza el ACE son Corea, Irán y Holanda.

- 6 ¿Cuáles indicadores de desempeño de un proyecto de seguridad vial son más utilizados cuando se utiliza el método de ACB?

Medida de desempeño	Seleccione
Valor Presente Neto	
Relación Beneficio-Costo	
Tasa Interna de Retorno	
Costo efectividad (costo del mejoramiento en la seguridad vial por reducción de accidente)	
e) Otras (especifique):	

Bélgica, Francia, Cuba, India, Irán y Eslovenia son países que no utilizan ningún indicador de desempeño para obtener las medidas más eficientes. Hasta esta pregunta, estos países son los que menos información han aportado, además de casi no utilizar el ACE y ACB.

Entre los países que utilizan todas las medidas de eficiencia están Dinamarca, Sudáfrica, Lituania y Holanda, además Dinamarca y Sudáfrica utilizan otra medida la cual es la tasa de retorno del primer año. Uno de los mayores problemas del ACB es obtener válidos y confiables valores monetarios de todos los efectos o beneficios relevantes, con esto podemos decir que son los países que mejor jerarquizan las medidas de seguridad.

Corea utiliza en primer lugar la relación beneficio-costo, en segundo el valor presente neto y en tercero la tasa interna de retorno; utilizando estos indicadores se puede llegar

a elegir la medida que mejor costo-beneficio tenga.

Canadá, Suecia y Portugal utilizan el valor presente neto y la relación beneficio-costos; estas medidas son complementarias por lo que estos países pueden tener una buena comparativa para elegir la mejor medida de seguridad vial, además Portugal también utiliza la tasa interna de retorno.

Por su parte Alemania, Argentina y EEUU basan sus análisis en la relación beneficio-costos y costo efectividad; con estos métodos los países pueden determinar las medidas más valiosas para un sitio específico y se utilizan para evaluar la justificación económica de los proyectos individuales.

Japón, Australia y Hungría utilizan únicamente la relación beneficio-costos; esto con las limitantes que tiene solamente usar un método, ya que éste no es válido para dar prioridad a proyectos múltiples o múltiples alternativas para un solo proyecto.

En México la única medida que se toma en cuenta es el valor presente neto, para analizar los costos de implementación de las medidas de seguridad y compararlos con los beneficios obtenidos por la misma.

- 7 En su opinión, ¿cuales son las principales razones por las que los métodos de ACE y ACB no son siempre utilizados para evaluar medidas de seguridad vial?

<b>Medida de desempeño</b>	<b>Seleccione</b>
a) Barreras fundamentales (Resultantes de las bases teóricas de las herramientas de evaluación)	
b) Barreras institucionales (Barreras relacionadas a la organización generadora de las políticas de seguridad vial)	
c) Barreras Técnicas/Metodológicas (Requerimientos técnicos, disponibilidad de datos)	
d) Barreras de implementación (Barreras relacionadas con el proceso de implementación)	
e) Otras (especifique):	

Sudáfrica y Lituania son los países que cuentan con todo tipo de barreras para tomar decisiones sobre la aplicación de medidas de seguridad vial, siempre en el uso de la política de seguridad vial se enfrenta a limitaciones y restricciones. Éstas se le pueden presentar antes y durante la toma de decisiones de todo el proceso.

Casi todos los encuestados (86%) mencionan las Barreras Técnicas/Metodológicas como razones principales por las que el ACB o ACE no siempre se toman en cuenta para evaluar las medidas de seguridad vial. La mayoría de éstos también identificaron Barreras fundamentales y Barreras institucionales como razones principales. Las Barreras de implementación, fueron mencionadas por sólo un tercio de los encuestados.

Bélgica, Argentina, Cuba, India y Portugal son países que tienen tres de las Barreras mencionadas, por lo tanto tienen mayores obstáculos y restricciones al momento de tomar decisiones sobre la aplicación de medidas de seguridad vial.

El 43% de los países muestra dos tipos de Barreras al momento de realizar la evaluación de medidas de seguridad, estos países en teoría tienen menos dificultades que todos los anteriores, sin embargo existen barreras más difíciles que otras.

8 Mencione al menos tres barreras para el uso de herramientas de evaluación (p. ej. ACE, ACB) en la generación de políticas de seguridad en carreteras.

La falta de datos fue el obstáculo más común para el uso de las herramientas de evaluación económica. Otro obstáculo habitual es la dificultad para predecir la eficacia de las medidas de seguridad. Los encuestados también mencionaron otro tipo de barreras, como: la dificultad para entender, los partidos políticos quieren influir en la formulación de políticas de seguridad, la política estatal de asignación de presupuestos; los programas de seguridad siempre son programas a largo plazo por lo que su resultado siempre será en el futuro, los gobiernos necesitan conocimientos especiales para llevar a cabo el ACB y ACE; la necesidad realizar un enfoque intuitivo a la intervención de la seguridad vial, los problemas éticos para evaluar el valor de la vida y compararlo con valores monetarios.

9. ¿Que método es utilizado en su país para estimar el costo de un muerto y un lesionado?

Métodos de estimación	Seleccione
Método del capital humano %Producto Bruto+	
Disposición a pagar	
Método del seguro de vida	
Otras (especifique):	

Bélgica, Eslovenia y EEUU son países que no utilizan ningún método para estimar el costo de un muerto o un lesionado, esto por las dificultades asociadas para la estimación precisa de qué método es el más válido para la evaluación del valor de la vida.

La mayoría de los encuestados (57%) utiliza el método del capital humano ya que por lo general se refiere a los costos directos (gastos médicos) e indirectos (pérdida de producción). Este enfoque presenta desventajas evidentes, ya que se centra únicamente en los efectos económicos de la pérdida de vida y no toma en cuenta el valor y el goce de la vida interrumpida.

El 38% de los países utiliza el método de disposición a pagar, la mayoría de éstos al

mismo tiempo utiliza el método del capital humano, teniendo así una comparativa entre éstos y así poder elegir el mejor valor estimado. El método de disposición a pagar debe incluir el valor del dolor y el sufrimiento evitado, así como el valor del tiempo perdido debido a la enfermedad y los costos del tratamiento médico.

