

## **XII ENCUENTRO DE ECONOMÍA APLICADA**

Madrid, 4 a 6 de Junio de 2008  
Universidad Rey Juan Carlos

Título del trabajo:

### **INCIDENCIA TÉCNICA Y ECONÓMICA DE LOS SISTEMAS DE SEGURIDAD DEL AUTOMÓVIL EN LA SINIESTRALIDAD Y DAÑOS PERSONALES**

Autores:

**Antonio García Tabuena** ([antonio.gtabuena@uah.es](mailto:antonio.gtabuena@uah.es)) \*  
**José Luis Crespo Espert** ([jose Luis.crespo@uah.es](mailto:jose Luis.crespo@uah.es)) \*\*  
**Esther Galindo Frutos** ([esther.galindo@uah.es](mailto:esther.galindo@uah.es)) \*

\*Departamento de Estadística, Estructura Económica y OEI, \*\* Departamento de Ciencias Empresariales; e Instituto Universitario de Análisis Económico y Social (IAES), Universidad de Alcalá

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales  
Plaza de la Victoria, 1; 28802 Alcalá de Henares (Madrid)  
Teléfono: 91 885 5225, Fax: 91 885 5211

#### **Resumen:**

Existen dos enfoques para abordar el análisis del comportamiento técnico y humano de un parque rodante (vehículos y conductores): de un lado, el conocimiento de su estructura y dinámica, así como el examen e incidencia de los sistemas de seguridad que se incorporan a los vehículos respecto al grado de siniestralidad y, de otro, las consecuencias económicas que se derivan de esta incorporación de sistemas de seguridad en términos de demanda de vehículos, coste económico de la siniestralidad (vehículos y víctimas) y tarificación de los seguros de cobertura.

Este trabajo se centra en la cuantificación —a través de la modelización econométrica— de los efectos que sobre la siniestralidad tienen los sistemas de seguridad vial de serie que van implantándose en los automóviles, en unas ocasiones por las innovaciones técnicas introducidas por los propios fabricantes, y en otras por las exigencias legales establecidas en esta materia por parte de gobiernos e instituciones internacionales.

Del estudio se deduce que la tendencia a la disminución del número de accidentes en las carreteras españolas está directamente relacionada con la introducción de elementos de seguridad, lo que además implica una reducción de la intensidad tanto de los daños personales más graves como de los daños materiales. El análisis del grado de penetración de los dispositivos de serie estudiados permite sostener que tanto fabricantes como administraciones públicas vienen haciendo esfuerzos económicos y de innovación orientados a mejorar la relación coste-beneficio.

**Clasificación Código JEL:** I18, y C20,

## 1. Introducción y objetivo

Según la Organización Mundial de la Salud, al año se producen en el mundo unas 1.200.000 muertes por accidentes de tráfico y entre 20 y 50 millones de heridos<sup>1</sup>. Los accidentes de tráfico suponen, según las mismas fuentes, la cuarta causa de mortalidad en el mundo y la primera en varones de entre 15 y 24 años. Además por cada fallecido se producen 7 heridos graves y 15 leves.

En la Unión Europea, donde el 84% de los desplazamientos es por superficie, mayoritariamente en automóvil, cada hora mueren entre 7 y 8 personas por accidente, produciéndose en torno a 40.000 muertes al año, así como numerosos heridos de distintas gravedades, lo que implica unos costes estimados por accidentes de tráfico de entre 180.000 y 240.000 millones de euros, más o menos el 2% del PIB comunitario<sup>2</sup>.

En España, según datos de la Dirección General de Tráfico (DGT, 2007) se produjeron en 2007 un total de 100.508 accidentes con víctimas, que arrojaron un resultado de más de 146.344 víctimas. La cifra de costes estimada por el Gobierno para el año 2005 asciende a 14.000 millones de euros.

El estudio de la seguridad vial y sus consecuencias puede plantearse desde distintas perspectivas, entre las que sobresalen el factor humano, la vía y el vehículo (RACE, 2007). En los accidentes por carretera, el factor humano parece estar presente entre un 70 y 90 por cien de los casos: la distracción, el consumo de alcohol y drogas y la velocidad son tres de los comportamientos fundamentales que explican este elevado porcentaje. En relación al factor vía, se ha estimado que los “puntos negros” en las carreteras acumulan el 2 por cien de su extensión y generan el 15 por cien de los accidentes con víctimas. En cuanto al tercer factor, el

---

<sup>1</sup> Kofi Annan message on the occasion of the First UN Global Road Safety Week, 23-29 April 2007 ([www.who.int/roadsafety/week/annan\\_message/en/](http://www.who.int/roadsafety/week/annan_message/en/))

<sup>2</sup> Información proporcionada por el Real Automóvil Club de España (RACE) en su Informe de Seguridad 2008 ([www.race.es/seguridad\\_vial/estudios\\_informes/datos\\_siniestralidad/](http://www.race.es/seguridad_vial/estudios_informes/datos_siniestralidad/))

esfuerzo realizado por los fabricantes de automóviles ha hecho que se incorporen paulatinamente importantes innovaciones técnicas tanto en la seguridad pasiva como en la activa de los vehículos. Elementos de seguridad como el ABS, airbag, sistemas de control de estabilidad o la ayuda de frenada, han venido constituyendo en los últimos años un gran avance en el equipamiento de serie de los vehículos que, sin duda, influye en la reducción de la siniestralidad.

Este estudio de la seguridad vial y su correspondencia con el análisis económico viene siendo examinado por la literatura desde una triple vertiente. La primera, que adopta principalmente un enfoque político e institucional, se ocupa de estudiar y presentar propuestas sobre recomendaciones normativas y políticas del sector. Por ejemplo, la *European Transport Safety Council* (ETSC)<sup>3</sup> busca identificar y promover medidas efectivas sobre la base de la investigación científica internacional, asesorando a la Comisión Europea, al Parlamento Europeo y, en su caso, a los gobiernos nacionales. En este contexto, la organización EuroNCAP proporciona a los consumidores, tanto conductores como a la industria de la automoción, una evaluación de los sistemas de seguridad más difundidos entre los vehículos vendidos en Europa. En Estados Unidos destaca la labor investigadora de la *National Highway Traffic Safety Administration* (NHTSA). Su objetivo fundamental es el desarrollo de enfoques y actuaciones innovadores que consigan reducir tanto el número de accidentes como la gravedad de las lesiones ocasionadas.

La segunda vía de análisis se ocupa de la evaluación de los costes producidos por los accidentes de tráfico y su gravedad. El coste de reparación de elementos materiales, las pérdidas de producción por parte de las personas fallecidas o lesionadas, los costes administrativos y, sobre todo, los costes humanos, a nivel médico-sanitario, legal y social, son elementos recurrentes de estudio tanto a nivel nacional como internacional. En el caso

---

<sup>3</sup> ETCS es una organización internacional no-gubernamental independiente, fundado en 1993, con sede en Bruselas sin ánimo de lucro dedicada a la reducción y la gravedad de las lesiones en los accidentes en Europa.

español y desde la perspectiva del análisis Coste-Beneficio, Pereira (2005) reflexiona sobre los costes que tiene para la sociedad española los accidentes viales. Por su parte, López y Cortijo (1999) atienden a consideraciones de costes sociales destacando la importancia tanto de los costes derivados de los accidentes como de la contaminación del aire, analizando la innovación tecnológica, la producción de vehículos cada vez más seguros y más eficientes en el consumo de combustible.

