

**LA CONDUCCIÓN DE UN VEHÍCULO A MOTOR SIN  
PERMISO VÁLIDO O SIN LA INSPECCIÓN TÉCNICA EN  
LA CADENA CAUSAL DE LA MORBI-MORTALIDAD  
POR TRÁFICO EN ESPAÑA**

---

LUIS MIGUEL MARTÍN DE LOS REYES



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**

PROGRAMA DE DOCTORADO EN MEDICINA CLÍNICA Y SALUD PÚBLICA

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales  
Autor: Luis Miguel Martín de los Reyes  
ISBN: 978-84-1117-463-3  
URI: <http://hdl.handle.net/10481/76799>



**UNIVERSIDAD DE GRANADA**

FACULTAD DE MEDICINA

Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública

Programa de Doctorado en Medicina Clínica y Salud Pública



**LA CONDUCCIÓN DE UN VEHÍCULO A MOTOR SIN  
PERMISO VÁLIDO O SIN LA INSPECCIÓN TÉCNICA EN  
LA CADENA CAUSAL DE LA MORBI-MORTALIDAD  
POR LESIONES EN ESPAÑA**

TESIS DOCTORAL

Luis Miguel Martín de los Reyes

DIRECTORES

Pablo Lardelli Claret

Virginia Ana Martínez Ruiz

**Granada, 2022**



**LA CONDUCCIÓN DE UN VEHÍCULO A MOTOR SIN PERMISO  
VÁLIDO O SIN LA INSPECCIÓN TÉCNICA EN LA CADENA  
CAUSAL DE LA MORBI-MORTALIDAD POR TRÁFICO EN  
ESPAÑA**

Memoria presentada por Luis Miguel Martín de los Reyes para aspirar al  
grado de DOCTOR con Mención Internacional por la Universidad de  
Granada

Dirigido por:

**Dr. PABLO LARDELLI CLARET**

Catedrático de Medicina Preventiva y Salud Pública  
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública  
Facultad de Medicina  
Universidad de Granada

**Dra. VIRGINIA ANA MARTÍNEZ RUIZ**

Profesora Titular de Universidad  
Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública  
Facultad de Medicina  
Universidad de Granada

Granada, 2022



## **Trabajos realizados para esta Tesis Doctoral:**

**Trabajo 1.** Martín-delosReyes, L. M., El Maraoui, C., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E. y Lardelli-Claret, P. Prevalencia y factores asociados a la conducción sin un permiso válido en España, 2014-2017. Trabajo no publicado en el momento de la redacción final de esta Memoria.

**Trabajo 2.** Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E., & Lardelli-Claret, P. (2021). Is driving without a valid license associated with an increased risk of causing a road crash?. *Accident Analysis & Prevention*, *149*, 105872. DOI: 10.1016/j.aap.2020.105872. Factor de Impacto (FI): 4,993. Q1 (D1).

**Trabajo 3.** Martín-delosReyes, L. M., Lardelli-Claret, P., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E. y Martínez-Ruiz, V. Measuring and understanding the association between license-related infractions and road crash severity. Trabajo no publicado en el momento de la redacción final de esta Memoria.

**Trabajo 4.** Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Pulido-Manzanero, J., Jiménez-Mejías, E. y Lardelli-Claret, P. (2022). Prevalence of and factors associated with driving a vehicle with timed-out inspection certificate in Spain. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(1), 98. DOI: 10.3390/ijerph19010098. FI: 3,390. Q1.

**Trabajo 5.** Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E. y Lardelli-Claret, P. Driving with an expired vehicle inspection certificate: influence on the risk of road crashes and injury severity through analytical observational approach. Trabajo no publicado en el momento de la redacción final de esta Memoria.

**Trabajo 6.** Martín-delosReyes, L. M., Lardelli-Claret, P., García-Cuerva, L., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E. y Martínez-Ruiz, V. (2021). Effect of Periodic Vehicle Inspection on Road Crashes and Injuries: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *18*(12), 6476. DOI: 10.3390/ijerph18126476. FI: 3,390. Q1.

**Trabajo 7.** Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E., Pulido-Manzanero, J., & Lardelli-Claret, P. (2022). Addressing the association between driving with an expired vehicle inspection certificate and injury severity after a crash. *Traffic injury prevention*, *23*(4), 159-162. DOI: 10.1080/15389588.2022.2045587. FI: 1,491. Q4.





Para optar a la Mención Internacional del título de Doctor, el doctorando ha realizado una estancia de investigación en el *Centre for Primary Health Care Research, Lünd University (Malmö, Suecia)* en el marco del desarrollo de la Tesis Doctoral.

El doctorando y los directores de Tesis desean agradecer a la Dirección General de Tráfico (DGT-España) por permitir la consulta y el uso de los datos contenidos en el Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico, información que ha permitido el desarrollo de la presente Tesis Doctoral.



*“Defiende tu derecho a pensar, porque incluso pensar de manera errónea es mejor que no pensar.”*

Hipatia de Alejandría



## **AGRADECIMIENTOS**

Esta Tesis Doctoral ha sido posible gracias al cariño y al esfuerzo de muchas personas; espero poder expresar mis agradecimientos tal y como merecen:

A mis directores, D. **Pablo Lardelli Claret** y Dña. **Virginia Martínez Ruíz**, cuya paciencia, capacidad de trabajo, conocimientos y habilidades parecen inagotables. Gracias a ellos he podido completar este trabajo, ayudando en todo momento y haciendo mucho más sencilla la tarea que queda reflejada en esta Tesis. Poco justo sería si no reconozco el enorme valor personal y académico de ambos, siendo los principales motores para superar todas las vicisitudes que me he encontrado en la elaboración de esta Tesis y en mi formación. Espero poder seguir aprendiendo de ellos.