Por su parte Cuba utiliza estimados aproximados según los gastos de seguridad social, costos de hospitalización y aporte de salario medio.

10. ¿Qué valor económico utiliza para una muerte y un lesionado grave?

<b>Costos derivados del accidente</b>	<b>Muerto</b>	<b>Herido grave</b>
Pérdida del producto		
Costos humanos (dolor, pena, sufrimiento y pérdida en la calidad de vida)		
Costos médicos y hospitalarios		
<b>Total</b>		

**Moneda:**

**Año:**

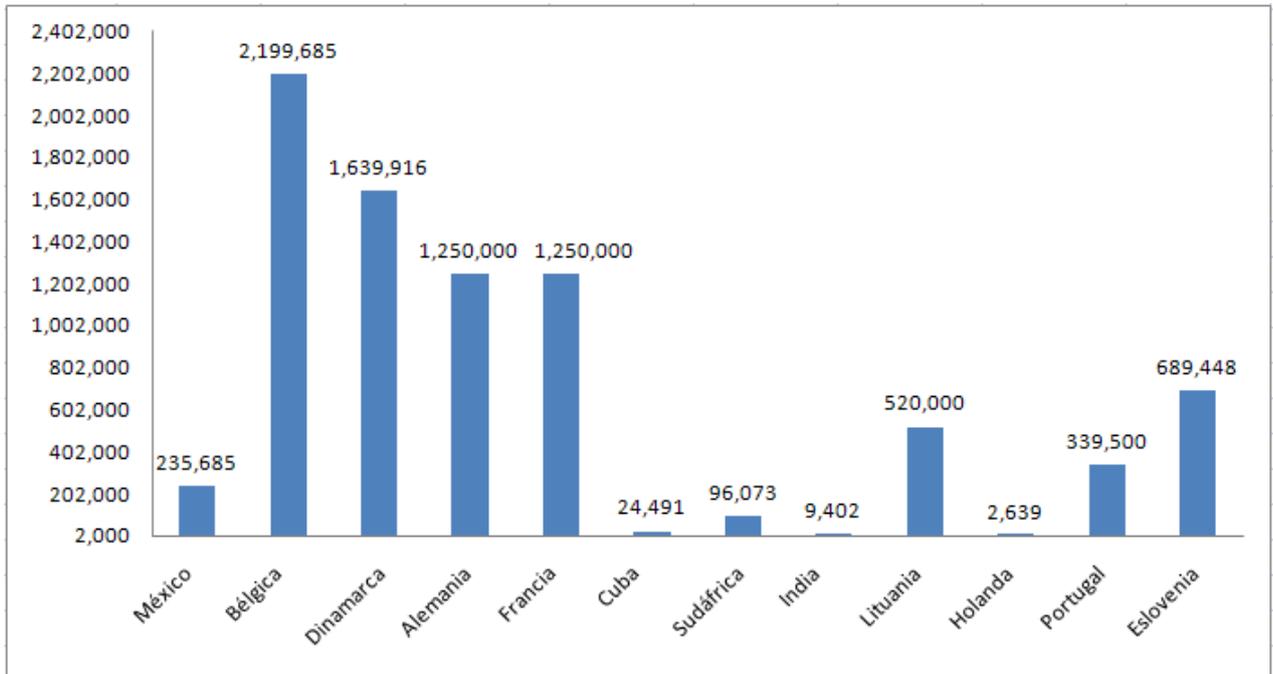
**Fuente (e. j. referencia bibliográfica):**

Canadá, Corea, Suecia, Japón, Hungría, Irán y EEUU son países que aún no pueden estimar los costos de un muerto o lesionado grave, debido a la falta de información y dificultades asociadas a dichos estudios, también se sabe que es más difícil comparar los valores para lesiones graves usados en diferentes países que comparar los valores para las muertes producidas.

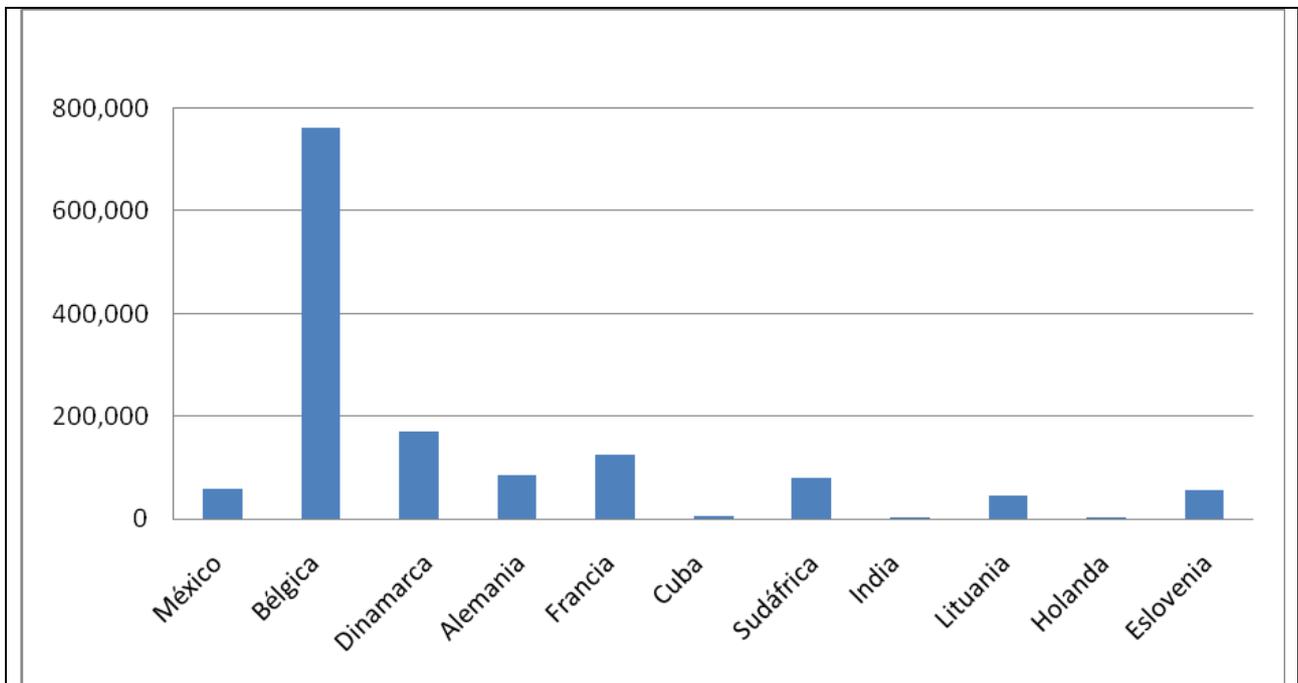
Bélgica es el único país en proponer un valor superior a los dos millones de euros, lo cual sorprende por que hay países que tienen un mayor PIB como Francia, Alemania, India y México.