En tercer lugar, se hallan los estudios referidos a los factores condicionantes de la demanda de vehículos en función de sus medidas de seguridad. En este sentido, Keeler (1994), con datos de panel de los EE.UU. para los años 1970 y 1980, estudia diferentes procedimientos de estimación utilizando variables tanto económicas (renta de los individuos), demográficas (nivel educativo, edad o género o densidad de población) o tecnológicas y cuantifica las diferencias encontradas en las estimaciones obtenidas entre entornos rurales o urbanos. McCarthy (1990) estudia un modelo sobre la decisión tomada respecto al tipo de vehículo adquirido a través de la maximización de la utilidad obtenida, para lo que estima un modelo *logit-multinomial* con variables que recogen atributos de costes relativos (precio/renta disponible del cabeza de familia) y atributos de comodidad o de seguridad. Koyama y Takeuki (2004) expresan las pérdidas producidas por los daños en accidentes de tráfico en términos monetarios en Japón, mediante un proceso de evaluación de preferencias sociales y privadas. Asimismo, desde el punto de vista de la evolución económica y para el caso español, García-Ferrer *et al.* (2007) analizan las relaciones entre los accidentes de tráfico y la actividad económica real. Con una muestra de treinta años, establecen que el número de accidentes depende tanto de la utilización de los automóviles y otras variables exógenas como del nivel de actividad económica que afecta a la variación de existencias de automóviles.

Por otra parte, un aspecto especialmente importante a tener en cuenta en el análisis de las causas y consecuencias de la siniestralidad es la tarificación de los seguros del automóvil. El

entorno en el que se encuentra el seguro del automóvil, dada la fuerte competencia, hace imprescindible el conocimiento del cliente y un precio lo más ajustado posible (López, 2006).

Las fuentes de información con las que cuenta el sector asegurador para la obtención de sus tarifas son de dos tipos: internas y externas. Las primeras están constituidas por las bases de datos de expuestos al riesgo y siniestro de las propias entidades que, tratadas estadísticamente para cada una de las garantías del seguro de automóvil de forma independiente, permiten establecer las primas de tarifa a aplicar a cada uno de los segmentos de su cartera. En cuanto a las fuentes de información externas, la referencia en el sector es la Estadística del Seguro del Automóvil, desarrollada por UNESPA<sup>4</sup> cuya finalidad es proporcionar la información técnica necesaria para un conocimiento completo del mercado (expuestos al riesgo, número de siniestros, frecuencias o costes medios para cada una de las garantías y factores de riesgo).

Centrando la atención en los factores de riesgo básicos que se utilizan en la tarificación, se pueden agrupar en tres tipos: los relacionados con el vehículo asegurado y sus especificaciones técnicas (categoría del vehículo, tipo, potencia y cilindrada, combustible, peso y precio), los relacionados con el conductor habitual (edad, antigüedad del carnet de conducir y sexo) y los relacionados con la conducción (relacionados con el uso del vehículo y la zona de circulación habitual, rural o urbana). Existe un elevado número de factores de tarificación pero destaca el factor vehículo.

Es decir, existen dos maneras de abordar el análisis del comportamiento (técnico y humano) de un parque rodante (vehículos y conductores): de un lado, el conocimiento de su estructura y dinámica, así como el examen e incidencia de los sistemas de seguridad que se incorporan a los vehículos respecto al grado de siniestralidad y, de otro, las consecuencias económicas que se derivan de esta incorporación de sistemas de seguridad en términos de demanda de

---

<sup>4</sup> Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras (UNESPA). Desarrolla su actividad desde 1977 y entre sus funciones están las de representar, gestionar y defender los intereses profesionales, económicos y sociales comunes a las entidades asociadas. Representa a algo más de 250 entidades aseguradoras.

vehículos, coste económico de la siniestralidad (vehículos y víctimas) y tarificación de los seguros de cobertura.

A partir de estos antecedentes, el presente trabajo tiene un doble objeto: en primer lugar, analizar las relaciones existentes entre la incorporación de algunos de los más destacados sistemas de seguridad en los automóviles del parque rodante español y el nivel de seguridad vial, medido mediante la evolución del número de accidentes y víctimas por año (o siniestralidad) y, en segundo, ponderar la repercusión que tienen estos sistemas en la reducción de la siniestralidad.

En consonancia con este doble objetivo, otro tercero sería cuantificar los resultados obtenidos en términos de coste económico de la siniestralidad y de su reducción como consecuencia de la implantación de sistemas de seguridad en los automóviles. Este trabajo se ciñe por tanto al primer doble objetivo señalado y deja para una nueva investigación el tercero, una vez se consideren ajustados los datos disponibles y establecido el método idóneo y contrastado de análisis.

El trabajo consta, además de esta breve introducción, de otras tres secciones dedicadas a las fuentes de datos empleadas, y al planteamiento y metodología (sección 2), a los modelos econométricos estimados para evaluar la utilización de los sistemas de seguridad y a sus resultados (sección 3) y a la extracción de las principales conclusiones (sección 4).

## **2. Datos y método**

Las fuentes empleadas en este trabajo tienen dos orígenes. En primer lugar, los datos sobre la incorporación de los distintos sistemas de seguridad y el grado de penetración de los distintos sistemas en el parque rodante que permiten evitar accidentes, proteger a ocupantes, modificar la conducta del conductor y ver o ser visto durante la conducción para el periodo

1995-2006, fue ofrecida por FITSA<sup>5</sup> (Fundación Instituto Tecnológico para la Seguridad del Automóvil) a través de JATO Dynamics, principal proveedor de datos para la industria del automóvil. El segundo origen proviene de la Dirección General de Tráfico (DGT) y el Ministerio de Fomento, suministrando las series de accidentes y víctimas (suma de fallecidos, heridos graves y heridos leves) afectadas por los siniestros (1980-2006 (1995-2006)). Asimismo, han aportado otra información relevante (1980-2006) representativa de la circulación que podrían matizar o precisar las relaciones perseguidas; en concreto, la referida a variables de evolución del parque rodante total y de turismos, tráfico total de vehículos, denuncias emitidas por la DGT, matriculaciones, movilidad (tráfico de vehículos).

Las distintas series de datos configuran las variables necesarias para acometer el trabajo. El cuadro 1 contiene las variables a explicar, es decir aquellas que recogen los accidentes y víctimas acaecidos en carreteras y zonas urbanas en cada uno de los años del período de estudio. Los cuadros 2 y 3 contienen las variables que explican la estructura de comportamientos del número de accidentes y víctimas. En particular, el cuadro 2 recoge y describe los variables de seguridad y el cuadro 3 las variables representativas de la circulación.

Cuadro 1. **Accidentes y víctimas en carreteras y zonas urbanas**

<b>Variables</b>	<b>Conceptos</b>
<b>Accidentes</b>	Número de accidentes registrados
<b>Fallecidos</b>	Número de fallecidos registrados contabilizados hasta 30 días después del accidente
<b>Heridos graves</b>	Número de heridos graves registrados
<b>Heridos leves</b>	Número de heridos leves registrados

Fuente: elaboración propia, datos DGT.

<sup>5</sup> FITSA fue creada en 2001 por la Asociación Española de Entidades Colaboradoras de la Administración en la Inspección Técnica de Vehículos (AECA: ITV), la Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC) y la Asociación Española de Fabricantes de Equipos y Componentes para la Automoción (SERNAUTO), y la colaboración de los Ministerios de Interior y Ciencia y Tecnología (hoy Ministerios de Industria, Turismo y Comercio, y de Ciencia e Innovación). Todos ellos forman parte del Patronato de la Fundación.

