

# **INFLUENCIA DEL GASTO EN CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE CARRETERAS EN LA SEGURIDAD VIAL EN EL CONTEXTO EUROPEO**

**José Navarro-Moreno, Francisco Calvo-Poyo, Laura Garach, y Juan de Oña**  
Grupo de investigación TRYSE. Departamento de ingeniería civil, Universidad de Granada, ETSI Caminos, Canales y Puertos, c/ Severo Ochoa, s/n, 18071

## **RESUMEN**

El presente artículo analiza la influencia de los recursos económicos invertidos en la red viaria, tanto en construcción como en mantenimiento, sobre el número de fallecimientos producidos en la misma. Dada la multitud de factores de los que depende el tema de estudio, además de los recursos económicos invertidos, se incluye una serie de variables explicativas que tratan de reflejar características de la red viaria, aspectos socioeconómicos, meteorológicos y legislativos. Para ello, se ha construido un modelo de datos de panel para 22 países europeos y para el período comprendido entre 1998 y 2016, para la red viaria interurbana. Los resultados muestran un efecto beneficioso del gasto en mantenimiento de carreteras sobre la mortalidad. También se han hallado resultados significativos para la construcción de carreteras, la proporción de vías de gran capacidad, el PIB per cápita y el carnet por puntos.

## **1. INTRODUCCIÓN**

Las infraestructuras viarias han jugado un papel importante en el desarrollo económico de los países, así como en la cohesión territorial de los mismos. No obstante, el transporte por carretera lleva asociada una tasa de mortalidad que es necesario erradicar cuanto antes. En Europa, a pesar de contar con el menor índice de muertes por 100.000 habitantes en el mundo (9.3 según la WHO (2018)), la Unión Europea se reafirma en su ambicioso objetivo para 2050 de reducir el número de muertes en carretera a cero. Esto supone un gran reto, ya que, por una parte, esta última década ha estado marcada por varias crisis económicas que han afectado seriamente a los recursos económicos destinados a las carreteras, especialmente en los países del sur. Mientras tanto, la reducción en el número de muertes en carretera ha llevado un ritmo más lento de lo planeado: tan solo un 20% desde 2010 hasta 2017, estando planteado un objetivo de reducción del 50% de víctimas para 2020 (European Commission, 2018). Por todo ello, resulta de vital interés analizar la influencia de cualquier variable que influya en este problema del transporte. Así pues, en el estudio que se presenta a continuación, se analiza la influencia que los recursos económicos invertidos en carreteras (además de otros factores relacionados con el tema de estudio) puede tener sobre la mortalidad. Los resultados obtenidos pueden ser útiles de cara a planificar un gasto más eficiente en el contexto europeo, y como base en la que guiarse para cumplir objetivos de seguridad vial.

## **2. ESTADO DE LA CUESTIÓN**

Existen multitud de factores que influyen en los accidentes de circulación, y generalmente, éstos se suelen englobar en tres categorías: imputables al factor humano, relacionados con el vehículo y relacionados con la carretera. De cara al estudio de su influencia en la seguridad

vial, una forma de considerar los condicionantes de la carretera de forma aproximada y general, es a través de los recursos económicos invertidos en la infraestructura viaria. Así pues, una mayor inversión en construcción, y un mayor gasto en mantenimiento ayudan a conseguir una mejor y más segura red de carreteras, lo que necesariamente ha de influir en la mortandad en las mismas. Consecuentemente, existen estudios que incluyen este tipo de variables económicas en sus modelos de seguridad vial, tanto a nivel nacional, como a nivel internacional.

En este sentido, Fridstrøm e Ingebrigtsen (1991) incorporaron en su estudio sobre siniestralidad vial en Noruega la inversión en construcción y el gasto en mantenimiento de carreteras, encontrando un efecto favorable entre el gasto en mantenimiento y la mejora de la seguridad vial. Respecto a la inversión en construcción, hallaron resultados contradictorios en función de la titularidad de la vía. También obtuvieron correlaciones significativas para una serie de variables independientes relativas a la exposición, condiciones meteorológicas, luminosidad, longitud de la red de carreteras, partes de accidentes, inspección de vehículos, medidas legislativas y consumo de alcohol.