En cuanto a Dinamarca, Alemania y Francia proponen valores por encima del millón de euros, mientras que el resto de los países utiliza valores menores al millón.

India es uno de los países con mejor PIB sólo por debajo de Alemania y Francia, sin embargo propone un valor poco coherente con el total de sus ingresos, en cambio Cuba es un país que produce poco por lo mismo le da un valor muy bajo a un muerto.



**Figura 3.8**  
**Valor total para un muerto en Euros**



**Figura 3.9**  
**Valor total para un lesionado grave en Euros**



Se observa nuevamente que Bélgica propone el valor más alto, al igual que en el valor para un muerto Cuba, India y Holanda proponen los valores más bajos. Los otros países mantienen una coherencia entre el valor de un muerto y un lesionado grave.

11 En accidentes carreteros, ¿Cómo se define lesionado grave en su país?

Bélgica, Canadá, Alemania, Francia, Eslovenia y Portugal tienen la misma definición para un lesionado grave, la cual es la siguiente: Cualquier persona lesionada que fue hospitalizada por un período de más de 24 horas.

En México simplemente lo definen como aquél que requiere hospitalización.

En Dinamarca un lesionado grave es aquél que requiere un tratamiento médico adecuado. Las lesiones graves son aquéllas como fracturas, contusión o similar, mientras aquéllas con daños leves se definen como lesiones leves.

Corea cataloga como un lesionado grave aquél que requiere hospitalización más de tres semanas.

Para Suecia un lesionado grave es una persona involucrada en un accidente en la vía pública con un vehículo y que sufrió lesiones, si de ésta se da una invalidez médica con un riesgo de 3% de discapacidad severa.

En Japón son lesionados graves lo que requieran tratamiento 30 días o más.

Cuba lo define como los lesionados que permanecen al menos un mes en el hospital y aquéllos que por las lesiones resultantes tienen peligro para la vida.

En Sudáfrica una lesión grave se define como una víctima que tuvo que ser hospitalizada durante un período de tiempo. Una lesión leve es tratada en el lugar del incidente y la víctima es puesta en libertad.

En Australia es todo aquél que tiene la admisión al hospital y permanece durante una noche. Si alguien toma una ambulancia y lo lleva directamente al hospital, entonces es automáticamente una lesión grave y se reduce el accidente cuando a la persona se le permite abandonar el hospital después de unas horas.

En Hungría es cualquier persona que tenga una o más lesiones graves, contusiones o cualquier otra curación que requiera más de ocho días o la atención hospitalaria necesaria.

En India es aquél que tenga una permanente pérdida de una función corporal y/o desfiguración grave.

Por su parte en Irán no hay diferencias entre los diferentes niveles de lesiones.

Mientras que en Lituania no existe la definición de lesionado grave, sólo usan la definición de lesión y muerte.

En Holanda es aquél que pasa como mínimo una noche en el hospital.

En EEUU son todas las lesiones que no sean corporales pero que impidan al herido caminar, conducir o normalmente continuar con las actividades que la persona era capaz de realizar antes del accidente.

12 ¿Cuáles son los costos totales de los accidentes carreteros?

	<b>Costos totales de los accidentes carreteros</b>
Pérdida de producción	
Costos humanos (dolor, pena, sufrimiento y pérdida en la calidad de vida)	
Costos médicos y hospitalarios	
Daños materiales (vehículos, camino, etc.)	
Costos administrativos (p. ej. policía, legales, seguros)	
Pérdidas por congestión vial producida por los accidentes	
<b>Total</b>	