Cuadro 2. Sistemas de seguridad del parque rodante

Tipos de sistemas de seguridad	Sistemas de seguridad (variables de seguridad)
Para evitar accidentes	ABS: Sistema antibloqueo de frenos (Antilock Braking System).
	BAS: Sistema de asistencia a la frenada (Brake Assistance System).
	Control electrónico de tracción
	ESC: Control electrónico de estabilidad.
Para proteger a ocupantes	AIRBAG
Para modificar la conducta	Anclajes ISOFIX
	Aire acondicionado
	Cambio automático
	Control de velocidad CC
Para ver y ser visto	Luces antiniebla delanteras

Fuente: elaboración propia, datos FITSA.

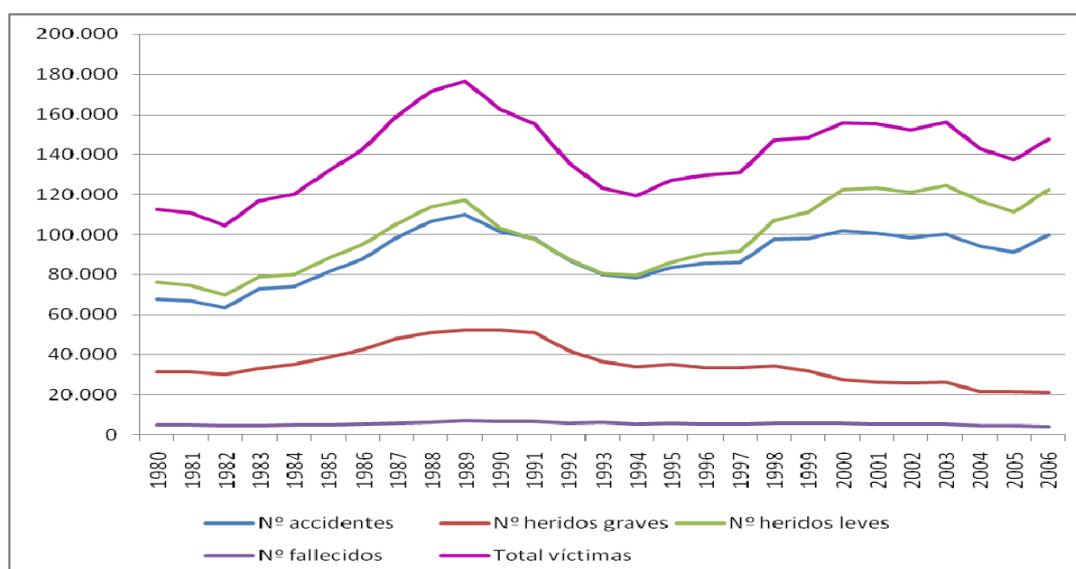
Cuadro 3. Información representativa de la circulación

Variables	Conceptos
Denuncias	Denuncias emitidas por la DGT y el Ministerio de Interior por violaciones del código de circulación
Matriculaciones	Matriculaciones de turismos
Parque total	Parque que incluye camiones, furgonetas, autobuses, turismos, motocicletas, tractores industriales y otros vehículos
Parque turismos	Parque que incluye sólo los vehículos turismos
Tráfico de vehículos total	Kilómetros recorridos por el parque total

Fuente: elaboración propia, datos DGT y Anuario de Fomento, 2006.

De este amplio conjunto de variables, va a tratarse de explicar las representativas de los siniestros y sus daños personales cuya evolución se refleja en el gráfico 1.

Gráfico 1  
Número de accidentes y víctimas registrados en carreteras y zonas urbanas, 1980-2006



Fuente elaboración propia, datos DGT.

La hipótesis de partida es que debe existir una relación inversa entre la incorporación de sistemas de seguridad y el número de accidentes y víctimas con distintos grados de daños personales. La comprobación descriptiva del tipo de relación planteado en la hipótesis, se puede realizar mediante el cálculo de los coeficientes de correlación simple entre cada una de las series de datos de los sistemas de seguridad de estudiados. Los valores de estos cálculos se hallan en el cuadro 5, que permite comprobar la correlación inversa señalada, excepto para la variable heridos leves. La razón de una ligera correlación positiva en este último caso se debe a que la minoración de la gravedad en los daños personales que supone la incorporación de sistemas de seguridad hace que aumenten los heridos leves ante la disminución de fallecidos y heridos graves que se producen en los siniestros.

Cuadro 5. Coeficientes de correlación entre los sistemas de seguridad y los accidentes y víctimas

<b>Variables de seguridad</b>	<b>Accidentes</b>	<b>Fallecidos</b>	<b>Heridos graves</b>	<b>Heridos leves</b>
<b><u>EVITAR ACCIDENTES:</u></b>				
<b>ABS</b>	-0.394619	-0.982382	-0.895711	0.241134
<b>BAS</b>	-0.391583	-0.969596	-0.792122	0.101090
<b>Control electrónico de Tracción</b>	-0.395495	-0.983572	-0.867127	0.197551
<b>ESC</b>	-0.373449	-0.972428	-0.804836	0.132282
<b><u>PROTEGER A LOS OCUPANTES:</u></b>				
<b>Airbag Frontal de Conductor</b>	-0.379799	-0.965569	-0.935199	0.324374
<b>Airbag Frontal de Pasajero</b>	-0.397292	-0.974466	-0.914648	0.276110
<b>ISOFIT</b>	-0.426525	-0.981170	-0.849849	0.160134
<b><u>MODIFICAR CONDUCTA:</u></b>				
<b>Aire Acondicionado</b>	-0.378449	-0.979330	-0.913057	0.279931
<b>Cambio Automático</b>	-0.382592	-0.980528	-0.897522	0.253590
<b>Control de Velocidad</b>	-0.266458	-0.952886	-0.774996	0.181507
<b><u>VER Y SER VISTO:</u></b>				
<b>Antiniebla Delantero</b>	-0.399002	-0.976097	-0.917727	0.275722

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics.

A este fin, se estiman y validan diferentes modelos econométricos que justifiquen la evolución de las variables de accidentes y víctimas en función de las variables que cuantifican el número de vehículos que incorporan de serie algunos de los sistemas de seguridad especificados y de otras variables que reflejan las condiciones generales de circulación.

No obstante, el planteamiento de los modelos econométricos aplicados a este caso de estudio –con la información que se dispone– presenta dos tipos de problemas metodológicos: el

reducido número de grados de libertad de los modelos debido a que tan sólo se dispone de series temporales de datos cortas y a la existencia de multicolinealidad dentro de cada uno de los dos tipos de variables exógenas.

Estos dos problemas necesariamente van a influir en la elección de los modelos de comportamiento más adecuados. De un lado, porque se dispone de una base de datos poco extensa que limita el análisis y reduce, así, los grados de libertad. De otro, porque dentro de la información recogida en la base de datos, cada vehículo puede disponer de varios sistemas de seguridad a la vez, lo que comporta que cada variable de seguridad estará incorporada a un mismo turismo, pudiendo provocar problemas de multicolinealidad. Esta última circunstancia se da igualmente dentro del conjunto de variables representativas de la circulación, ya que existe una estrecha relación entre las mismas.

El problema de disponer de un reducido número de datos sobre el grado de penetración de cada sistema de seguridad en el parque de turismos se agrava, además, porque durante los primeros años de las series de datos el porcentaje de turismos que incorporaban estos sistemas eran prácticamente insignificantes. Esta carencia de series amplias de datos limita parcialmente la validez de las conclusiones a las que se llegue sobre la incidencia de las medidas de seguridad respecto al número de accidentes o víctimas.

En el cuadro 6 se presenta el grado de penetración de los distintos sistemas de seguridad. Conviene tener en cuenta que los sistemas de seguridad más extendidos en 2007 son: entre los dispositivos destinados a proteger a los ocupantes, los airbags son de común incorporación, de manera que el 70,9 por cien de los vehículos tienen incorporados de serie el frontal de conductor y el 56,9 por cien el de pasajero; entre los destinados a evitar accidentes, más de la mitad de los vehículos (50,3 por cien) disponen del sistema ABS; entre los destinados a modificar conductas del conductor, el aire acondicionado alcanza el 44,3 por cien; por último,

entre los dispositivos para ver y ser visto, las luces antiniebla delanteras se hallan en el 42 por cien de los casos.