No puedo olvidar a mis compañeros del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, **Miguel Espigares, José Juan, Elena, Carmen, Rocío Olmedo, Rocío Barrios, Inma, Naomi, Blanca, Laura, Daniel, Eva, Paco, Juan Pedro, Sandra, Malak, Paloma, Silvia y Pilar**. Gran ejemplo del capital humano de este Departamento; no sólo grandes profesionales, sino también grandes personas. Mi colaboración con ellos, sobre todo en la docencia, me ha permitido conocer lo fácil que se convierte este trabajo cuando tienes a buenas personas al lado. Especial mención al profesor **Miguel García**, su “ilustrísima”; ejemplo de que en esta vida también existen cosas importantes lejos de los muros de la facultad. Sin su ayuda y apoyo no habría logrado poder impartir docencia y darme todo lo necesario para poder trabajar: gracias. A la profesora **Aurora Bueno**, creo que no pecho de imprudente si digo que es una madre para todos, preocupada siempre de nuestra formación, de generar lazos y de saber compartir momentos externos a la universidad para también conocernos personalmente, luchando incansablemente para hacer del Departamento un centro de referencia. Gracias Aurora; sin tu apoyo y “presión” no habría acabado satisfactoriamente esta Tesis.

A los profesores **Jan y Kristina Sundquist**, por la oportunidad de realizar la estancia en el Centro de Investigación de Atención Primaria de la Universidad de Lünd y poder colaborar con ellos en su trabajo.

A **Karem Shashok** por la traducción de algunos de los trabajos y a **Antonio Jesús Laínez**, aparte de por su amistad, también por la traducción de los restantes y algunos apartados de esta Tesis.

A mis padres, **Rocío** y **Pepe**, quienes me han hecho ser la persona que soy y han dado todo para que pueda cumplir mis sueños. A las horas de trabajo extra de mi padre para sacarnos adelante, sus continuos esfuerzos para darnos todo a la familia y enseñarme a ser paciente, a discernir las cosas importantes de esta vida, a ser crítico, poder elegir siempre lo correcto escuchando a mi corazón y a las largas conversaciones que hemos tenido y tendremos. A los cuidados y al amor de mi madre, mi primera “maestra” con sus tardes invertidas en la educación de sus hijos, en enseñarme a valorar la música, la alegría, el humor, el cine y, sobre todo, a querer a los míos sin medidas y sabiendo perdonar. Qué no daría yo por empezar de nuevo, volver a estar en nuestra casa y disfrutar del amor de mis padres como un niño. Qué pena da hacerse mayor.

A mis “mecenas”, mis tíos **José Bardallo** y **María Luisa**, de los que he recibido todo el amor que tienen y a los que quiero con todo mi corazón. Mi tía, con su cariño, su humor y su entereza, mi mayor ejemplo de que la sabiduría no solo se encuentra en los libros. Mi tío, amor incondicional, ejemplo de que todavía existen personas buenas de verdad en este mundo; de él he aprendido que lo que les ocurre a los demás es importante y hay que ayudarlos siempre que se pueda. Sé que me quiere como a nadie y siempre ha velado por mi bienestar. Con ellos mi vida ha sido mucho más fácil; recordaré siempre las tardes de verano jugando en su casa. Prometo pasar más tiempo con vosotros.

A mis abuelos, **Pepe** y **Benjamín**; no sería quien soy a día de hoy sin sus enseñanzas, sin el tiempo compartido con ellos y sin el ejemplo que suponen para mi vida. A mi **abuelo Pepe** siempre lo recordaré cuando vea unas fichas de dominó, las tardes de fútbol, nuestras conversaciones y discusiones, su fortaleza dialéctica, su saber vivir, cómo nos entendíamos solo con mirarnos y sus chistes; una fuerza de la naturaleza que era capaz de sacar una sonrisa a cualquiera. A mi **abuelo Benjamín**, un ejemplo de entereza y saber estar, sus palabras pocas, pero siempre escogidas con cariño y con inteligencia, me han enseñado casi tanto como sus silencios cómplices. Siempre lo recordaré cuando vea una pieza de lego o un libro de sopa de letras. Jamás te oí hablar de tanta mala suerte, y me siento orgulloso de haberte podido conocer. Me enseñasteis lo más difícil: saber decir

adiós, y también lo más bonito: disfrutar al máximo todo el tiempo que transcurre antes de que llegue la inevitable despedida. Seguiré viéndoos en mis sueños, donde todavía os cuento mi vida, mis tribulaciones, y os alegráis por mí y me dais los mejores consejos. Os echo mucho de menos.

A mis abuelas, **Paca** y **Angélica**, el amor hecho personas. La dedicación de sus vidas a los demás, ejemplos de que con poco se puede conseguir mucho. Mi **abuela Paca**, con su cariño y saber estar, siendo directa cuando hay que serlo y con unos sentimientos tan grandes que se le nota cuando se les escapan del corazón. Siempre queriendo pasar más tiempo conmigo, mimando cada segundo y comprendiendo los problemas y la vida de sus nietos. Aunque siendo mayor que nosotros, siempre has sido más moderna y comprensiva. Mi **abuela-mamá Angélica**, mi segunda madre, siempre mostrando su cariño, sacando fuerzas de donde no las hay para seguir. Muchos paseos hemos dado y espero seguir dando, hablando de nuestras cosas, casi a diario aún en la distancia, comprendiéndonos y compartiendo muchas cosas que solo son nuestras. Muchas gracias abuelas por vuestro amor.