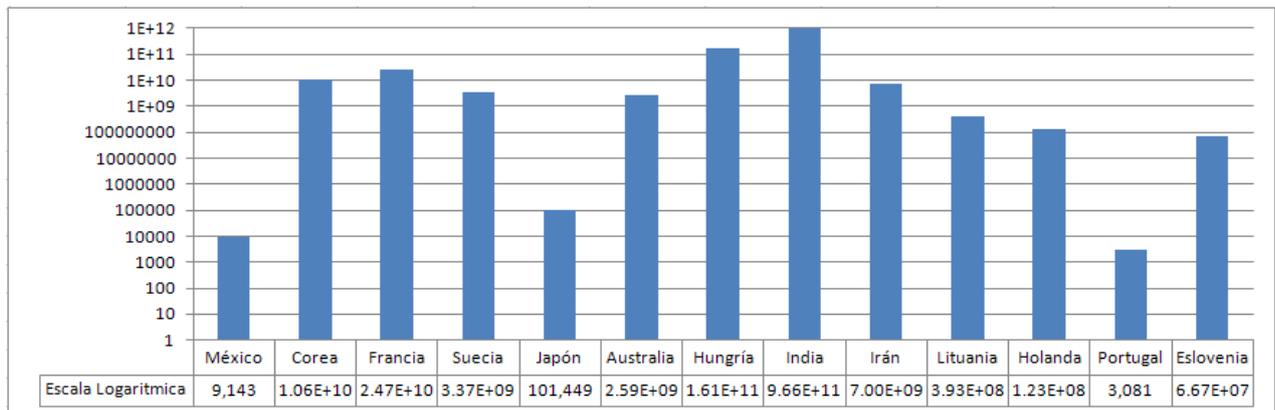
**Moneda:**

**Fuente (e. j. referencia bibliográfica):**

**Año:**

**Cantidad de muertes en el año:**

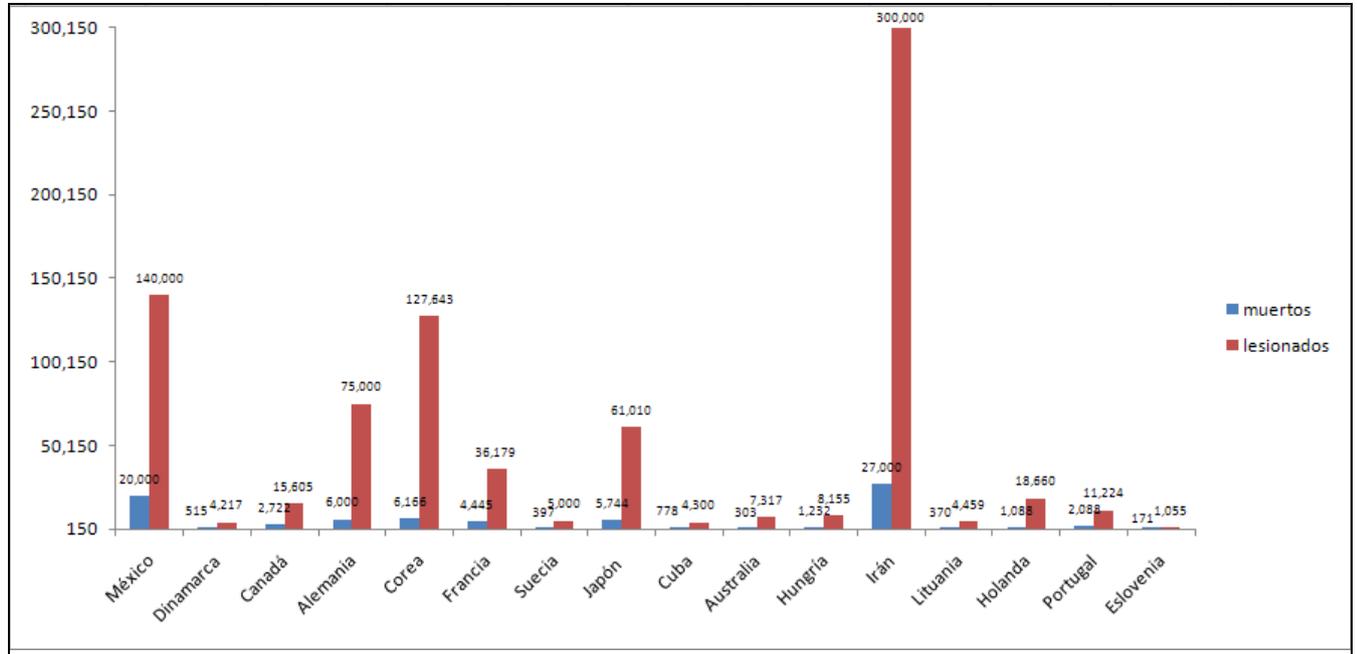
**Cantidad de lesionados graves en el año:**



**Figura 3.10**  
**Costos totales de los accidentes en euros**

Un estudio realizado estima que los accidentes de carretera cuestan en promedio 1% del producto interno bruto (PIB). Esta cifra ha sido utilizada por muchos países y organismos internacionales que ayudan a estimar (aunque sea burdamente) la magnitud de los costos atribuibles a los accidentes viales, pero como los países han

desarrollado un rango más alto, ha sido sugerido del 1 al 3% por el Banco Mundial y otros.



**Figura 3.11**  
**Cantidad de muertos y lesionados por año**

India es el país que tiene el mayor costo por accidentes viales, lo cual no es lógico ya que es uno de los países que propone los valores más bajos para un muerto y un lesionado, además que no proporciona la cantidad de éstos.

Hungría también tiene un alto costo en accidentes viales, sin embargo también es poco razonable ya que no proporciona los valores de un muerto y un lesionado, además de ser uno de los países con menor cantidad de muertos y lesionados.

Irán es otro de los países con mayor costo por accidentes carreteros, al mismo tiempo es el país que tiene el mayor número de muertos y lesionados en sus carreteras.

México junto con Portugal son los países que menos costos tienen por accidentes de tránsito, aunque México sea el segundo país con más lesionados (140,000) en sus carreteras.

Los países altamente motorizados con 60% de los vehículos del mundo, tienen sólo 14% de las muertes mundiales. Opuestamente la región de Asia/Pacífico, con sólo 16% de vehículos, tiene aproximadamente 44% de las muertes mundiales. Europa del Este y Central, África y el Medio Oriente muestran una tendencia semejante. Latino América y el Caribe son las únicas regiones del mundo en vías de desarrollo.

Se estima que en el 2002 entre 800,000 y 950,000 personas pudieron haber muerto como resultado de los accidentes de tráfico y que la mayoría de estas muertes ocurrieron en países en desarrollo y naciones emergentes, con aproximadamente la

mitad en la región Asia-Pacífico; las muertes en carretera que se espera continúen aumentando a 1 y 1,1 millones en el año 2010 y entre 1,1 y 1,3 millones en 2020.

México es el segundo país con mayor número de muertos y lesionados, sólo después de Irán, lo cual es significativamente preocupante porque no es considerado un país altamente motorizado y es un país con una alta tasa de muertos y lesionados. En buena medida, esta falla deriva de algunas deficiencias institucionales existentes.

13a En la evaluación de medidas de seguridad en carreteras, ¿Se consideran efectos secundarios (e. j. efectos ambientales)?

13b Si respondió sí a la pregunta anterior:

- Especifique los tipos de efectos:

- ¿Se expresan en términos monetarios?

13c Si respondió no, ¿cuáles son las principales razones por las cuales no se consideran?

13d ¿Qué periodo utiliza para comparar una situación antes y después de la implementación de medidas de seguridad en carreteras para evaluar sus efectos?

Más de la mitad de los países encuestados (62%) no toman en cuenta efectos secundarios en las medidas de seguridad vial.

Bélgica toma en cuenta los efectos de la vista, si es zona urbana o rural y la velocidad del tránsito de emergencia.

En su caso Canadá estudia la contaminación adicional debido a retrasos de tránsito.

En Francia analizan el efecto de reducción de CO<sub>2</sub> y de ruido.

Por su parte en Suecia toman en cuenta la contaminación adicional debido a los neumáticos de clavos, el uso de sal en el invierno para mantenimiento de carreteras puede destruir la vegetación y el aumento del consumo de combustible de vehículos pesados.