En España, Aparicio et al. (2011) identificaron una serie de factores que tenían influencia en el número de accidentes mortales y con heridos en España. Sin embargo, no obtuvieron resultados concluyentes respecto al gasto en mantenimiento y conservación de carreteras, ya que aparecía relacionado con disminuciones en los accidentes con heridos y aumentos en los accidentes con fallecidos. Sí que observaron que el aumento de la proporción de carreteras de gran capacidad estaba relacionado con una reducción del número de accidentes. Por su parte, Albalade et al. (2013) analizaron la influencia sobre la seguridad vial de los recursos económicos invertidos en construcción y mantenimiento de carreteras en España junto con otras variables, entre ellas los cambios normativos que afectan a la circulación. Hallaron una relación inversa entre la inversión en mantenimiento de carreteras y los fallecimientos, presentando también una relación negativa variables como la tasa de motorización, el nivel de desempleo y la ratio de doctores, mientras el porcentaje de personas mayores de 65 años dio una relación positiva.

Nguyen-Hoang y Yeung (2014) estudiaron los efectos de las inversiones realizadas en construcción y mantenimiento de carreteras en 48 estados de Estados Unidos sobre la mortalidad. Junto con las variables de recursos económicos invertidos en carreteras, añadieron otra serie de variables independientes con el fin de controlar los efectos de las características de los conductores, la normativa gubernamental, la exposición y las condiciones económicas de cada estado. Los resultados obtenidos mostraron una relación inversa entre las variables de inversiones viarias, tanto en construcción como en mantenimiento, y el número fallecimientos. También hallaron relaciones significativas para los vehículo-milla, el porcentaje de vehículos pesados, la longitud de la red de carreteras, la velocidad máxima en carreteras interestatales, la legislación sobre el cinturón de seguridad, la edad mínima para comprar cerveza, el índice de precipitaciones y temperatura, la renta per cápita, la tasa de desempleo y la densidad de población.

Sánchez González et al. (2018), realizaron un estudio sobre la influencia de las características provinciales españolas en los accidentes de tráfico en vías interurbanas mediante el análisis de diferentes variables económicas, técnicas, sociales y legislativas. Como variables dependientes, consideraron tres indicadores de siniestralidad, los cuales definen en función de la gravedad del herido (leve, serio y fallecido) y el nivel de exposición (millón de vehículos-Km). Hallaron como significativas las relaciones de las inversiones

realizadas tanto en construcción como en reposición de carreteras respecto a los tres indicadores. Sin embargo, dichas variables mostraban distinto comportamiento: negativo para la reposición y positivo para la construcción. También obtuvieron relaciones significativas para la implantación del sistema de penalización por puntos, el volumen de tráfico, la tasa de motorización, la variación anual de densidad de población, la tasa de desempleo y la proporción de carreteras de gran capacidad. Posteriormente, los autores realizaron un estudio similar y con los mismos indicadores de siniestralidad (Sánchez González et al., 2020), pero esta vez, utilizaron dos modelos para cada indicador: uno para provincias con renta per cápita alta y otro para los que tienen baja. También añaden como variables independientes una tasa del número de turistas, el porcentaje de vehículos con antigüedad superior a diez años, la proporción de población entre 20 y 29, la proporción de población mayor de 75 y la proporción de población con nivel educativo alto. Respecto a los resultados obtenidos para las variables de inversión de recursos económicos, se muestran relaciones significativas con diferentes efectos en función del indicador y de la renta per cápita de la provincia. Para la tasa de fallecidos, la inversión en construcción de carreteras muestra una relación inversa durante el año de ejecución del gasto y directa para el año siguiente. Para la tasa de heridos graves no se obtienen resultados significativos del gasto en reposición, pero sí se obtienen de la inversión en construcción, con una relación inversa. Por último, para la tasa de heridos leves, obtienen resultados significativos para el gasto en reposición durante el año de ejecución y los dos siguientes, con una relación inversa para las provincias de renta per cápita baja, sin embargo, para las provincias de renta alta, solo se obtiene como significativo el gasto durante el año siguiente, con relación directa.