Cuadro 6  
**Grado de penetración de los sistemas de seguridad de serie en el parque de turismos (en porcentaje)**

Tipo de sistema	Sistema Seguridad FITSA	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Evitar accidente</b>	ABS	0,3	0,8	1,8	4,0	5,9	9,3	13,1	17,7	23,2	29,9	36,5	43,3	50,3
	BAS	-	-	-	0,0	0,0	0,1	0,4	2,4	5,3	8,9	13,5	18,6	24,2
	Control Eléctrico Tracción	0,1	0,2	0,5	0,9	1,2	2,0	3,0	4,6	6,6	9,1	11,5	14,4	18,1
	ESC	0,0	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,6	1,6	2,9	4,5	6,5	9,2	12,6
<b>Proteger ocupante</b>	Airbag frontal Conductor.	1,5	4,2	8,1	13,4	18,1	24,5	31,4	38,3	44,4	52,2	58,2	64,2	70,9
	Airbag frontal Pasajero	0,2	0,7	1,7	4,0	5,9	11,0	17,1	23,5	29,6	37,1	43,6	50,1	56,9
	Anclajes. ISOFIX plazas traser.	-	-	-	0,0	0,0	0,0	3,6	8,3	12,9	18,5	24,4	30,5	36,8
<b>Modifica conducta</b>	Aire Acondicionado	0,7	2,1	4,0	6,7	9,0	12,3	15,7	19,3	23,2	28,4	33,2	38,5	44,3
	Cambio Automático	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,6	0,8	1,0	1,3	1,6	1,9	2,2	2,7
	Control Velocidad: CC	0,0	0,0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,7	1,0	1,6	2,4	3,5	5,9	9,2
<b>Ver y ser visto</b>	Luces anti-niebla delanteras	0,7	2,1	4,0	6,6	8,9	11,8	15,4	19,3	23,7	29,2	33,1	37,4	42,0

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics. Estos datos proceden, para el período 1995-1997, de la estimación realizada por FITSA a partir del número de vehículos con sistemas de seguridad de serie sobre el volumen de ventas del sector en cada año, relativizado respecto a la cifra parque de turismos; y para el período 1998-2007, por los elaborados por FITSA a partir de los datos proporcionados para cada año por la empresa JATO Dynamics. Puede existir una cierta sobrevaloración de los porcentajes por incluirse los nuevos vehículos que se incorporan analmente al parque de turismos con sistemas de seguridad de serie sin computar las bajas que se dan en el parque de estos mismos vehículos.

Los problemas expuestos sobre existencia de multicolinealidad, tanto para las variables de los sistemas de seguridad como para las de circulación (y entre ellas mismas), exigen, respecto a las primeras, que en los modelos econométricos a estimar haya que considerarlas independientemente (una a una). Respecto a las segundas, ha de elegirse aquella o aquellas variables que sean más idóneas en función de su mayor grado de explicación; en concreto, se han elegido en virtud del grado de correlación respecto a las series de las variables de accidentes y víctimas, según su gravedad, (cuadro 7). Para el cálculo de estos coeficientes se utiliza el máximo número de observaciones posibles para cada caso, puesto que los tamaños de las series son distintos para cada variable. De esta forma, ajustándose a las posibilidades que ofrece la información disponible, se pretende aportar la mayor información posible con el menor perjuicio para la validez de los resultados.

Cuadro 7

**Coefficientes de correlación entre variables de accidentes y víctimas y variables de circulación**

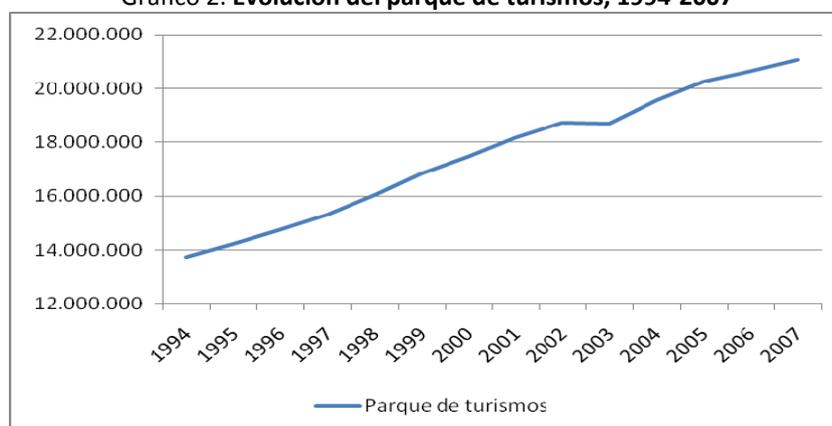
<b>Variables</b>	<b>Accidentes</b>	<b>Fallecidos</b>	<b>Heridos graves</b>	<b>Heridos leves</b>	<b>Total víctimas</b>
<b>Denuncias</b>	-0.726481	-0.273889	0.219579	-0.680858	-0.808332
<b>Matriculaciones</b>	0.746066	-0.595252	-0.871326	0.874081	0.687639
<b>Parque total</b>	0.584044	-0.829567	-0.969550	0.790530	0.514122
<b>Parque turismos</b>	0.611987	-0.792669	-0.971597	0.819106	0.553071
<b>Tráfico vehículos total</b>	0,531105	-0,796521	-0,96211	0,796120	0,483887

Fuente: elaboración propia, datos DGT y Anuario de Fomento 2006.

En el cuadro 7 se observa los elevados coeficientes de correlación entre todas las variables. El número de accidentes y víctimas necesariamente ha de depender de alguna o algunas de las variables de circulación. La lógica indica que las más representativas de la circulación son el parque de turismos o total y el tráfico total de vehículos. De éstas, en general, los coeficientes de correlación con mayores valores absolutos respecto a las variables de accidentes y víctimas los presenta la variable Parque Turismos.

Los coeficientes de correlación muestran que existe una relación positiva entre el parque total o de turismos y el tráfico de vehículos respecto al número de accidentes y heridos leves, y una relación negativa con el número de fallecidos y de heridos graves (en la proporción y con el signo que arroja cada coeficiente en el cuadro).

Por tanto, el parque de turismos presenta los mayores coeficientes de correlación respecto a accidentes y víctimas y su renovación parece que incide en la disminución de la gravedad de los daños personales. Consecuentemente, la variable Parque Turismos es la más relevante para recoger la información representativa de la circulación. En el gráfico 2 se presenta la evolución de esta variable.

**Gráfico 2. Evolución del parque de turismos, 1994-2007**

Fuente: elaboración propia, datos DGT y Anuario de Fomento 2006.

Con este planteamiento, a continuación se estiman 44 modelos econométricos de regresión con la intención de explicar el número de accidentes, fallecidos, heridos graves y heridos leves, en función de la variable Parque Turismos y de cada uno de las 11 variables que se corresponden con los sistemas de seguridad indicados.