En Argentina se considera el control de publicidad y el control de camiones pesados.

Japón esta considerando los efectos de ahorro de tiempo de viaje, reducción del costo de viaje y reducción de los accidentes de tránsito.

En Hungría estudian el derrame de sustancias peligrosas.

Por su parte en Irán se consideran los accidentes de vehículos que transportan mercancías peligrosas y contaminan al medio ambiente.

Canadá, Argentina y Hungría son los únicos que expresan en términos monetarios estos efectos.

En México la razón por la cual no se estudian otros efectos, es porque no se cuenta con información sobre el costo de los efectos ambientales.

En Canadá cuando no se toman en cuenta éstos, es por la dificultad de evaluar el valor de los efectos ambientales, también en caso que el ACB resulte positivo entonces los efectos ambientales no son necesarios.

En Alemania no se consideran tales efectos porque existen fuertes regulaciones para el impacto ambiental que todavía no están en equilibrio con la seguridad vial.

En Corea no se toman en cuenta porque no existen datos para valorar las condiciones, por su parte en Suecia es por la dificultad de evaluar el valor de los efectos ambientales, mientras que en Japón se les dificulta hacer una estimación confiable.

Por su parte en Cuba no contabilizan con precisión los costos económicos de los accidentes, ni se desglosan sus efectos.

El 43% de los encuestados no hacen un análisis antes y después de poner en práctica las medidas de seguridad vial.

En México, Corea e India utilizan un año antes y después de implementar las medidas para evaluar su efectividad, además Corea en algunas ocasiones utiliza 3 años.

También se encontró que Alemania, Cuba, Australia y Hungría analizan las medidas tres años antes y después de haber sido puestas en práctica, mientras que Japón y Lituania tienen un período de cuatro años; los únicos países que utilizan 5 años son Dinamarca, Francia y Suecia.

Desde el punto de vista de la fiabilidad estadística, 5 años es lo más conveniente, dando un tamaño grande de muestra y una atenuación de las fluctuaciones de corto plazo. Sin embargo, un período más corto quizás conducirá a la detección temprana de cambios súbitos en la tasa de accidentes. Por esta razón, muchas autoridades han establecido sistemas para detectar fluctuaciones substanciales de corto plazo.

14a Favor de proporcionar las cinco mejores medidas de seguridad en carreteras que produjeron los mejores resultados en términos de su costo-efectividad.

14b ¿Utilizó el Análisis Costo-Beneficio para determinar el orden de importancia de las medidas listadas arriba? Si utilizó algún otro método para ordenar las medidas, favor de describirlo y explicar el proceso para obtener dicho listado.

14c Favor de proporcionar un ejemplo o estudio de caso sobre el método de jerarquización de medidas de seguridad en forma electrónica (e. j. hoja de cálculo). Los archivos pueden adjuntarse al cuestionario o proporcionando la dirección electrónica para su consulta.

El control de velocidad fue la medida que más se enumeró como la mejor de las cinco en términos de aumento en la seguridad con la mejor rentabilidad. La protección de peatones también era común entre los encuestados. Otras medidas que fueron identificadas son:

- Control del alcohol por la policía.
- Cambios en la infraestructura; rotondas, reconstrucción de intersecciones, mantenimiento del pavimento, bandas sonoras, sobreelevación y ampliación en curva, barrera separadora.
- Jurisdicción / leyes (cinturón de seguridad, casco de bicicleta, restringir el uso de teléfonos móviles).
- Cámaras de semáforo en rojo.

- Mejorar las condiciones de la visibilidad.
- Señalamiento.
- Educación vial en la escuela y para licencia de conducir.

Los resultados del proceso de evaluación permiten jerarquizar las medidas en función de los beneficios que generarían y los costos necesarios para su implementación, de tal forma que bajo el criterio de evaluación aplicado es posible seleccionar la medida que ofrece el más alto nivel de beneficios relativo al costo de implementación, asegurando que la disponibilidad de recursos son utilizados de manera más efectiva. El único país que utiliza el ACB para jerarquizar las medidas es México.

15a Favor de proporcionar las cinco mejores medidas de seguridad en carreteras que produjeron los mejores resultados en términos de su costo-efectividad aplicadas específicamente a usuarios vulnerables (e. j. peatones, ciclistas, motociclistas).

15b ¿Utilizó el Análisis Costo-Beneficio para determinar el orden de importancia de las medidas listadas arriba? Si utilizó algún otro método para ordenar las medidas, favor de describirlo y explicar el proceso para obtener dicho listado.

Las instalaciones separadas (incluyendo instalaciones de cruce) fue la medida que más se enumeró como la mejor de las cinco para los usuarios vulnerables de la vía. El uso del casco fue otra medida muy común. Otras medidas que fueron identificadas son:

- Barreras para prohibir el cruce ilegal; para motocicletas, para control de acceso.
- Reductores de velocidad.
- Señales de cuenta atrás para peatones.
- Pasos peatonales en las intersecciones de prioridad.
- Visibilidad nocturna mejorada (incluyendo alumbrado público).
- Reflector en bicicletas.
- Líneas de paradas fijas.
- Diseño de los coches para la protección del usuario vulnerable.
- Puentes peatonales.

A efecto de reforzar las acciones conducentes e implementar mejores medidas y, en todo caso las más eficaces y rentables, se jerarquizan mediante el ACB el cual únicamente utilizan México y Lituania.

16 ¿En que se basan los políticos para asignar mayores recursos a las medidas de seguridad?

<b>Indicador</b>	<b>Seleccione</b>
a) La cantidad de muertes evitadas	
b) La cantidad de heridos evitados	

c) Costo de las medidas de seguridad	
d) Otros (especifique):	

Casi todos los encuestados (76%) indicaron que los políticos ponen más peso para la asignación de recursos en el número de muertes evitadas y, sólo el 29% se basa en la cantidad de heridos evitados. Como último indicador los gobernantes toman en cuenta el costo de la medida.

En cambio Argentina basa sus decisiones en el número de muertos; por su parte en Hungría también toman en cuenta los lugares de accidentes mencionados en los medios de comunicación.