Por supuesto, a mi hermana **Angélica**, la persona de la que más orgulloso estoy. Nos parecemos y nos queremos mucho. Tu alegría, tu sinceridad máxima, tu esfuerzo inquebrantable, tu saber disfrutar... Eres un gran referente al que mirarse. Sé que muy pronto me adelantarás, como debe ser. Valoro nuestros momentos como un gran regalo y cada vez que hablo contigo me sacas una sonrisa. Te deseo lo mejor, vas por buen camino, y con **Fidel** serás muy feliz. Amigo, eres otro referente: si el día tuviera más horas harías aún más por hacer feliz a mi hermana; no te guardas nada para ti y eres un buen hombre, no se puede pedir más a un cuñado.

No puedo olvidarme de mi familia de Granada: su afecto, humildad y aceptación de quien soy no tiene límites. Gracias a ellos he podido sentirme uno más y quitarme la soledad de estar lejos de mi familia biológica. A **Pablo**, mi padre adoptivo y maestro, una de esas personas que cuando habla solo puedes callar y escuchar. La sensatez, su moral irrompible y lo bueno que es, lo hacen una de las personas más valiosas de mi vida. Nos conocimos como compañeros de clase, así es su humildad; sigue queriendo hacer las cosas siempre mejor, aunque no conozco a nadie que le supere. A **Eladio**, nuestro médico y guía espiritual: sin él esta Tesis no existiría (o al menos no sería yo el autor). Se ha implicado



y ha luchado por mí siempre; sin su dedicación y su cariño no hubiera logrado seguir con mi sueño. Quizás la persona con la que más me he reído, un ejemplo de que lo importante son nuestros alumnos y no el índice H y todos esos parámetros creados para el ego de quien se los cree. A **Virginia**, a quien hay que escuchar cada vez que se atreve a hablar y aprender de cada idea que expresa; no conozco a nadie más culta que ella. Inteligencia y prudencia combinadas, que la hacen una de esas personas en la que puedes confiar cien por cien. Seguiré tomando apuntes cuando acuda a tus clases para intentar transmitir esa humanidad que tienes, más que necesaria en nuestros alumnos. Por supuesto, a **Mario**, ejemplo de esfuerzo y trabajo, muchas veces hemos hablado de nuestras Tesis y espero seguir haciéndolo. Un líder en potencia, con sus metas manifiestamente definidas y clarividente en cuanto a lo que debe ser un buen profesional. Un gran compañero, capaz de renunciar a una vida fácil para ser feliz. Nos comprendemos bastante bien, amigo, espero que podamos seguir trabajando juntos en el futuro.

A mi familia extensa, todos mis tíos y primos; llenaría las hojas de otra Tesis si les dedico a cada uno todo lo que merecen; que sepan que esto también es un logro de la familia. Especial mención a mi tía **Maritrini** y mi tío **Candi**; me he criado con ellos y los respeto igual que a mis padres. Y a mi prima **Mari**, más que una prima una hermana, la vida nos ha separado un poco pero siempre queda lo importante.

A mis amigos de toda la vida: **Álvaro, Tere, Pedro, Jaime, Kiko, Diego, Miriam, Ismael, Joaquín, Lorena**, la familia que se escoge. Tengo muchas ganas de estar con todos vosotros más tiempo, demasiado lejos durante demasiado tiempo; ya lo recuperaremos.

A los que merecen estar en estas páginas, pero por despiste y extensión no están; a los que ya no están, pero estuvieron. A mis alumnos, de los que he aprendido mucho más de lo que he enseñado.

Gracias, de todo corazón.

---

**ÍNDICES, SIGLAS Y  
ABREVIATURAS**



## ÍNDICE GENERAL

<b>RESUMEN/ABSTRACT .....</b>	<b>3</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
<b>1. Importancia sanitaria de las lesiones por tráfico. Estrategias generales de prevención.....</b>	<b>13</b>
1.1. Importancia sanitaria de las lesiones por tráfico.....	13
1.2. Estrategias generales de prevención.....	22
<b>2. La cadena causal de las lesiones por tráfico. Marcadores y factores de riesgo.....</b>	<b>29</b>
2.1. Epidemiología analítica de las lesiones por tráfico: modelos causales.....	29
2.2. La cadena causal de las lesiones por tráfico.....	33
2.3. Marcadores y factores de riesgo de la morbi-mortalidad por tráfico en la cadena causal.....	47
<b>3. La CSPV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico.....</b>	<b>63</b>
3.1. Conceptos y marco normativo.....	63
3.2. Frecuencia de CSPV.....	70
3.3. Conducción sin permiso válido y accidentalidad y morbi-mortalidad por tráfico.....	74
<b>4. La CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico .....</b>	<b>77</b>
4.1. Inspección Técnica de los Vehículos (ITV). Concepto y marco normativo.	77
4.2. Conducción sin ITV y accidentalidad y morbi-mortalidad por tráfico.....	88
<b>II. JUSTIFICACIÓN .....</b>	<b>93</b>
<b>III. HIPÓTESIS.....</b>	<b>99</b>
<b>IV. OBJETIVOS/OBJETIVES .....</b>	<b>103</b>