La ecuación a estimar para los 44 modelos econométricos es:

$$Z_{it} = \alpha_{ij} + \beta_{ij} \cdot X_t + \gamma_{ij} \cdot Y_{jt} + u_{ijt}$$

donde,

- $Z_i$  es cada una de las  $i$  variables a explicar ( $i=1$ : nº de accidentes;  $i=2$ : nº de fallecidos;  $i=3$ : nº heridos graves, e  $i=4$ : nº heridos leves).
- $X$  es la variable explicativa de circulación *Parque Turismos*.
- $Y_j$  es la variable explicativa de cada uno de los  $h$  sistemas de seguridad ( $h=1$ : ABS;  $h=2$ : BAS;...  $h=11$ : Antiniebla delantero)
- $\alpha_{ij}$  es la constante del modelo, término independiente de la estimación, para cada variable a explicar  $i$  considerando cada una de las 11 variables explicativas  $j$ .
- $\beta_{ij}$  es el coeficiente de regresión de la variable  $X$  para cada variable a explicar  $i$  considerando cada una de las 11 variables explicativas  $j$ .
- $\gamma_{ij}$  es el coeficiente de regresión de la variable  $Y_j$  para cada variable a explicar  $i$  considerando cada una de las 11 variables explicativas  $j$ .
- $u_{ij}$  es la perturbación aleatoria para cada uno de los 44 modelos estimados  $i \cdot j$ .
- $t$  es cada observación temporal de las variables.

Las estimaciones de los modelos se realizan por el método de mínimos cuadrados ordinarios, empleando el número máximo de observaciones disponibles para cada variable de seguridad, tal como se desprende del cuadro 6 en el caso de los primeros 44 modelos. Con los resultados se busca confirmar el adecuado signo de los coeficientes y conocer su magnitud para medir el sentido y proporción en los que cada variable explicativa incide en las variables a explicar.

La validación de los resultados se realiza a través de contrastes de hipótesis con los que se confirmen la significación global, la significación individual de las variables representativa de la circulación, la significación individual de la variable correspondiente a cada sistema de

seguridad incorporado y la validación de los residuos de la estimación (ruido blanco y normalidad).

La significación global del modelo se estudia mediante la probabilidad del estadístico F-Snedecor y por el valor del coeficiente de determinación  $R^2$ , y la significación individual mediante la probabilidad de los estadísticos t-Student.

### **3. Estimación, validación y resultados**

Los cuadros 9, 10, 11, 12 y 13 presentan el resumen de los resultados obtenidos de las diferentes estimaciones realizadas de los 44 modelos. Se muestran los valores y signos de los coeficientes de regresión de las variables explicativas y los resultados de los contrastes realizados de validación del modelo.

Los valores de los coeficientes permiten conocer la magnitud de la variación que experimenta la variable a explicar ante la variación unitaria de cada variable explicativa. El signo da el sentido de dicha variación. La probabilidad considerada para la no aceptación de la significación individual de los coeficientes, o global del modelo, es del 5 por cien, aunque en algunas ocasiones se aceptan probabilidades algo mayores.

El cuadro 9 ofrece los modelos estimados para la variable Número de Accidentes. Se observa que las variables de los sistemas de seguridad que tienen por objetivo evitar accidentes son tanto individual como globalmente significativas, a excepción del sistema de control de frenada en curva y el sistema BAS, aunque ambos sistemas han empezado a incorporarse con frecuencia en los turismos a partir de los años 2004 y 2005, por lo que es posible que no se recoja con intensidad su influencia.

Los sistemas de seguridad que pretenden proteger a los ocupantes, como cabría esperar, no evitan accidentes pero deberán reducir la intensidad de los daños personales a las víctimas, por lo que sus coeficientes no son significativos. No obstante, los airbags frontales, tanto de conductor como de pasajero, sí se muestran estadísticamente efectivos. La razón de que estos

elementos aparezcan como significativos para evitar accidentes es debido a que su incorporación, como ya se mencionó atrás, es habitual y se ofrece de serie junto a otros sistemas cuyo objetivo es evitar los accidentes.

En cuanto a las medidas diseñadas para la modificación de la conducta al volante, sólo las variables de cambio automático y aire acondicionado son relevantes. Por último, de los sistemas diseñados para mejorar la visibilidad propia y externa de los turismos, las luces antiniebla delanteras son importantes en la reducción de los accidentes.

Para todos los sistemas de seguridad que han mostrado significatividad, se observa que el signo de los coeficientes es negativo, mientras que el signo de la variable representativa de la circulación es positivo. El sentido negativo de los sistemas de seguridad no podría ser de otra forma puesto que su objetivo es evitar accidentes, y corrobora los resultados obtenidos en el cuadro 5. El sentido positivo de la variable Parque Turismos corrobora el signo del coeficiente de correlación entre dicha variable y la del Número de Accidentes, tal como quedó recogido el cuadro 7.

Es difícil evaluar qué sistemas de seguridad son más eficientes, debido a que la duración de las series de datos desde la incorporación de cada sistema es distinta. No obstante, la magnitud de cada coeficiente permite un acercamiento: por ejemplo, el cambio automático sobresale sobre el resto, reduciendo el número de siniestros en un 6,8 por cien; a continuación se hallan el ESC y el control eléctrico de tracción que lo reducen en algo más del 0,9 y del 0,8 por cien, respectivamente.

Cuadro 9. Resultados de los modelos estimados para *Número de Accidentes*

Tipo sistema de seguridad	Variables de seguridad	Coefficiente	Probabilidad Estadístico t	R <sup>2</sup>	Probabilidad Estadístico F
<b>EVITAR ACCIDENTE</b>	ABS	-0,003319	0,0150	0,6869	0,005371
	Parque de turismos	0,006094	0,0031		
	BAS	-0,000723	0,7282↓	0,155	0,601391↓
	Parque de turismos	-0,000239	0,8967↓	↓	
	Control electr. de tracción	-0,008134	0,0194	0,6699	
Parque de turismos	0,005137	0,0033		0,006813	

	ESC	-0,009311	0,0374	0,6234	0,012335
	Parque de turismos	0,004016	0,0048		
<b>PROTEGER OCUPANTE</b>	Airbag frontal conductor	-0,003763	0,0158	0,6835	0,00541
	Parque de turismos	0,009323	0,0057		
	Airbag frontal pasajero	-0,003151	0,0019	0,7216	0,003168
	Parque de turismos	0,006733	0,0085		
	Anclajes ISOFIX	-0,000934	0,5621↓	0,188	0,535038↓
	Parque de turismos	0,000485	0,8369↓	↓	
<b>MODIFICA CONDUCTA</b>	Aire acondicionado	-0,004786	0,0214	0,6634	0,007439
	Parque de turismos	0,007295	0,0060		
	Cambio automático	-0,070693	0,0267	0,6480	0,009101
	Parque de turismos	0,006419	0,0066		
	Control de velocidad: CC	-0,011885	0,1256↓	0,5249	0,035098
	Parque de turismos	0,003484	0,0169		
<b>VER Y SER VISTO</b>	Indicador presión neumát.	0,000471	0,9779↓	0,137	0,641907↓
	Parque de turismos	-0,000849	0,6197↓	↓	
<b>VER Y SER VISTO</b>	Luces antiniebla delanter.	-0,005166	0,0129	0,6968	0,004652
	Parque de turismos	0,007689	0,0036		

Texto en color tenue indica: no significatividad del sistema de seguridad,

“↓” indica: no significatividad individual o global

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics, DGT y Anuario de Fomento 2006.

Todos los sistemas de seguridad incorporados al vehículo, independientemente de que su primer objetivo sea evitar el accidente, proteger a los ocupantes, modificar la conducta del conductor o mejorar la visibilidad propia o de terceros del vehículo, tienen como objetivo final salvar vidas o, en su caso, disminuir los daños personales derivados de los accidentes.