17 ¿Tiene usted algún comentario o sugerencia sobre las preguntas anteriores?

Dentro de los pocos comentarios mencionan la dificultad de responder todas las preguntas con precisión y la sutileza en algunas de las respuestas.

También se menciona que cada caso es un caso único con condiciones especiales y no es tan fácil calcular efectos únicos sobre la base de una evaluación mundial.



## 5 Conclusiones y recomendaciones

---

### 5.1 Conclusiones

Esta tesis tiene por objeto presentar las medidas de seguridad más eficientes y/o efectivas utilizadas en diferentes países mediante la aplicación de un cuestionario. También se obtiene información adicional, como es: metodologías para identificar puntos negros, barreras que impiden evaluar medidas de seguridad vial, métodos para estimar el costo de un muerto y un lesionado; además, si se consideran efectos secundarios en la evaluación de medidas de seguridad vial, o no.

Los resultados obtenidos de los cuestionarios mostraron que la medida de seguridad denominada %control de velocidad+resultó ser la más eficiente, así como también la más rentable. En cuanto a las medidas aplicadas específicamente a usuarios vulnerables, la mejor fue la denominada %instalaciones separadas+.

Casi todos los encuestados están familiarizados con el ACB y ACE para la valoración de medidas de seguridad vial. Así mismo todos los países identifican puntos negros dentro de su red carretera.

La mayoría de los encuestados responde que las principales razones por las que no se utiliza el ACB y ACE para evaluar las medidas de seguridad vial son las %Barreras Técnicas/Metodológicas+, %Barreras Fundamentales+y %Barreras Institucionales+.

Además se encontraron otras respuestas interesantes como que el método más utilizado para estimar el costo de un muerto y un lesionado es el del %capital humano+, también que la definición más utilizada para un lesionado grave es: %cualquier persona hospitalizada por un período de más de 24 horas+. Así mismo la mayoría de los países no toman en cuenta efectos secundarios para evaluar las medidas de seguridad debido a la dificultad de valuar los efectos ambientales.

Se identificó que los políticos se basan en el número de muertes evitadas para asignar mayores recursos a las medidas de seguridad vial.

Finalmente los presupuestos deben aplicarse a la realización de medidas con resultados óptimos. Esto debe extenderse a los presupuestos para seguridad en los caminos. Así, debe tenerse la capacidad para demostrar, no sólo que una cierta reducción de accidentes seguirá de la implantación de una medida determinada, sino también que la ejecución de tal medida no excederá su presupuesto y, de ser posible, asegurarse que la realización de esa medida será más benéfica que la realización de cualquier otra.

En definitiva, todos somos usuarios de las vialidades y, como tales, somos responsables de qué tan efectivas resulten las medidas implementadas, es decir, sin importar si se trata de ingenieros, abogados, médicos o cualquier especialista directamente involucrado en el tema, todos participamos como peatones, conductores, ciclistas, etc., y estamos expuestos a las consecuencias de un accidente, en nosotros mismos o en nuestros seres queridos.

## **5.2 Recomendaciones**

Los expertos en seguridad vial deberían hacer mayores esfuerzos para difundir información y conocimientos sobre el funcionamiento y efectos de este análisis dentro de sus países, aprovechando la experiencia internacional. Dicha información debe ser difundida con gran experiencia, con argumentos muy claros y comprensibles. A menudo, la difusión de información está limitada por los recursos financieros disponibles; más dinero para la difusión de información y mejores explicaciones del ACB de medidas de seguridad vial podría desempeñar un papel muy importante en la obtención de una mayor aceptación. Se debe prestar especial atención a los políticos de todos los niveles.

Así mismo se recomienda la creación de una detallada base de datos de accidentes de tránsito o, como una operación preliminar, la cooperación entre bases de datos existentes debería ayudar a fomentar el uso más amplio del ACB. Una buena información, posiblemente comparada con las tendencias internacionales de accidentes por carretera y el impacto de las medidas de seguridad vial, debe crear un entorno favorable para la introducción del ACB, con el beneficio de las experiencias internacionales. Un paso importante para lograr este objetivo es crear una metodología común para la recopilación de datos de accidentes de tránsito y los datos de tránsito a nivel nacional. En el plano internacional, debe organizarse una cooperación más estrecha entre las diversas organizaciones internacionales encargadas de mejorar la seguridad vial y de transporte por carretera.

## Bibliografía

---

Rivera, C.; Mendoza, A.; Análisis costo-beneficio y costo-efectividad de las medidas de seguridad implementadas en carreteras mexicanas; Instituto Mexicano del Transporte; Publicación Técnica No. 319, Querétaro, México, 2009.

Elvik, R.; and Vaa, T.; The Handbook of Road Safety Measures

Amundsen, F. H. et al. (1976). Gangfelt. Utredninger for gangfeltutvalget i 1975. TOI-rapport. Utgitt i samarbeid med Forskningsgruppen, Institutt for samferdselsteknikk, Norges Tekniske Hogskole. Transportokonomisk institutt, Oslo.

Amundsen, F.H. y F. Hofset (2000). Omkjøringsveger . en analyse av trafikkulykker og trafikkutvikling. Rapport TTS 8 2000. Vegdirektoratet, Kontor for trafikkanalyse, Oslo.

Arbeidsdokument TST/0321/92 konfidensielt. Transportokonomisk institutt, Oslo.

Bjornskau, T. (1993). Risiko i vegtrafikken 1991-92. TOI-rapport 216. Transportokonomisk institutt, Oslo.

Brodsky, H. y A. S. Hakkert (1988). Risk of a road accident in rainy weather. Accident Analysis and Prevention, 20, 161-176

Cirillo, J.A. (1968). Interstate System Accident Research . Study II . Interim Report II.

Dahlen og Toftenes (radg ingeniører) (1979). Lyssignalanlegg i Berum.

Elvik, R. (1992). Nytte-kostnadsanalysers rolle som grunnlag for riksveginvesteringer.

Elvik, R. (1993). Hvor rasjonell er trafikksikkerhetspolitikken? En analyse av investeringsprogrammet på Norsk veg-og vegtrafikkplan. TOI-rapport 0175. Transportokonomisk institutt, Oslo.