En otro estudio en Chile, Sánchez-González et al. (2021) analizaron la influencia de las condiciones regionales sobre los accidentes de tráfico. Como variables dependientes utilizaron ocho indicadores de severidad, definidos según el número de víctimas, y dos medidas indirectas del nivel de exposición: el número de vehículos registrados y la población. Como variables independientes incluyen recursos económicos invertidos en construcción y en reposición, reformas legislativas, tasa de motorización, densidad de población, tasa de desempleo, precipitaciones, proporción de carreteras sin pavimentar y proporción de vías de gran capacidad. Respecto a los resultados obtenidos para las variables de recursos económicos, el gasto en reposición resulta significativo en cuatro de los indicadores, mostrando relaciones inversas en todos ellos. Aunque en el caso de heridos graves por vehículo, refleja también una relación contradictoria: directa durante el año de ejecución del gasto e inversa para el retardo de dos años. Por otro lado, la inversión en construcción muestra una relación directa y significativa en tres de los ocho indicadores considerados.

A nivel internacional, numerosos estudios han tratado de identificar, utilizando datos agregados por países, los diversos factores que afectan a la seguridad vial. Así pues, Kopits y Cropper (2005) analizaron los efectos de la renta per cápita para un total de 32 países con un periodo de estudio comprendido entre 1963 y 2002, incluyendo también variables demográficas, sociales, de motorización y de longitud de la infraestructura. Los resultados no mostraron una influencia significativa de la renta per cápita. Sin embargo, el abuso de alcohol, la mejora de los servicios médicos y una menor cantidad de conductores jóvenes sí mostraron tener efecto en las tasas de mortalidad. Bishai et al. (2006), por su parte, analizaron la relación entre el desarrollo económico y la siniestralidad, utilizando datos de 41 países durante el periodo 1992-1996. Estos autores hallaron una relación diferente según la renta per cápita del país: en países de baja renta per cápita un incremento de la misma induciría un incremento de la siniestralidad, mientras que en países con mayor renta per

cápita se produciría el efecto contrario. También obtuvieron que un mayor consumo de petróleo y de alcohol estaban relacionados con mayores tasas de mortalidad en países ricos. Calvo-Poyo et al. (2020), realizaron un estudio acerca de la influencia de las inversiones en construcción y del gasto en mantenimiento sobre la mortalidad, con datos de 23 países europeos y para el período comprendido entre 1998 y 2016. Además, incluyeron una serie de variables de control de factores específicos del transporte, socioeconómicos y meteorológicos. Los resultados obtenidos mostraron una relación directa para la inversión en construcción e inversa para el gasto en mantenimiento, siendo representativas ambas variables en el año posterior al de ejecución de los recursos económicos. También obtuvieron resultados significativos para la proporción de vías de gran capacidad, la tasa de motorización, el PIB, la proporción de personas mayores de 65 años y la precipitación media anual. Elvik (2021), utilizó una serie de indicadores democráticos y de gobernabilidad junto a otras variables explicativas (consumo de alcohol y tasa de motorización), para comprobar la relación de dichos índices con las tasas de mortalidad de 148 países. Aunque no justifica una relación causal, encuentra una relación estadísticamente significativa del nivel de democracia de un país, el índice de eficiencia de gobierno, la tasa de motorización, el consumo de alcohol per cápita respecto a la siniestralidad vial.

Por tanto, teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, no se han encontrado estudios a nivel internacional, que analicen, con datos de distintos países, la influencia que pueden tener los recursos económicos invertidos en carreteras sobre la mortalidad y que controlen posibles cambios legislativos. Por ello, con el presente estudio, se pretende aportar a la literatura un análisis que incluya este tipo de variables para el contexto europeo.