<b>V. MÉTODOS .....</b>	<b>109</b>
<b>1. Fuente de información: el Registro Nacional de Víctimas de AT.....</b>	<b>111</b>
1.1. Estructura y contenidos del Formulario y los Registros.....	112
1.2. Accesibilidad y manejo de la información.....	119
<b>2. La metodología de la Exposición Cuasi Inducida .....</b>	<b>120</b>
2.1. Fundamentos teóricos del método.....	121
2.2. Aplicación del método de exposición cuasi-inducida en esta Tesis Doctoral.....	124
<b>3. Diseños epidemiológicos empleados .....</b>	<b>125</b>
3.1. Diseño transversal de prevalencia.....	125
3.2. Diseño de Casos y Controles.....	126
3.3. Diseño de Cohortes.....	127
3.4. Revisión Sistemática .....	128
<b>VI. RESULTADOS .....</b>	<b>131</b>
<b>1. Trabajos que valoran el papel de la CSPV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico .....</b>	<b>135</b>
1.1. Trabajo 1: Prevalencia y factores asociados a la CSPV en España, 2014-2017.....	135
1.2. Trabajo 2: ¿Se asocia la CSPV a un mayor riesgo de provocar un AT?.....	153
1.3. Trabajo 3: Estimando y comprendiendo la asociación entre las infracciones del permiso de conducir y la severidad de los AT.....	161
<b>2. Trabajos que valoran el papel de la CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico .....</b>	<b>182</b>
2.1. Trabajo 4: Prevalencia y factores asociados con la conducción en España de un vehículo con el certificado de la Inspección Técnica caducada.....	182
2.2. Trabajo 5: La conducción de un vehículo con el certificado de inspección técnica caducado: influencia en el riesgo de AT y en la severidad de las lesiones a través de una aproximación observacional analítica.....	191

2.3. Trabajo 6. El efecto de las Inspecciones Periódicas de los Vehículos sobre los AT y las lesiones: una revisión sistemática .....	215
2.4. Trabajo 7. Abordando la asociación entre conducir un vehículo con el certificado de inspección caducado y la severidad de las lesiones tras un AT.....	225
<b>VII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>231</b>
<b>1. Discusión de los principales resultados .....</b>	<b>233</b>
1.1. Discusión de los resultados sobre la CSPV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico .....	227
1.2. Discusión de los resultados sobre la CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico .....	235
<b>2. Discusión de la metodología y de la fuente de información .....</b>	<b>238</b>
2.1. Limitaciones derivadas de la fuente de información .....	238
2.2. Limitaciones derivadas de la metodología empleada .....	241
<b>3. Aplicabilidad de los resultados para la seguridad vial .....</b>	<b>242</b>
3.1. En relación con la CSPV .....	243
3.2. En relación con la CSITV.....	244
<b>4. Propuestas para futuras líneas de investigación .....</b>	<b>245</b>
4.1. Para la CSPV .....	246
4.2. Para la CSITV .....	246
<b>VIII. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS .....</b>	<b>249</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>255</b>
<b>X. ANEXO.....</b>	<b>285</b>

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS:**

AVD: años vividos con discapacidad

AVP: años de vida perdidos

AVAD: años de vida ajustados por discapacidad

AT: accidente de tráfico

CSPV: conducción sin permiso válido

CSITV: conducción de un vehículo sin inspección técnica válida

GBD: Global Burden of Disease

ITV: Inspección Técnica de Vehículos

LPT: lesiones por tráfico

OMS: Organización Mundial de la Salud

PIB: Producto Interior Bruto

UE: Unión Europea

## **ÍNDICE DE TABLAS:**

Tabla 1. AVAD perdidos por sexo y edad en España, 2019 .....	22
Tabla 2. Matriz de Haddon.....	32
Tabla 3. Riesgos Relativos de AT en diferentes países y zonas .....	57
Tabla 4. Prevalencia de CSPV estimadas en estudios previos .....	73
Tabla 5. Periodicidad de las ITV de los principales vehículos por países de Europa ....	81
Tabla 6. Frecuencia de las ITV en función de la antigüedad y categoría del vehículo en España .....	83

## ÍNDICE DE FIGURAS:

Figura 1: Principales causas de defunción por grupo de ingresos 2000-2019.....	14
Figura 2: Explicación del cálculo de los AVAD.....	17
Figura 3: Tasas de AVAD estandarizadas por edad (por 100.000 habitantes) por ubicación, ambos sexos combinados, 2019.....	18
Figura 4. Total de muertes por LPT en Europa.....	20
Figura 5. Evolución del número de fallecidos y heridos hospitalizados por tipo de vía, 2011-2020.....	21
Figura 6: Jerarquía de resultados del Sistema Seguro a escala de la UE .....	24
Figura 7: Árbol de objetivos Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020.....	26
Figura 8. Evolución del número y tasa por millón de habitantes de fallecidos en AT en España, 2011-2020 .....	28
Figura 9. Cadena causal de los accidentes por tráfico.....	34
Figura 10. Relación entre el volumen de tráfico (identificado como AADT) y el número de AT, estimados a través de las medias de 28 estudios .....	42
Figura 11. Contribución de varios factores en la variación explicada del número de AT.42	
Figura 12. Probabilidad de lesión por edad y sexo .....	60
Figura 13. Mapa comparativo de la periodicidad de las ITV en las diferentes regiones del mundo .....	79
Figura 14. Distintivo V-19 .....	87
Figura 15. Estructura de la presentación de los trabajos de la Tesis Doctoral.....	133
Figura 16. DAG que ilustra el papel de la CSPV en la cadena causal de las LPT .....	235
Figura 17. DAG que ilustra el papel de la CSITV en la cadena causal de las LPT .....	238