Elvik, R. (1997). Vegtrafikklovgivning, kontroll og saksjoner. Potensialet for a bedre trafikksikkerheten og nytte-kostnadsvurdering av ulike tiltak. TOI-notat 1073.

Elvik, R. (2002). Optimal Speed Limits. The limits of optimality models. Transportation Research Record, 1818, 32-38.

Elvik, R. y R. Muskaug (1994). Konsekvensanalyser og trafikksikkerhet. Metode for beregning av konsekvenser for trafikksikkerheten av tiltak på vegnettet. TOI-rapport 0281. Transportokonomisk institutt, Oslo.

En: Human behavior and traffic safety. (Evans, L. and R. C. Schwing eds.) Plenum Press, New York, NY.

Englund, A. (1978). TRKs haverikommission. Redogorelse for en forsøksverksamhet. Rapport 1. Forsakringsbranchens Trafiksakerhetskommitté, Stockholm.

Fosser, S. y A. Ragnoy (1991). Teknisk stand på personbiler i trafikken 1990. TOI-rapport 80. Transportokonomisk institutt, Oslo.

Fosser, S., T. Vaa y A. K. Torp (1992). Sikring av barn og voksne i bil. Et informasjonshefte om bilbeter, barnesikring og luftputer . lovgivning, sikkerhetseffekt, bruk og feilbruk. Rapport 111. Transportokonomisk institutt og Gjensidige forsikring,

Oslo.

Grime, G. (1987). Handbook of road safety research. Butterworth, London.

Harms, P. L. (1992). Crash injury investigation and injury mechanisms in road traffic accidents. State-of-the-art review. HMSO, 1992 (trabajo realizado para el Transport Research Laboratory). London.

Ivey, D. L. et al. (1981). Predicting wet weather accidents. Accident Analysis and Prevention, 13, 83-99

Johansson, R. (1982). Forhllandet mellan upplevd och verklig olycksrisk. TFD-rapport 1982:9. Transportforskningsdelegationen, Stockholm.

Jorgensen, N. O. et al. (1985). Fartsgrenser . i trafikksikkerhetens tjeneste? NVF-rapport 1985:6. Nordisk Vegteknisk Forbund, Utvalg 52, Trafikksikkerhet, Oslo.

Kahane, C. J. (1993). Preliminary Evaluation of the Effectiveness of Rear-Wheel Antilock Brake Systems for Light Trucks. Draft Report December 1993. US Department of Transportatiton, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.

Karlsen, P. G. (1989). Vurdering av forskjellige blokkeringsfrie bremsesystemer (ABS) under nordiske veg- og vinterforhold. Rapport 40/1989. Teknologisk institutt, Avdeling for kjoretoyteknikk, Oslo.

Loeb, P. D. (1985). The Efficacy and Cost-Effectiveness of Motor Vehicle Inspection Using Cross-Sectional Data . An Econometric Analysis. Southern Economic Journal, 52, 500-509.

Loeb, P. D. y B. Gilad (1984). The efficacy and cost-effectiveness of vehicle inspection. Journal of Transport Economics and Policy, 18, 145-164.

Munden, J. M. (1967). The relation between a driver's speed and this accident rate.

Muskaug, R. (1995). Trafikkskilting i Norden. Situasjonsbeskrivelse og grunnlag for framtidig forenkling og harmonisering. TemaNord 1995:547. Nordisk Ministerrad, Kobenhavn.

Muskaug, R. et al (1979). Hvordan endringene i trafikkreglene 1978 virket pa trafikantenes kunnskap og atferd. Prosjektrapport. Transportokonomisk institutt, Oslo.

National Highway Traffic Safety Administration (1995). National Accident Sampling System Crashworthiness Data System 1991-1993. Report DOT HS 808 298. US Department of Transportation, National Highway Traffic Safety Administration, Washington DC.

Nilsson, G. y P-O. Roosmark (1976). Forslag till malsattning och kriterier for val av hastighetsbegrensningssystem. VTI-rapport 76. Statens vag

Partyka, S. C. (1979). Fatal accidents in the first fifteen months of the National Crash Severity Study. Proceedings of Twenty-Third Conference of the American Association for Automotive Medicine (77-89), Louisville, KY, October 3-6, Louisville.

Public Roads, 35, 3, 71-75.

Ragnoy, A. (1989). Trafikksikkerhet og drengasfalt. Arbeidsdokument TST/0143/89.

Ragnoy, A., T. Vaa y R. H. Nilsen (1990). Skilting y Norge. Resultater fra registrering og evaluering av 8 vegstrekninger i Ostlandsområdet. TOI-notat 945. Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Robinson, B. J. y A. R. Duffin (1993). The performance and reliability of anti-lock braking systems. Braking of Road Vehicles. Proceedings (115-126) of the Institution of Mechanical Engineers, 23-24 March 1993, Institution of Mechanical Engineers (IMechE), Birdcage Walk, London. Publicado por Mechanical Engineers Publications Limited, London.

Rompe, K. y E. Seul (1985). Advantages and disadvantages of conducting periodic roadworthiness tests to monitor the mechanical condition of private cars, the impact of such tests on road safety, environmental protection and the renewal of the vehicle fleet, and the scope for introducing roadworthiness testing throughout the European Community. Report VII/133/85-EN. Commission of the European Communities, Directorate-General for Transport, Brussels.

RRL Report LR 88. Road Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire.

Rumar, K. (1985). The role of perceptual and cognitive filters in observed behavior.

Samferdselsdepartementet (1978). Stortingsmelding 72, 1977-78. Om fart og fartsgrenser. Samferdselsdepartementet, Oslo.

Satterthwaite, S. P. (1976). An assessment of seasonal and weather effects on the frequency of road accidents in California. Accident Analysis and Prevention, 8, 87-96

Solomon, D. (1964). Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle. US Department of Commerce, Bureau of Public Roads, Washington DC.

Spolander, K. (1983). Bilforares olyckrisker . en modell testad pa man och kvinnor. VTI-rapport 260. Statens vag- och trafikinstitut, Linköping.

Statens vegvesen (1987). Normaler. Skiltnormaler. Tekniske bestemmelser og retningslinjer for offentlige trafikskilt, vegoppmerking og trafikklyssignaler. Handbok 050. (Manual de la Administración Noruega de Carreteras 050. Statens vegvesen, Oslo.