### 3. METODOLOGÍA

Para modelos de siniestralidad vial, Hakkert y Braimaister (2002) recomiendan utilizar una ratio en función del nivel de exposición como variable dependiente, por lo tanto, en el presente estudio se utiliza una tasa de mortalidad, definida como el número de fallecidos por cada mil millones de pasajeros-km. Por otro lado, se utilizan una serie de variables para controlar los efectos de los recursos económicos invertidos en carreteras, de las características de la red viaria, de las condiciones socioeconómicas, de la meteorología y legislativos. Como principales variables independientes que controlen los efectos de las inversiones en carreteras sobre la mortalidad, se incluyen tanto las inversiones en construcción de carreteras por kilómetro de red, como el gasto en mantenimiento por kilómetro, ambas para el año en curso y para un retardo de un año. Como variables independientes que controlen los factores mencionados anteriormente se incluyen la proporción de vías de gran capacidad, la variación anual de la tasa de motorización (se ha diferenciado la serie para eliminar los efectos de la tendencia creciente en la serie), el PIB per cápita, el consumo de alcohol, la precipitación media y la existencia de un sistema de carnet por puntos. La codificación de las variables, así como sus unidades de medida y los principales estadísticos descriptivos se encuentran en la Tabla 1. Todas las variables económicas han sido convertidas a valores constantes de 2015.

<b>Código</b>	<b>Unidad</b>	<b>Media</b>	<b>dt</b>	<b>Min.</b>	<b>Mediana</b>	<b>Máx.</b>
<i>Fatal_pkm</i>	Fallecidos/ mil millones de pkm	7.60	5.9	1.46795	5.43325	35.3
<i>Road_inv</i>	Miles de €/km	21.82	35.8	.03284	12.97648	279.8903
<i>Road_maint</i>	Miles de €/km	8.36	10.9	.246996	5.25882	83.75754
<i>Prop_motorwa</i>	%	2.43	4.0	0	1.06926	21.41859

<i>Mot_index</i>	Turismos/1000 habitantes	452.00	95.5	199.3854	456.6513	678.4133
<i>GDP_Cap</i>	Miles de €/km	31.23	18.8	4.26825	32.56199	94.84641
<i>Alcohol</i>	Litros per cápita (15+)	10.76	2.3	5.24	10.91	17.75
<i>Precipit</i>	Mm/año	915.78	283.3	445.6974	841.8867	2266.778
<i>DPS</i>	( <i>Dummy</i> )	0.59	0.5	0	1	1

**Tabla 1 – Codificación y descripción de las variables**

Se han recopilado datos desde 1998 hasta 2016 de los siguientes países: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, Eslovaquia, Eslovenia, España, Estonia, Finlandia, Francia, Irlanda, Italia, Letonia, Lituania, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Polonia, Portugal, Reino Unido, República Checa y Suecia. Dada la naturaleza de estos datos, con 22 países distintos y durante 19 años, se opta por formular un modelo de panel cuyo objetivo es explicar los fallecimientos ocurridos en carreteras a lo largo del tiempo y países seleccionados. De los países considerados, tan solo dos no forman parte de la UE: Noruega y Reino Unido. Se ha intentado incluir al resto de países de la UE (Bulgaria, Croacia, Chipre, Grecia, Hungría, Malta y Rumanía), pero no se han podido obtener datos suficientemente desagregados, bien del número de fallecidos en carreteras interurbanas o bien de los recursos económicos invertidos en carreteras.