Los resultados del cuadro 10 confirman esta intención de los sistemas de seguridad, puesto que, excepto el de reposacabezas traseros activos y el sistema inteligente de velocidad, todos los demás coeficientes estimados de las variables de seguridad son significativos y presentan signo negativo. Ello también corrobora los resultados obtenidos en el cuadro 5. Todos los modelos estimados presentan coeficientes de determinación elevados, superiores al 90 por cien de significación conjunta, excepto el sistema de airbag frontal del conductor que es superior al 85 por cien. Por tanto, claramente la incorporación a los vehículos de los sistemas estudiados hace disminuir el número de fallecidos.

Tal como pudo apreciarse en el cuadro 7, el coeficiente de correlación entre la variable Parque Turismos y el Número de Fallecidos presentaba una relación inversa, lo que coincide con que

en la mayor parte de los modelos estimados en este cuadro 10 la variable Parque Turismos presente signo negativo. Sin embargo, en algunos de estos modelos el coeficiente de esta variable posee signo positivo; en concreto, en los estimados sobre las variables ABS, Airbag frontal conductor, Airbag frontal pasajero, Aire acondicionado, Cambio automático y Luces antiniebla delanteras. Esta circunstancia coincide con que estos sistemas de seguridad, a excepción del cambio automático, tenían en el año 2007 una implantación superior al 40 por cien, y con que son los que comenzaron a implantarse antes en el tiempo y con mayor intensidad, tal como se desprende del cuadro 6.

En la actualidad prácticamente la totalidad de los turismos que entran en el parque ya traen de serie estos sistemas de seguridad señalados (excepto, precisamente, el de cambio automático), lo que significa que la incidencia de la incorporación de nuevos vehículos es mayor en el número de fallecidos que la disminución adicional que estos sistemas de seguridad –ya suficientemente implantados- suponen en la reducción de víctimas mortales. La razón de ello es que estos nuevos vehículos dotados con los sistemas de seguridad indicados que entran en el parque sustituyen no sólo a aquéllos que no los tenían sino también a los que ya los tenían incorporados en su totalidad o, al menos, en parte, por lo que a los usuarios de estos últimos no les proporciona mayor nivel de seguridad.

Cuadro 10. Resultados de los modelos estimados para Número de Fallecidos

Tipo sistema de seguridad	Variables de seguridad	Coficiente	Prob. Estadístico t	R <sup>2</sup>	Prob. Estadístico F
<b>EVITAR ACCIDENTE</b>	ABS	-0,000293	0,0001	0,9314	0,000006
	Parque de turismos	0,000160	0,0335		
	BAS	-0,000278	0,0032	0,9801	0,000008
	Parque de turismos	-0,000182	0,0132		
	Control electrónico de tracción	-0,000745	0,0001	0,9367	0,000004
	Parque de turismos	0,0000868	0,1221↓		
	ESC	-0,000920	0,0001	0,9307	0,000006
	Parque de turismos	0,00000027	0,9949↓		
<b>PROTEGER OCUPANTE</b>	Airbag frontal de conductor	-0,000308	0,0015	0,8853	0,000059
	Parque de turismos	0,000397	0,0193		
	Airbag frontal de pasajero	-0,000259	0,0003	0,9197	0,000012
	Parque de turismos	0,000187	0,0339		

	Anclajes ISOFIX	-0,000206	0,0091	0,9722	0,000021
	Parque de turismos	-0,000116	0,1997↓		
	Aire acondicionado	-0,000432	0,0003	0,9206	0,000011
	Parque de turismos	0,000277	0,0125		
<b>MODIFICA CONDUCTA</b>	Cambio automático	-0,006512	0,0003	0,9169	0,000014
	Parque de turismos	0,000206	0,0291		
	Control de velocidad:CC	-0,001427	0,0009	0,8980	0,000035
	Parque de turismos	-0,000018	0,7230↓		
<b>VER Y SER VISTO</b>	Luces antiniebla delanteras	-0,000436	0,0004	0,9139	0,000016
	Parque de turismos	0,000279	0,0159		

Texto en color tenue indica: no significatividad del sistema de seguridad,

“↓” indica: no significatividad individual o global

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics, DGT y Anuario de Fomento 2006.

Tal como se ha dicho, los sistemas de seguridad incorporados al vehículo tienen como objetivo final disminuir los daños personales derivados de los accidentes. Sin embargo, los resultados del cuadro 11, conforme a las probabilidades del estadístico t de Student de las variables, indican que ninguno de los sistemas de seguridad pueden considerarse significativos individualmente para la disminución del número de heridos graves, e incluso que algunos de los coeficientes tienen signo positivo. Es decir, lo opuesto a lo que sería de esperar. Su explicación está en que, aunque individualmente las variables de seguridad no son significativas, cada uno de los modelos de estimación elaborados para cada una de estas variables es globalmente significativo, arrojando coeficientes de determinación de elevados niveles explicativos, por encima del 94 por cien. La otra variable incluida en cada modelo, Parque Turismos, es siempre significativa y presenta el signo negativo esperado, conforme al coeficiente de correlación recogido en el cuadro 7. Todo ello, pone de manifiesto que la especificación del modelo en este caso particular presenta un problema de multicolinealidad.

La existencia de una fuerte dependencia entre los valores de cada una de las variables de seguridad y la variable representativa de la circulación provoca una situación de ineficiencia en los estimadores y de sobreestimación de varianzas, lo que conlleva la no significación individual de una de ellas. El problema de multicolinealidad recomienda eliminar la variable representativa de la circulación y volver a estimar nuevos modelos incorporando sólo las variables de seguridad.

Cuadro 11. Resultados de los modelos estimados para Número de Heridos Graves

Tipo sistema de Seguridad	Variables de seguridad	Coefficiente	Prob. Estadístico t	R <sup>2</sup>	Prob. Estadístico F
<b>EVITAR ACCIDENTE</b>	ABS	-0,000280	0,4736↓	0,9472	0,000002
	Parque de turismos	-0,002056	0,0031		
	BAS	0,001048	0,1194↓	0,9617	0,000056
	Parque de turismos	-0,003721	0,0004		
	Control frenada en curva	0,007188	0,1619↓	0,958416	0,000072
	Parque de turismos	-0,003404	0,0002		
	ESC	-0,000468	0,7057↓	0,9449	0,000002
	Parque de turismos	-0,002305	0,0001		
<b>PROTEGER OCUPANTE</b>	Airbag frontal de conductor	-0,000392	0,3742↓	0,9489	0,000002
	Parque de turismos	-0,001635	0,0879		
	Airbag frontal de pasajero	-0,000321	0,3563↓	0,9493	0,000001
	Parque de turismos	-0,001916	0,0066		
	Anclajes ISOFIX	0,0009	0,0786↓	0,9661	0,000039
	Parque de turismos	-0,004143	0,0006		
<b>MODIFICA CONDUCTA</b>	Aire acondicionado	-0,0004	0,4952↓	0,9469	0,000002
	Parque de turismos	-0,001959	0,0167		
	Cambio automático	-0,005310	0,5519↓	0,9462	0,000002
	Parque de turismos	-0,002070	0,0065		
	Control de velocidad: CC	-0,000448	0,8262↓	0,9443	0,000002
Parque de turismos	-0,002352	0,0001			
<b>VER Y SER VISTO</b>	Luces antiniebla delanteras	-0,000447	0,4605↓	0,9474	0,000002
	Parque de turismos	-0,0019	0,0227		

Texto en color tenue indica: no significatividad del sistema de seguridad,

“↓” indica: no significatividad individual o global

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics, DGT y Anuario de Fomento 2006.

En el cuadro 12 se ofrecen los resultados de los nuevos modelos. En esta ocasión, todos los coeficientes estimados son individualmente significativos. A medida que aumentan los vehículos que incorporan los sistemas de seguridad, los heridos de carácter grave que se producen en los accidentes disminuyen entre el 0,1 y el 3 por cien.