---

## **RESUMEN/ABSTRACT**



## RESUMEN

Esta Tesis Doctoral se centra en el estudio de la conducción sin un permiso válido (CSPV) y la conducción de un vehículo sin inspección técnica válida (CSITV) en los distintos eslabones de la cadena causal de las lesiones por tráfico (LPT), en un intento de dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿realmente la CSPV y la CSITV son buenos marcadores de aquello que se pretende identificar: conductores y/o vehículos que ponen en peligro la seguridad vial? Para ello se desarrollaron los siguientes objetivos, separadamente para cada una de las dos infracciones mencionadas: 1) estimar la prevalencia de los distintos tipos de infracciones relativas al permiso de conducción y de la CSITV en la población de conductores circulantes en España, entre 2014 y 2017, así como los factores dependientes del conductor, el vehículo y el ambiente asociados a dicha prevalencia; 2) cuantificar, para la CSPV y sus distintos tipos, así como para la CSITV, la magnitud de su asociación con el riesgo de provocar accidentes de tráfico en España, entre 2014 y 2017; 3) Cuantificar, para la CSPV y sus distintos tipos, así como para la CSITV, su asociación con la gravedad del accidente y/o con las lesiones sufridas por el conductor. La fuente de información fue el Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico de la Dirección General de Tráfico. Para el objetivo 1) se emplearon diseños transversales y para los objetivos 2) y 3) diseños de casos y controles y de cohortes, respectivamente. Los diseños aplicados en los objetivos 1) y 2) se basaron en la metodología de la exposición cuasi-inducida. En todos los estudios se construyeron modelos de regresión multivariante (logística o multinomial, en función del desenlace). Adicionalmente, se realizó una revisión sistemática para tratar de cuantificar, a partir de los trabajos realizados hasta la fecha, la asociación entre la CSITV y la morbi-mortalidad por tráfico.

A partir de la metodología expuesta anteriormente se realizaron siete trabajos, cuatro de los cuales ya se han publicado en revistas impactadas. El resumen de sus resultados es el siguiente:

1) Estudios transversales: en la población de conductores circulantes (estimada a partir del subgrupo de conductores inocentes implicados en colisiones limpias con otros vehículos), las prevalencias de CSPV y CSITV son bajas: 0,96% y 4,9%, respectivamente. Para la CSPV se observan mayores prevalencias en CSITV y en los que

conducen sin usar el cinturón o bajo el efecto de alcohol u otras drogas. La CSITV, aparte de con la CSPV, se asocia a variables del vehículo: furgonetas, mayor antigüedad y presencia de defectos.

2) Estudios de casos y controles: prácticamente todas las infracciones relacionadas con el permiso de conducción están asociadas con un mayor riesgo de provocar un accidente de tráfico, particularmente para infracciones como no haber tenido nunca el permiso, tenerlo anulado o haber perdido todos los puntos, aunque la magnitud de estas asociaciones se reduce cuando se ajusta por otras características del conductor. Con respecto a la CSITV, su presencia se asocia a un incremento del 41% en el riesgo de sufrir un accidente simple. Esta asociación está en la misma línea que la descrita en la mayoría de estudios observacionales recogidos en la revisión sistemática. Sin embargo, al igual que en ellos, no podemos descartar que parte o toda ella pueda ser explicada por confusión residual (dependiente sobre todo de variables no medidas del conductor).

3) Estudios de cohortes: la CSPV (especialmente la conducción sin haber tenido nunca el permiso o con el permiso anulado) se asocia a la implicación en accidentes de tráfico más graves, así como a una mayor gravedad de las lesiones sufridas por el conductor. Sin embargo, la CSITV no se asocia con la gravedad de dichas lesiones.

Como conclusión general, parece claro que la CSPV y la CSITV se comportan como marcadores de conductores y vehículos de mayor riesgo para la seguridad vial, especialmente en lo referente a la accidentalidad. Sin embargo, la prevalencia de ambas infracciones es baja en la población de conductores circulantes, lo que sugiere la necesidad de mantener, pero no incrementar, los recursos destinados al control de ambas infracciones en nuestro país. Específicamente en relación con la CSITV, el hecho de que la magnitud de su asociación con la accidentalidad sea moderada y que no se pueda confirmar su naturaleza causal, abre el debate sobre la pertinencia o no de mantener el sistema de ITV actualmente vigente en España.

## ABSTRACT

This doctoral thesis focuses on the study of driving without a valid license (DWVL) and driving a vehicle without a valid technical inspection certificate (DWVTI) in the different steps of the causal chain of traffic injuries (TIs) in an attempt to answer the following question: are DWVL and DWVTI really good markers of that which they are intended to identify, that is, drivers and/or vehicles that endanger road safety? To this end, the following objectives were developed, separately for each of the two aforementioned offenses: 1) to estimate the prevalence of the different types of driving license and DWVTI-related offenses in the population of drivers circulating in Spain between 2014 and 2017, as well as the driver, vehicle and environment-dependent factors associated with such prevalence; 2) to quantify, for DWVL and its different types, as well as for DWVTI, the magnitude of its association with the risk of causing traffic accidents in Spain between 2014 and 2017; 3) to quantify, for DWVL and its different types, as well as for DWVTI, its association with the severity of the accident and/or with the injuries suffered by the driver. The source of information was the National Register of Road Crashes with Victims of the Spanish National Traffic Directorate. Cross-sectional designs were used for objective 1), while case-control and cohort designs were used for objectives 2) and 3), respectively. The designs applied in objectives 1) and 2) were based on the quasi-induced exposure methodology. Multivariate regression models (logistic or multinomial, depending on the outcome) were constructed in all studies. In addition, a systematic review was carried with the aim of quantifying the association between DWVTI and traffic morbidity and mortality based on the studies carried out to date.