Los modelos de datos de panel son ampliamente utilizados en la literatura sobre seguridad vial a nivel macro, sin embargo, cuentan con una serie de fenómenos propios que deben ser analizados con el fin de obtener estimadores robustos. Para ello, se han realizado una serie de test. El test de Levene (Levene, 1960) se utiliza para comprobar la homocedasticidad a lo largo del corte transversal, mostrando los siguientes resultados:  $W_0 = 25.300$  (p-valor = 0.000),  $W_{50} = 14.644$  (p-valor = 0.000) y  $W_{10} = 24.438$  (p-valor = 0.000). Por tanto, se rechaza la hipótesis nula de homocedasticidad. Para comprobar la correlación serial, se usa el test de Wooldridge (Wooldridge, 2007) en el que la hipótesis nula supone la no existencia de autocorrelación de primer orden. Los resultados del test,  $F = 173.54$  (p-valor = 0.000), descartan la validez de dicha hipótesis nula. Y, por último, para comprobar la independencia de corte transversal, se utiliza el test de Pesaran (Pesaran, 2020), suponiendo dicha independencia en la hipótesis nula. El resultado del test, 31.575 (p-valor = 0.000), junto con el valor absoluto medio de la correlación de los residuos, 0.568, hacen rechazar la hipótesis nula. Como consecuencia de los resultados obtenidos en los test, se considera la existencia en el panel de heterocedasticidad grupal, de autocorrelación de primer orden, y de correlación contemporánea.

Por tanto, para solventar estos problemas y obtener una mejor inferencia del modelo lineal estimado a partir de datos de series temporales, se utiliza el método de errores estándar corregidos para panel (PCSE) propuesto por Beck y Katz (1995), con un autocorrelación de primer orden específica para cada país. Así, el modelo empleado de panel de datos adopta la siguiente forma:

$$y_{it} = \beta_0 + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + \mu_{it}$$

en el cual,  $y_{it}$  representa la variable dependiente, con subíndices  $i$  para cada país y  $t$  por cada año.  $X_{Kit}$  son las variables independientes,  $\beta_K$  son los coeficientes estimables y  $\mu_{it}$  el término de error:

$$\mu_{it} = \rho_i \mu_{it-1} + e_{it}$$

siendo  $\rho_i$  el parámetro de autocorrelación específico para cada país y  $e_{it}$  se corresponde con los errores independientes e idénticamente distribuidos. El software utilizado para estimar el modelo es STATA versión 12.1, el cual aplica una regresión de Prais-Winsten para estimar los parámetros.

De esta forma, el modelo queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Fatal\_pkm = & \beta_0 + \beta_1 Road\_inv + \beta_2 Road\_inv_{lag1} + \beta_3 Road\_maint \\ & + \beta_4 Road\_maint_{lag1} + \beta_5 Prop\_motorwa \\ & + \beta_6 Mot\_index + \beta_7 GDP\_Cap + \beta_8 Acohol \\ & + \beta_9 Precipit + \beta_{10} DPS + \mu_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

## 4. RESULTADOS

### 4.1 Modelo

Los resultados obtenidos de la regresión se muestran en la Tabla 2.

Fatal_pkm	Panel-corrected					[95% Conf. Interval]	
	Coef. ( $\beta_k$ )	Std. Err.	z	P> z			
Road_inv							
--.	.0120614	.007856	1.54	0.125		-.0033361	.0274589
L1.	.0231607	.0077126	3.00	0.003	***	.0080443	.0382771
Road_maint							
--.	-.0226329	.0154456	-1.47	0.143		-.0529056	.0076399
L1.	-.0383305	.0162192	-2.36	0.018	**	-.0701195	-.0065415
Prop_motorwa	-.389789	.0818051	-4.76	0.000	***	-.5501241	-.2294539
Mot_index	.0056254	.0074999	0.75	0.453		-.0090742	.020325
GDP_Cap	-.1473763	.0250015	-5.89	0.000	***	-.1963783	-.0983742
Alcohol	-.1416466	.1596968	-0.89	0.375		-.4546466	.1713535
Precipit	-.0010549	.0006568	-1.61	0.108		-.0023423	.0002324
DPS	-1.113752	.3715196	-3.00	0.003	***	-1.841917	-.385587
_Cons( $\beta_0$ )	15.43535	2.625257	5.88	0.000	***	10.28994	20.58076

\*\*\* p<0.01, \*\* p<0.05, \* p<0.1 | R-squared = 0.5571

Parámetro de autocorrelación por país ( $\rho_i$ ):