Cuadro 12. Resultados de los modelos estimados para Número de Heridos Graves, sin la variable Parque de Turismos

Tipo sistema de Seguridad	Variables de seguridad	Coefficiente	Probabilidad Estadístico t	R <sup>2</sup>	Probabilidad Estadístico F
<b>EVITAR ACCIDENTE</b>	ABS	-0,001668	0,0000	0,8538	0,000018
	BAS	-0,002658	0,0109	0,6274	0,010931
	Control electrónico de tracción	-0,004898	0,0001	0,7941	0,000100
	ESC	-0,007143	0,0012	0,6648	0,001229
<b>PROTEGER OCUPANTE</b>	Airbag frontal de conductor	-0,001175	0,0000	0,9281	0,000000

	Airbag frontal de pasajero	-0,001412	0,0000	0,8797	0,000007
	Anclajes ISOFIX	-0,001710	0,0037	0,7222	0,003717
<b>MODIFICAR CONDUCTA</b>	Aire acondicionado	-0,001980	0,0000	0,8962	0,000003
	Cambio automático	-0,033916	0,0000	0,8722	0,000009
	Control de velocidad: CC	-0,01174	0,0018	0,6408	0,001761
	Indicador presión neumáticos	-0,022763	0,0179	0,5749	0,017896
<b>VER Y SER VISTO</b>	Luces antiniebla delanteras	-0,002002	0,0000	0,9017	0,000002

Texto en color tenue indica: no significatividad del sistema de seguridad,

“↓” indica: no significatividad individual o global

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics, DGT y Anuario de Fomento 2006.

En el cuadro 13 se recogen los modelos estimados para la variable Número de Heridos Leves. En aquellos modelos que resultan significativos no se mantiene el sentido esperado de los signos de las variables explicativas de los sistemas de seguridad. Estas variables presentan signo negativo en vez del esperado signo positivo que se hubiera desprendido de los coeficientes de correlación mostrados en el cuadro 5. Por su parte, la variable explicativa Parque de Turismos sí presenta el signo positivo esperado, tal como se desprendía del cuadro 7. La no concordancia de signos en el primer caso puede deberse a la existencia de una fuerte dependencia o multicolinealidad entre las variables de seguridad y la variable parque de turismos, lo que, desde un punto de vista econométrico, hace necesario reestimar el modelo, suprimiendo la variable representativa de circulación parque de turismos, tal como ya se hizo en el caso de los modelos estimados para el Número de Heridos Graves. Los resultados de los nuevos modelos estimados se ofrecen en el cuadro 14.

Del cuadro 14 se desprende que las variables de seguridad realmente significativas son: ABS, Control electrónico de tracción, Airbag frontal de conductor y pasajero, Aire acondicionado, Cambio automático, y Luces antiniebla delanteras. La lógica indica que la incorporación de estos sistemas de seguridad necesariamente consigue disminuir los heridos leves en los accidentes de poca gravedad y contribuye a transformar potenciales heridos de mayor gravedad en heridos leves. Por ello, la interpretación de los signos de los coeficientes obtenidos en los modelos estimados –cuadros 13 y 14- debe entenderse como no contradictorios. En efecto, en el primer caso, mientras el incremento experimentado por el parque de turismos hace

aumentar el número de heridos leves, los nuevos sistemas de seguridad que van incorporándose a los nuevos automóviles logran que proporcionalmente se reduzca el número de heridos leves. Todo ello, a pesar de que –como ya quedó mostrado en el gráfico 2- el número de heridos leves por accidente aumenta por la minoración de la gravedad de los daños personales en los siniestros.

Cuadro 13. Resultados de los modelos estimados para *Número de Heridos Leves*

Tipo sistema de Seguridad	VARIABLES DE SEGURIDAD	Coeficiente	Prob. Estadístico t	R <sup>2</sup>	Prob. Estadístico F
<b>EVITAR ACCIDENTE</b>	ABS	-0,005739	0,0047	0,8707	0,000100
	Parque de turismos	0,012689	0,0002		
	BAS	-0,005146	0,1616↓	0,398609↓	0,217505↓
	Parque de turismos	0,005146	0,0966↓		
	Control electrónico de tracción	-0,014506	0,0045	0,8719	0,000096
	Parque de turismos	0,011214	0,0001		
	ESC	-0,017581	0,0067	0,8608	0,000140
	Parque de turismos	0,009441	0,0001		
<b>PROTEGER OCUPANTE</b>	Airbag frontal de conductor	-0,006027	0,0128	0,8405	0,000258
	Parque de turismos	0,017321	0,0018		
	Airbag frontal de pasajero	-0,005144	0,0050	0,8688	0,000107
	Parque de turismos	0,013322	0,0003		
	Anclajes ISOFIX	-0,004335	0,1252↓	0,439642↓	0,175953↓
	Parque de turismos	0,007600	0,0799↓		
<b>MODIFICA CONDUCTA</b>	Aire acondicionado	-0,008290	0,0078	0,8564	0,000161
	Parque de turismos	0,014783	0,0006		
	Cambio automático	-0,125130	0,0083	0,8542	0,00172
	Parque de turismos	0,013438	0,0005		
	Control de velocidad: CC	-0,024370	0,0335	0,8062	0,000621
	Parque de turismos	0,008702	0,0005		
<b>VER Y SER VISTO</b>	Luces antiniebla delanteras	-0,008671	0,0057	0,8651	0,000121
	Parque de turismos	0,015152	0,0005		

Texto en color tenue indica: no significatividad del sistema de seguridad,

“↓” indica: no significatividad individual o global

Fuente: elaboración propia, datos FITSA-JATO Dynamics, DGT y Anuario de Fomento 2006.

Cuadro 14. Resultados de los modelos estimados para *Número de Heridos Leves* sin la variable Parque de Turismos

Tipo sistema de Seguridad	VARIABLES DE SEGURIDAD	Coeficiente	Probabilidad Estadístico t	R <sup>2</sup>	Probabilidad Estadístico F
<b>EVITAR ACCIDENTE</b>	ABS	0,002827	0,0408	0,3553	0,040799
	BAS	0,000478	0,7958	0,0102 ↓	0,795807↓
	Control electrónico de tracción	0,007722	0,0722	0,2876	0,072223
	ESC	0,009763	0,1694	0,1798 ↓	0,169425↓

<b>PROTEGER OCUPANTE</b>	Airbag frontal de conductor	0,002273	0,0098	0,5026	0,009831	
	Airbag frontal de pasajero		0,002443	0,0324	0,3812	0,032411
	Anclajes ISOFIX		0,000454	0,6807	0,0256 ↓	0,680668↓
<b>MODIFICAR CONDUCTA</b>	Aire acondicionado		0,003639	0,0190	0,4383	0,019009
	Cambio automático		0,060536	0,0267	0,4024	0,026702
	Control de velocidad: CC		0,017430	0,1401	0,2043 ↓	0,140062↓
<b>VER Y SER VISTO</b>	Luces antiniebla delanteras		0,003666	0,0190	0,4318	0,019044

Texto en color tenue indica: no significatividad del sistema de seguridad,

“↓” indica: no significatividad individual o global

Fuente: elaboración propia, datos FITSA.