Based on the methodology described above, seven studies were carried out, four of which have already been published in peer-reviewed journals. The summary of their results is as follows:

1) Cross-sectional studies: in the population of circulating drivers (estimated from the subgroup of innocent drivers involved in clean collisions with other vehicles), the prevalence values of DWVL and DWVTI are low: 0.96% and 4.9%, respectively. For DWVL, a higher prevalence is observed in DWVTI and in driving without wearing a seat

belt or under the influence of alcohol or other drugs. Apart from DWVL, DWVTI is associated with vehicle variables: vans, greater age and presence of defects.

2) Case-control studies: Virtually all driving license-related offenses are associated with an increased risk of causing a traffic accident, particularly for offenses such as never having held a license, having it cancelled or having lost all driving license points, although the magnitude of these associations is reduced when adjusted for other driver-related characteristics. With respect to DWVTI, its presence is associated with a 41% increase in the risk of suffering a single accident. This association is consistent with that described in most of the observational studies included in the systematic review. However, as in these studies, we cannot rule out the possibility that it can be explained, in whole or in part, by residual confounding (mainly dependent on variables not measured in the driver).

3) Cohort studies: DWVL (especially driving without ever having held a license or with a revoked license) is associated with involvement in more serious traffic accidents, as well as with greater severity of injuries suffered by the driver. However, DWVTI is not associated with the severity of those injuries.

As a general conclusion, it seems clear that DWVL and DWVTI act as markers of drivers and vehicles at higher risk for road safety, especially in terms of accident severity. However, the prevalence of both offenses is low in the population of circulating drivers, which suggests the need to maintain, but not increase, the resources allocated to the control of both offenses in Spain. In the specific case of DWVTI, the fact that the magnitude of its association with accident rates is moderate and that its causal nature cannot be confirmed, opens the debate on the relevance or otherwise of maintaining the vehicle inspection system currently in force in Spain.

---

## **I. INTRODUCCIÓN**





## I. INTRODUCCIÓN

Una lesión por causa externa es la alteración anatómica y/o funcional de todo o parte de un ser vivo, producida, bien por la transferencia de energía procedente del ambiente en una magnitud que rebasa el umbral de tolerancia de dicho ser vivo, o bien por la interrupción súbita del intercambio normal de energía entre el ser vivo y el ambiente. En el primer caso, cuando la energía transferida se ha generado en una vía abierta al tráfico de vehículos y en el proceso de generación hay al menos un vehículo causalmente implicado, se habla de Lesión por Tráfico (LPT). En el apartado 2.2 de la introducción de esta Memoria se presentarán diversas propuestas de definición que tratan de hacer más operativo el concepto teórico de LPT que acabamos de exponer, junto con las definiciones de otros conceptos estrechamente asociados entre sí, integrantes todos ellos de la cadena causal de las LPT que, como se verá, conforma el marco teórico en el que encajan los trabajos de esta Tesis Doctoral.

Esta Tesis Doctoral se centra en el papel que juega la conducción sin un permiso válido (CSPV) y la conducción de un vehículo sin inspección técnica válida (CSITV) en los distintos eslabones de la cadena causal de las LPT. A primera vista puede resultar difícil entender la pertinencia de unir el estudio de ambas exposiciones en la misma Tesis, por lo que creemos conveniente iniciar nuestra introducción explicando y justificando esta circunstancia.

En la codificación de variables que establecía el anterior Registro Estatal de Víctimas de Accidentes de Tráfico (AT) (actualmente denominado Registro Nacional de Víctimas de AT), vigente hasta 2013, la CSPV y la CSITV aparecían incluidas, junto con otras infracciones registradas por la policía, como categorías de una única variable denominada “Infracciones Administrativas”. Sin embargo, la razón de unificar el estudio de ambas infracciones no es tanto esta circunstancia, sino un planteamiento de Salud Pública (en este caso, ligado a la seguridad vial).

Ya sabemos que, al margen de las circunstancias ambientales, los factores de riesgo de la accidentalidad y la morbi-mortalidad por tráfico se agrupan en torno a dos elementos clave: los factores que dependen del conductor y los relacionados con el vehículo. Así, asumimos que el riesgo de sufrir una LPT se minimiza (idealmente, tendería a ser 0), si

un “buen conductor” realiza una “buena conducción” en un “buen vehículo”. Puesto que, en última instancia, el buen funcionamiento del sistema de circulación vial es competencia de la Administración del Estado, es ella la que, al margen de velar por el correcto diseño y mantenimiento de las vías abiertas al tráfico (es decir, de los factores dependientes de las circunstancias ambientales), tiene la obligación de garantizar el buen estado de los otros dos elementos del sistema (vehículo y conductor). Para tal efecto, la Administración establece dos criterios, cuyo cumplimiento debe ser acreditado con sendos certificados, y que, en teoría, avalarían el buen estado de ambos determinantes de la seguridad vial:

- El certificado de haber superado favorablemente la Inspección Técnica del Vehículo (ITV) acredita el buen estado del vehículo (al menos, su capacidad para circular por las vías abiertas al tráfico para circular con un riesgo suficientemente bajo en relación con la seguridad vial).
- La posesión de un permiso de conducción válido acredita que, al menos en teoría, el conductor del vehículo posee las capacidades mínimas para conducir un vehículo a motor con un mínimo riesgo en relación con la seguridad vial.