Austria: 0.857086	Belgium: 0.828970	Czech Republic: 0.774229
Denmark: 0.796525	Estonia: 0.716573	Finland: 0.920368
France: 0.903019	Germany: 0.725165	Ireland: 0.692969
Italy: 0.557741	Latvia: 0.867476	Lithuania: 0.544753
Luxembourg: 0.923186	Netherlands: 0.907368	Norway: 0.641941
Poland: 0.884460	Portugal: 0.611798	Slovak Republic: 0.736251
Slovenia: 0.679140	Spain: 0.867863	Sweden: 0.933459
United Kingdom: 0.851805		

## **Tabla 2- Resultados**

### **4.2. Discusión de resultados**

#### **4.2.1 Inversión en construcción de carreteras (*Road\_inv*).**

En primer lugar, la variable de inversión en construcción de carreteras ha obtenido resultados significativos solo en el caso con un año de retardo. Los resultados muestran una relación de signo positivo para la variable de construcción, en consonancia con otros estudios (Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991; Sánchez González et al., 2018), y sugieren un aumento en la tasa de fallecidos de 0.0231607 por cada mil euros por kilómetro invertidos durante el año anterior al considerado. Este retardo en la influencia puede deberse al tiempo necesario para la ejecución de la obra y puesta en servicio de la misma, a partir de la cual empezarán a notarse los efectos.

Por otro lado, Albalate et al. (2013) señalaron la posibilidad de que el efecto de la inversión en construcción esté sobreestimado en los modelos en los que no se incluyen variables de control de cambios legislativos, y que al incluir éstas, la inversión en construcción pueda perder nivel de significancia. Sin embargo, en el presente estudio se ha incluido la introducción del sistema de carnet por puntos, sin que ello haya afectado al nivel de significancia de la variable.

#### **4.2.2. Gasto en mantenimiento (*Road\_maint*).**

Los resultados muestran una relación de signo negativo para la variable de gasto en mantenimiento. Al igual que para la variable de inversión en construcción, solo se obtienen resultados significativos para el gasto en mantenimiento con un retardo de un año. Al igual que en la inversión en construcción, resulta lógico pensar que una parte de la ejecución del gasto en mantenimiento puede llevarse a cabo en el último periodo del año, con lo que sus efectos no son esperables inmediatamente, sino durante el año siguiente.

Según los resultados, por cada mil euros por kilómetro en gasto en mantenimiento se espera una reducción de -0.0383305 en la tasa de mortalidad. Este efecto beneficioso para la reducción de la siniestralidad vial también se encuentra reflejado en la literatura en estudios realizados en EE.UU (Nguyen-Hoang y Yeung, 2014), España (Albalate et al., 2013; Sánchez González et al., 2018) y Noruega (Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991).

#### **4.2.3. Proporción de vías de gran capacidad (*Prop\_motorwa*).**

La proporción de vías de gran capacidad, como variable de control de las características generales de la red viaria, ha resultado significativa con signo negativo, es decir, que el aumento de la proporción de vías de gran capacidad contribuye a la disminución de la mortalidad en la carretera. Esta relación se halla en consonancia con resultados de estudios previos (Albalate et al., 2013; Sánchez González et al., 2018), y pone de manifiesto los beneficios que para la seguridad vial que conlleva la extensión de este tipo de red. En este sentido, Albalate y Bel (2012) señalaban que este tipo de vías son las únicas que pueden relacionarse con reducciones en la tasa de mortalidad.

#### **4.2.4. Variación anual de la tasa de motorización (*Mot\_index*).**

Respecto a la primera de las variables socioeconómicas, la tasa de motorización se ha considerado como variación anual, con el objetivo de eliminar los efectos de tendencia creciente que presenta y transformar la serie en estacionaria (lo cual es conveniente para aplicar la metodología de PCSE). De todos modos, no se han obtenido resultados

significativos para esta variable.