Statens vegvesen, Vegdirektoratet (1994). Normalplan for foreropplering. Forerkort klasse B. November 1994. Vegdirektoratet, Oslo.

Statistisk sentralbyrå (1995). Veitrafikkulykker 1994. NOS C 255, Oslo-Kongsvinger.

Trafikksikkerhet. Utarbeidet for Vegkontoret i Akershus. Haslum.

Transportøkonomisk institutt, Oslo.

Vaa, T. et al. (1990). Registrering av faktisk skiltbruk i Norden. Resultater fra registrering og evaluering av 32 vegstrekninger i Danmark, Finland, Norge og Sverige. Rapport 69. Transportøkonomisk institutt, Oslo.



## **Anexo A**

---

### **Cuestionario tipo**

- 1a. Are you familiar with CBA/CEA for road safety actions appraisal?
- 1b. Do you feel your country needs CBA/CEA for appraising and integrating road safety programs?
- 2a. Are dangerous sites (i.e., ~~Black Spots~~ or locations exhibiting potential for safety improvement) in your road network identified?  
If yes, describe the technique applied for identifying dangerous sites in your road network.
3. Check the economic assessment tools your country uses for prioritizing road safety programs and projects.

Economic assessment tools	Select	
	Programs	Projects / measures
Cost Effectiveness Analysis (CEA)		
Cost Benefit Analysis (CBA)		
Both		
Other (describe):		

4. What are the main government levels (national, regional, local) at which decisions are taken regarding the following types of road safety measures?

Type of road safety measure	National	Regional	Local
Road design and roadside furniture/hardware			
Road maintenance			
Traffic control			
Vehicle design and personal protection			
Vehicle inspection			
Public education and information campaigns			
Police enforcement			

5. From the following types of road safety measures, check those for which your country specifically applies CEA and CBA.

Type of road safety measure	CEA	CBA
Road design and road furniture/hardware		
Road maintenance		
Traffic control		
Vehicle design and personal protection		
Vehicle inspection		
Public education and information campaigns		
Police enforcement		

6. Which project performance measures are mostly used when performing CBA?

Performance measure	Select
Net Present Value	
Benefit-Cost Ratio	
Internal Rate of Return	
Cost effectiveness (safety improvement cost per accident reduced)	
Other (specify):	

7. In your opinion, what are the major reasons why CEA or CBA are not always performed for road safety measures?

Performance measure	Select
Fundamental barriers (Resulting from the theoretical basis of the assessment tools)	
Institutional barriers (Barriers related to the organization of policy making)	
Technical/Methodological barriers (Technical requirements, data needs)	
Implementation barriers (Related to the implementation process)	
Other (especificy):	

8. List at least three barriers for using economic assessment tools (e.g. CEA, CBA) in road safety policy?
9. Which approach does your country use to estimate the cost of a fatality or a casualty?

Economic assessment tools	Select
Human capital Approach or %Gross Output+	
Willingness-to pay (WTP)	
The life insurance approach	
Other (specify):	

10. Which current value do you use for a road accident fatality and serious injury?

Accident costs	Fatality	Serious injury
Production loss (lost output)		
Human costs (pain, grief, suffering, and loss of quality of life)		
Medical and health care costs		
Total		

**Currency:**

**Year:**

**Source (e.g. reference to report):**

11. How does your country define a serious injury?  
 12. What are the total costs of road crashes?

	<b>Costs of road crashes (yen / one crash)</b>
Production loss (lost work output)	
Medical and health care costs	
Human costs (pain, grief, suffering, and loss of quality of life)	
Property damage (vehicles, roads, etc.)	
Administrative costs (e.g. police, courts, insurers)	
Loss by Traffic Jam	
Total	

**Currency:**

**Source (e.g. reference to report):**

**Year:**

**Number of road crash fatalities in that year:**

**Number of serious injuries in that year:**

- 13a. Are secondary effects (e.g. environmental effects) taken into account in the appraisal of safety measures.
- 13b. If yes:
- specify the types of effects:
  - Are they expressed in monetary terms?
- 13c. If no, what are the main reasons for not taken them into account?
- 13d. Which period do you use for comparing the +pre+ and +post+ situation in order to evaluate the effects of road safety measures?
- 14a. Please list the best five road measures for achieving safety gains in order of cost effectiveness.

<b>Ranking of road safety measures</b>
1.
2.
3.
4.
5.

- 14b. Was a cost-benefit analysis used to determine the priority of the measures listed above? If a measure other than cost-benefit analysis is used for prioritization, please explain. Please list the primary report in documenting your process and approach for conducting the analysis.
- 14c. Please provide an example or case studies of your prioritization methodology available in an electronic format. Your information can be provided by returning an attached document or by giving a website address for downloading the document.
- 15a. Please list the best five road measures for achieving safety gains in order of cost effectiveness related to vulnerable road users (e.g. pedestrians, cyclists, moped and motorcycle riders)?

<b>Ranking of road safety measure</b>
1.
2.
3.
4.
5.

- 15b. Was a cost-benefit analysis used to determine the priority of the measures listed above? If a measure other than cost-benefit analysis is used for prioritization, please explain.
16. Where do politicians put more weight for the allocation of resources?

<b>Indicator</b>	<b>Select</b>
a) The number of fatalities saved	
b) The number of injuries saved	
c) Costs of safety measures	
d) Other (specify):	

17. Do you have any further comments on the questions or related issues?

Affiliation:

Position:

Country:



**CIUDAD DE MÉXICO**

Av. Nuevo León 210  
Col. Hipódromo Condesa  
CP 06100, México, D F  
Tel +52 (55) 52 653600  
Fax +52 (55) 52 653600

**SANFANDILA**

Carretera Querétaro-Galindo km 12+000  
CP 76700, Sanfandila  
Pedro Escobedo, Querétaro, México  
Tel +52 (442) 216 9777  
Fax +52 (442) 216 9671



**INSTITUTO  
MEXICANO DEL  
TRANSPORTE**



[www.imt.mx](http://www.imt.mx)  
[publicaciones@imt.mx](mailto:publicaciones@imt.mx)