Desde esta perspectiva, las infracciones sobre la posesión y vigencia de ambas acreditaciones serían marcadores ligados a un mayor riesgo de sufrir AT y/o de que estos sean más graves. La constatación de ello debería conducir, lógicamente, a restringir la movilidad de los vehículos y conductores en los que se detecten dichas infracciones.

A partir de aquí, la pregunta es sencilla: ¿realmente la CSPV y la CSITV son buenos marcadores de aquello que se pretende identificar: conductores y/o vehículos que ponen en riesgo la seguridad vial?

Para dar respuesta la pregunta anterior, el Grupo de Investigación de Epidemiología de las LPT del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Granada (activo desde 1997), decidió, en 2017, abrir una sub-línea de investigación. La presente Tesis Doctoral, enmarcada en dicha sub-línea, no es sino el resumen de los

resultados obtenidos en ella desde 2017 hasta la actualidad, que no tienen otro objetivo que el de dar respuesta a la pregunta anteriormente expuesta, con las evidentes implicaciones que su respuesta conlleva en el ámbito de la seguridad vial en España.

Para estudiar el efecto de los múltiples factores o marcadores de riesgo de las LPT, nuestro grupo de investigación ha empleado sistemáticamente el modelo de cadena causal. Por ello, la introducción de esta Tesis se ha estructurado en tres grandes áreas temáticas:

1. Planteamiento general de las LPT: su importancia sanitaria y sus estrategias generales de prevención.
2. Descripción de la cadena causal de las LPT y cómo encajan en ella los principales factores y marcadores de riesgo.
3. Revisión bibliográfica del papel específico que desempeñan la CSPV y la CSITV en la cadena causal de las LPT.

## **1. Importancia sanitaria de las lesiones por tráfico. Estrategias generales de prevención.**

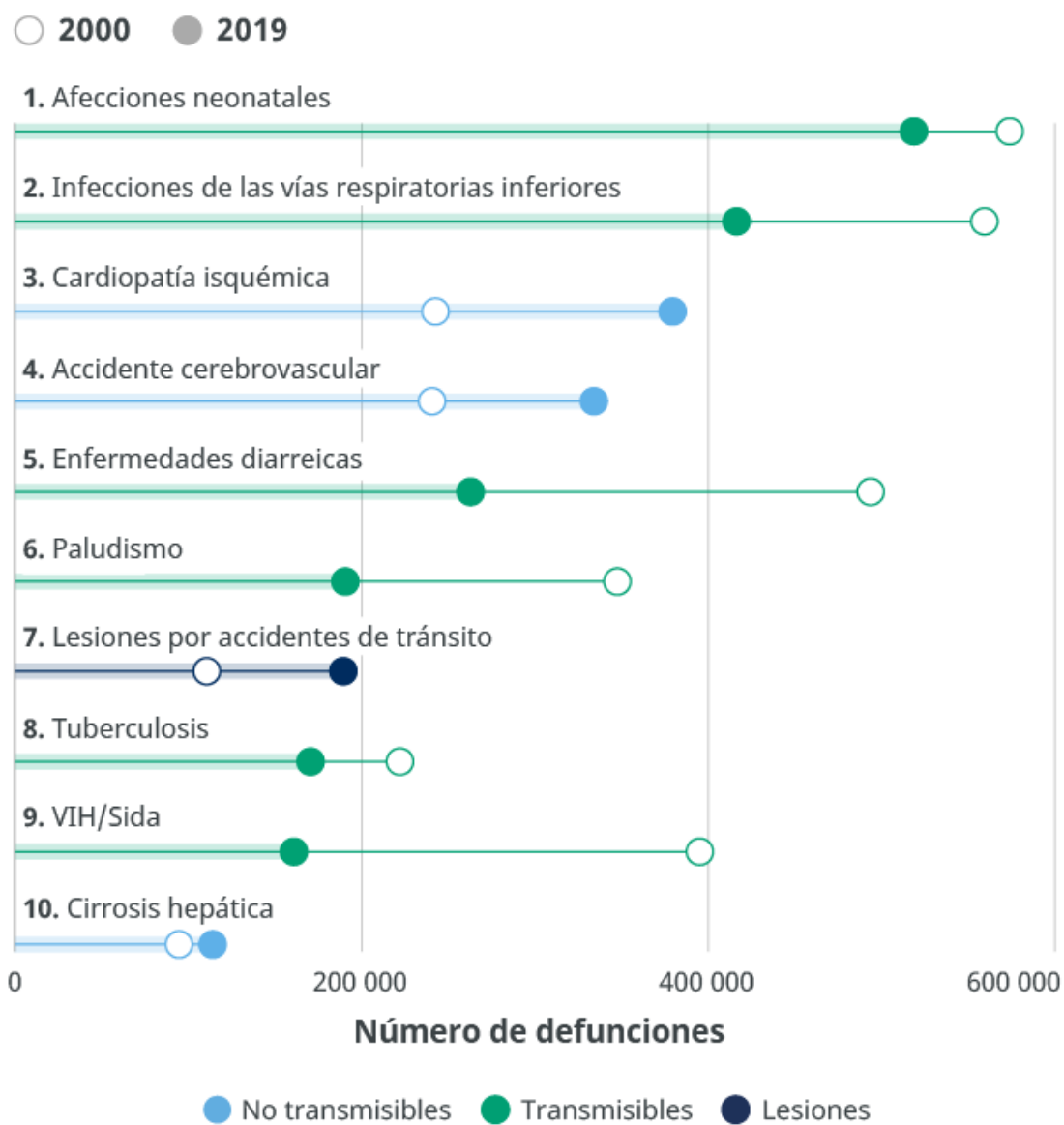
### **1.1. Importancia sanitaria de las lesiones por tráfico.**