#### **4.2.5. PIB per cápita (*GDP\_cap*).**

Siguiendo con las variables socioeconómicas, se obtiene un resultado significativo para el PIB per cápita y con relación inversa respecto a la tasa de mortalidad. Esta relación puede ser consecuencia de los mejores servicios sanitarios y de atención post accidente (Bishai et al., 2006), y de la mejor red de carreteras y mejor parque de vehículos inherentes al mayor nivel de riqueza de un país.

#### **4.2.6. Consumo de alcohol (*Alcohol*).**

El consumo de alcohol per cápita muestra una relación negativa con la tasa de mortalidad, similar a lo reflejado en estudios previos (Elvik, 2021), sin embargo no resulta significativa. Esta falta de significancia estadística suficiente puede deberse a que, el hecho de aumentar el consumo de alcohol anual en un país, no tiene por qué representar la predisposición de los usuarios de la vía a conducir bajo los efectos del alcohol. Hay otros factores adicionales (culturales, punitivos, ...) que influyen en esta decisión por parte de los conductores.

#### **4.2.7. Precipitación media (*Precipit*).**

Como control de factores meteorológicos, la precipitación media anual ha resultado significativa y con signo negativo. Estos resultados se hayan en sintonía con estudios previos (Aparicio Izquierdo et al., 2013), y ponen de manifiesto la posibilidad de que se produzca un aumento de la precaución por parte de los conductores ante esta situación meteorológica adversa, reduciendo generalmente la velocidad y, como consecuencia de ello, la severidad de un posible accidente.

#### **4.2.8. Carnet por puntos (*DPS*).**

Por último, la variable que controla un cambio legislativo como es la introducción de un sistema de carnet por puntos ha resultado significativa y de signo negativo. Diversos autores han resaltado la influencia de este sistema en la reducción de la siniestralidad en estudios realizados en España (Albalate et al., 2013; Izquierdo et al., 2011; Sánchez González et al., 2018), el presente estudio constata dichos resultados, pero a nivel europeo.

### **5. CONCLUSIONES**

El estudio ha puesto de manifiesto que el gasto en mantenimiento de carreteras tiene un efecto reductor de la mortalidad en las carreteras a nivel europeo, produciéndose este efecto principalmente en el año posterior al de ejecución del gasto. Como aportación a la literatura, destaca la obtención de resultados que reflejan este efecto beneficioso para 22 países europeos. Se corrobora así, a nivel internacional, la relación inversa entre gasto en mantenimiento y mortalidad que estudios previos habían hallado con datos de un solo país (Albalate et al., 2013; Fridstrøm e Ingebrigtsen, 1991; Nguyen-Hoang y Yeung, 2014; Sánchez González et al., 2018).

Además, otras variables han resultado significativas en el estudio realizado. Así pues, la inversión en construcción de carreteras ha mostrado una relación directa con la tasa de mortalidad, mientras que la proporción de vías de gran capacidad, el PIB per cápita y el carnet por puntos han mostrado una relación inversa con el número de fallecidos en carretera. Este artículo complementa el estudio publicado por Calvo-Poyo et al. (2020) al añadir las variables de consumo de alcohol per cápita (que no resulta significativa) y la de carnet por puntos.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido realizado en el marco del proyecto “Inversión en carreteras y seguridad vial: un análisis internacional (INCASE)”, financiado por: FEDER/Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades–Agencia Estatal de Investigación/ Proyecto RTI2018-101770-B-I00, dentro del Programa Estatal de I+D+i Orientado a los Retos de la Sociedad.

Las variables incluidas en el estudio han sido obtenidas de las siguientes fuentes oficiales: Eurostat, OECD/ITF, EU DG Mobility and Transport, UNECE, IRTAD, World Bank, Copernicus Climate Change Service, institutos nacionales de estadística y ministerios de transportes.