Consecuentemente con lo anterior, se observa que los mecanismos para evitar accidentes (ABS y Control electrónico de tracción), cuando no son capaces de evitar totalmente el accidente, hacen disminuir o evitan los daños personales. Los modelos estimados para estos sistemas son los que presentan mayores coeficientes de determinación, por encima del 86 por cien. Junto a ellos, los sistemas para proteger a los ocupantes mediante Airbags demuestran su eficiencia, evitando heridos leves. Respecto a los mecanismos que modifican la conducta en la conducción, se observa la relevancia del aire acondicionado y del cambio automático. Este último contribuye de forma importante a la disminución de víctimas leves; no obstante, esta conclusión ha de matizarse debido a que junto a la importancia que podría tener esta variable por si misma, ya que normalmente son los vehículos de alta gama los que incorporan este sistema junto a la mayoría de los demás, por lo que su contribución específica es difícil de medir. La variable luces antiniebla delanteras, destinada a mejorar la visibilidad activa y pasiva, y extensamente implantada, también resulta significativa, ya que actúa como un mecanismo que permite evitar accidentes.

#### 4. Conclusiones

Este estudio, de naturaleza técnica, es el prolegómeno indispensable para abordar la repercusión económica de la incorporación de medidas de seguridad en dos planos esenciales. En primer lugar, el análisis coste-beneficio entre el coste de las nuevas medidas técnicas y el beneficio derivado de la disminución de daños en vehículos y personas. Y, en segundo, la

incidencia que lo anterior debiera tener en las primas de los seguros como consecuencia del efecto compensación que puede darse entre la tendencia al incremento del valor de las indemnizaciones individuales según normativa vigente en los últimos años y la disminución en la magnitud de los daños que las nuevas medidas de seguridad llevan aparejadas.

El objeto del trabajo es analizar las relaciones existentes entre los sistemas de seguridad incorporados de serie a los automóviles del parque rodante español y los niveles de seguridad vial, medidos a través de la evolución del número de accidentes y víctimas por año, en el período 1995-2006.

La metodología elegida es de carácter econométrico. Se construyen, estiman y validan modelos que justifican la evolución de accidentes y víctimas en función de las variables que cuantifican el número de vehículos con sistemas de seguridad. Estas variables reflejan las condiciones generales de circulación y los cambios normativos en materia de seguridad vial.

Entre los principales resultados sobresalen los siguientes:

*a) Disminuyen los daños personales más graves*

La investigación ha contrastado que los sistemas de seguridad, en mayor o menor grado, consiguen reducir los daños personales más graves, o sea, la proporción de fallecidos y heridos graves por accidente, así como el número de accidentes por turismo. En efecto, aunque el incremento permanente del número de conductores, del parque de turismos o de las distancias recorridas hagan aumentar la siniestralidad, la permanente renovación del parque con vehículos con mayor número y mejores sistemas de seguridad contribuye favorablemente en un doble sentido. Primero, a que se aminoren los daños personales más graves, convirtiendo parcialmente las cifras de fallecidos y heridos graves en heridos leves y, segundo, a generar un efecto conjunto de disminución de víctimas respecto al número de accidentes.

*b) Los principales sistemas de seguridad para disminuir los accidentes*

Los sistemas de seguridad diseñados para evitar accidentes que se revelan más eficaces son el ABS, el Control eléctrico de tracción y el ESC. Los que no se muestran efectivos es porque han empezado a incorporarse con cierta frecuencia en los turismos hace tan sólo dos o tres años, por lo que no se recoge la intensidad de su influencia. Como cabría esperar, los sistemas que pretenden proteger a los ocupantes no evitan accidentes, pero reducen la intensidad de los daños personales a las víctimas. No obstante, los airbags frontales, tanto de conductor como de pasajero, se muestran efectivos, debido a que su incorporación es ya habitual y se ofrece de serie junto a otros sistemas principales de seguridad. El cambio automático, el aire acondicionado y las luces antiniebla delanteras contribuyen a modificar la conducta al volante y mejoran la visibilidad propia y externa, mostrándose efectivos contra la siniestralidad.

*c) Los principales sistemas de seguridad para disminuir los daños personales*

Se ha evidenciado que todos los sistemas de seguridad estudiados contribuyen a disminuir el número de fallecidos. Aunque con los resultados de la aplicación de los procedimientos de análisis empleados podría parecer que los principales sistemas de protección de los ocupantes, de modificación de la conducta, o de mejora de la visibilidad no ayudan a disminuir el número de víctimas mortales, lo cierto es que la gran mayoría de los turismos que entran en el parque ya los traen de serie. Por tanto, la incidencia del incremento del número de vehículos es mayor en el número de fallecidos que la disminución adicional que estos sistemas de seguridad –ya suficientemente implantados- suponen en la reducción del número de muertes.

Todos los sistemas de seguridad son significativos para disminuir los heridos graves, excepto, si acaso, el Airbag de rodilla. El incremento de la proporción de vehículos con los sistemas ABS, Control electrónico de tracción, Airbag frontal de conductor y pasajero, Aire acondicionado, Cambio automático, y Luces antiniebla delanteras, contribuyen también a reducir el número de heridos leves. Los sistemas para evitar accidentes (ABS y Control electrónico de tracción), cuando no son capaces de evitarlos totalmente, logran disminuir o evitar los daños personales.

La evidencia obtenida de que efectivamente los sistemas de seguridad inciden positivamente en la reducción de fallecidos y heridos graves, así como en la disminución de accidentes por turismo, justifica por si misma, desde un punto de vista técnico y humano, su utilización. Desde un punto de vista económico justifica también la conveniencia de analizar las relaciones entre el incremento de coste que añaden los nuevos equipamientos de seguridad y la disminución de costes por la menor siniestralidad, así como la incidencia conjunta de ambos elementos en la tarificación de los seguros del automóvil.

#### **Referencias bibliográficas:**

- DGT-Dirección General de Tráfico (2007): *Series estadísticas sobre accidentes y víctimas 1*.
- Feber, D.; Feldmeier, J. y Crocker, K (2003): The economics effects of road safety improvements: an insurance claims analysis, *Journal of Risk and Insurance*, vol.70 (4), p. 651-664.
- García-Ferrer, A., De Juan, A. y Poncela, P. (2007): The relationship between road traffic accidents and real economic activity in Spain: common cycles and health issues, *Health Economics*, vol. 16 (6), p. 603-626.
- Jenkins, L., Kisner, S., Fosbroke, D., Layne, L., Stout, N., Castillo, D., Cutlip, P., and Cianfrocco, R. (1993): *Fatal Injuries to Workers in the United States, 1980-1989: A Decade of Surveillance*, National Institute for Occupational Safety and Health, U.S. Department of Health and Human Services, Report No. 93-108.
- Keeler, T. (1994): Highway safety, economic behavior and driving environment, *The American Economic Review*, vol. 84 (3), p. 684-694.
- Koyama, S. y Takeuchi, K. (2004): Economic valuation of road injuries in Japan by standard gamble, *Environmental Economics and Policy Studies*, vol. 6 (2).
- Kopits, E. y Cropper, M. (2004): *"Traffic fatalities and economic growth"*, The World Bank: Policy Research Working Paper, num. 3035.
- López, B. (2006): *Aspectos estadísticos del seguro del automóvil*, Índice, núm. 17, p. 16.
- McCarthy, P. (1990): Consumer demand for vehicle safety: an empirical study, *Economic Inquiry*, vol. 28 (3).
- Miller, T. R. (1997): Estimating the costs of injury to US employers, *Journal of Safety Research*, vol 28 (1), p. 1-13.
- NHTSA-National Highway Traffic Safety Administration (2008): *Motor vehicle traffic crash fatality counts and estimates of people injured for 2007*, Sept. DOT HS 811034.

Pereira, R. (2005): El coste social de los accidentes de tráfico en España, *Revista técnica de la Asociación Española de la Carretera*, nº 142, p. 64-76.

RACE-Real Automóvil Club de España (2007): *La evolución de la seguridad de los vehículos. 20 años de pruebas de choque.*

Sutter, D. and Poitras, M. (2002): The political economy of automobile safety inspections, *Public Choice*, Dec, vol. 113 (3-4), p. 367