## 7. REFERENCIAS

- ALBALATE, D. y BEL, G. (2012). Motorways, tolls and road safety: Evidence from Europe. *Series 3*, 457–473. <https://doi.org/10.1007/s13209-011-0071-6>
- ALBALATE, D., FERNÁNDEZ, L. y YARYGINA, A. (2013). The road against fatalities: Infrastructure spending vs. regulation? *Accid. Anal. Prev.* 59, 227–239. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.06.008>
- APARICIO IZQUIERDO, F., ARENAS RAMÍREZ, B. y BERNARDOS RODRÍGUEZ, E. (2013). The interurban DRAG-Spain model: The main factors of influence on road accidents in Spain. *Res. Transp. Econ.* 37, 57–65. <https://doi.org/10.1016/j.retrec.2011.08.011>
- BECK, N. y KATZ, J.N. (1995). What To Do (and Not to Do) with Time-Series Cross-Section Data. *Am. Polit. Sci. Rev.* 89, 634–647. <https://doi.org/10.2307/2082979>
- BISHAI, D., QURESH, A., JAMES, P. y GHAFAR, A., 2006. National road casualties and economic development. *Health Econ.* 15, 65–81. <https://doi.org/10.1002/hec.1020>
- CALVO-POYO, F., NAVARRO-MORENO, J., DE OÑA, J. (2020). Road Investment and Traffic Safety: An International Study. *Sustainability* 12, 6332. <https://doi.org/10.3390/su12166332>
- ELVIK, R. (2021). Democracy, governance, and road safety. *Accid. Anal. Prev.* 154, 106067. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106067>
- EUROPEAN COMMISSION (2018). EUROPE ON THE MOVE. Sustainable Mobility for Europe: safe, connected, and clean. *COM(2018) 293 final*. Brussels, Belgium.
- FRIDSTRØM, L. e INGEBRIGTSEN, S. (1991). An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data. *Accid. Anal. Prev.* 23, 363–378. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90057-C](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90057-C)
- HAKKERT, S. y BRAIMAISTER, L. (2002). The uses of exposure and risk in road safety studies, *SWOV Institute for Road Safety Research*. Leidschendam.
- IZQUIERDO, F.A., RAMÍREZ, B.A., McWILLIAMS, J.M.M. y AYUSO, J.P. (2011). The endurance of the effects of the penalty point system in Spain three years after. Main influencing factors. *Accid. Anal. Prev.* 43, 911–922. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.014>
- KOPITS, E. y CROPPER, M. (2005). Traffic fatalities and economic growth. *Accid. Anal. Prev.* <https://doi.org/10.1016/j.aap.2004.04.006>
- LEVENE, H. (1960). Robust tests for equality of variances. *Contrib. to Probab. Stat. Essays in Honor of Harold Hotelling*, 278-292. Menlo Park, CA: Stanford University Press.
- NGUYEN-HOANG, P., YEUNG, R. (2014). Dollars for lives: The effect of highway capital investments on traffic fatalities. *J. Safety Res.* 51, 109–115. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.09.008>
- PESARAN, M.H. (2020). General diagnostic tests for cross-sectional dependence in panels. *Empir. Econ.* <https://doi.org/10.1007/s00181-020-01875-7>

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M.P., ESCRIBANO SOTOS, F. y TEJADA PONCE, Á (2018). Impact of provincial characteristics on the number of traffic accident victims on interurban roads in Spain. *Accid. Anal. Prev.* 118, 178–189. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.02.015>

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, M.P., TEJADA PONCE, Á. y ESCRIBANO SOTOS, F. (2020). Interregional inequality and road accident rates in Spain. *Accid. Anal. Prev.* 135, 105347. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.105347>

SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, M.P., TEJADA-PONCE, Á., BONNEFOY, J. y ESCRIBANO-SOTOS, F. (2021). Regional conditions and road traffic collisions on rural roads in Chile. *J. Transp. Heal.* 20, 100996. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100996>

WOOLDRIDGE, J.M. (2007). Diagnostic Testing,. En: *A Companion to Theoretical Econometrics*. Blackwell Publishing Ltd, Malden, MA, USA, pp. 180–200. <https://doi.org/10.1002/9780470996249.ch10>

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO) (2018). *Global status report on road safety 2018*. Geneva, Switzerland.