Casi 35 millones de personas perdieron la vida a consecuencia de las LPT en todo el mundo a lo largo del siglo XX, con un promedio anual de más de 15 millones de heridos (Montoro et al., 2000). Lejos de mejorar estas cifras, según la Organización Mundial de la Salud (OMS) actualmente se producen 1,35 millones de muertes al año y no menos de 50 millones de personas sufren traumatismos no mortales a consecuencias de los AT (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2021). Se estima que se producen 3.700 muertes al día, el 90% de ellas en países de ingresos medios y bajos, que tan solo acumulan el 50% del parque automovilístico mundial. Estas colisiones son la principal

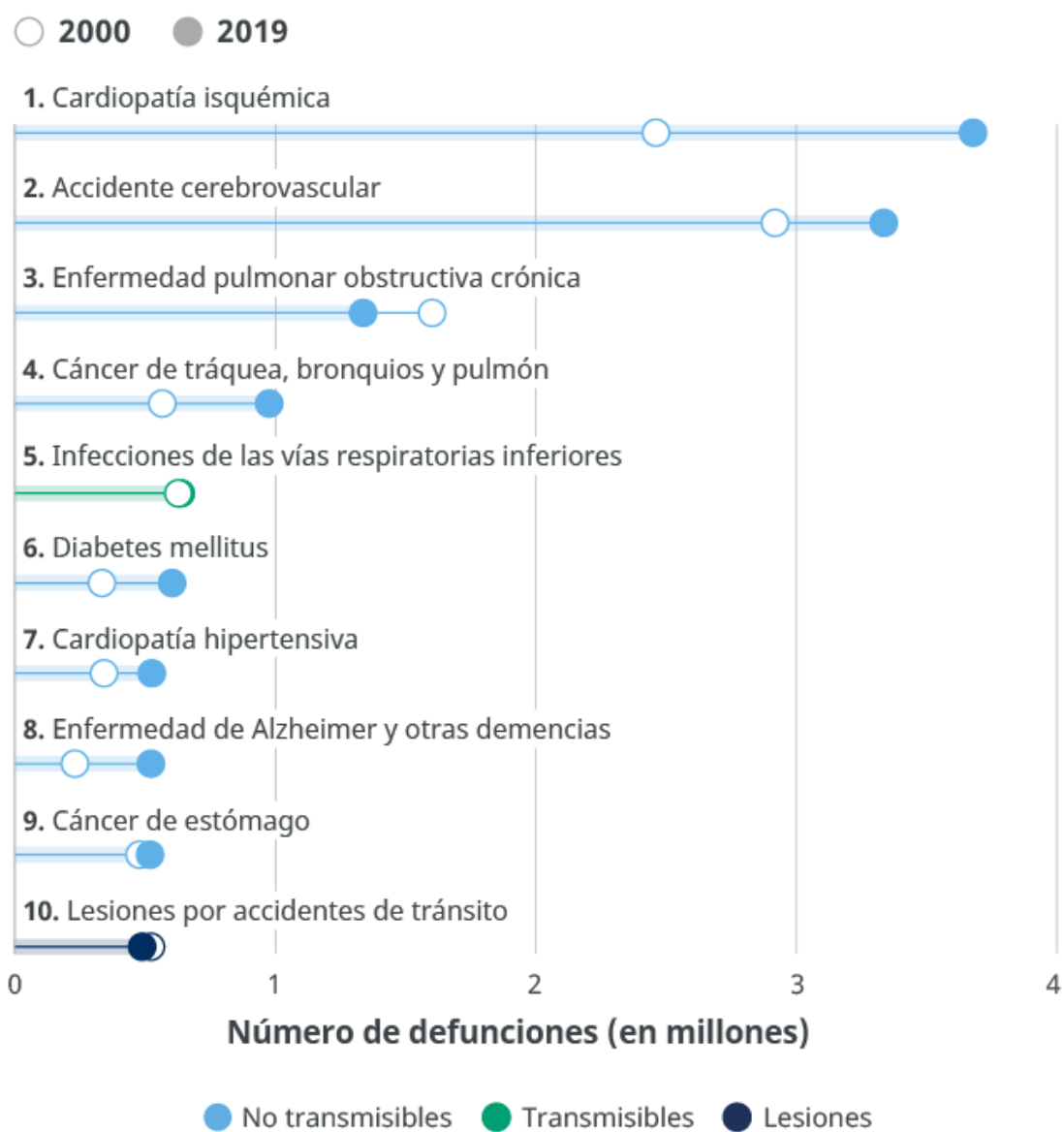
causa de muerte de niños y jóvenes de entre 5 y 29 años y la octava en importancia para todos los grupos de edad. Mueren más personas a nivel mundial por AT que por tuberculosis, VIH o enfermedades relacionadas con el sistema digestivo (OMS, 2020; OMS, 2021). La Figura 1 muestra la evolución del ranking de las principales causas de muerte a nivel mundial entre 2000 y 2019 por grupo de ingresos (OMS, 2020).

Figura 1. Principales causas de defunción por grupo de ingresos 2000-2019.

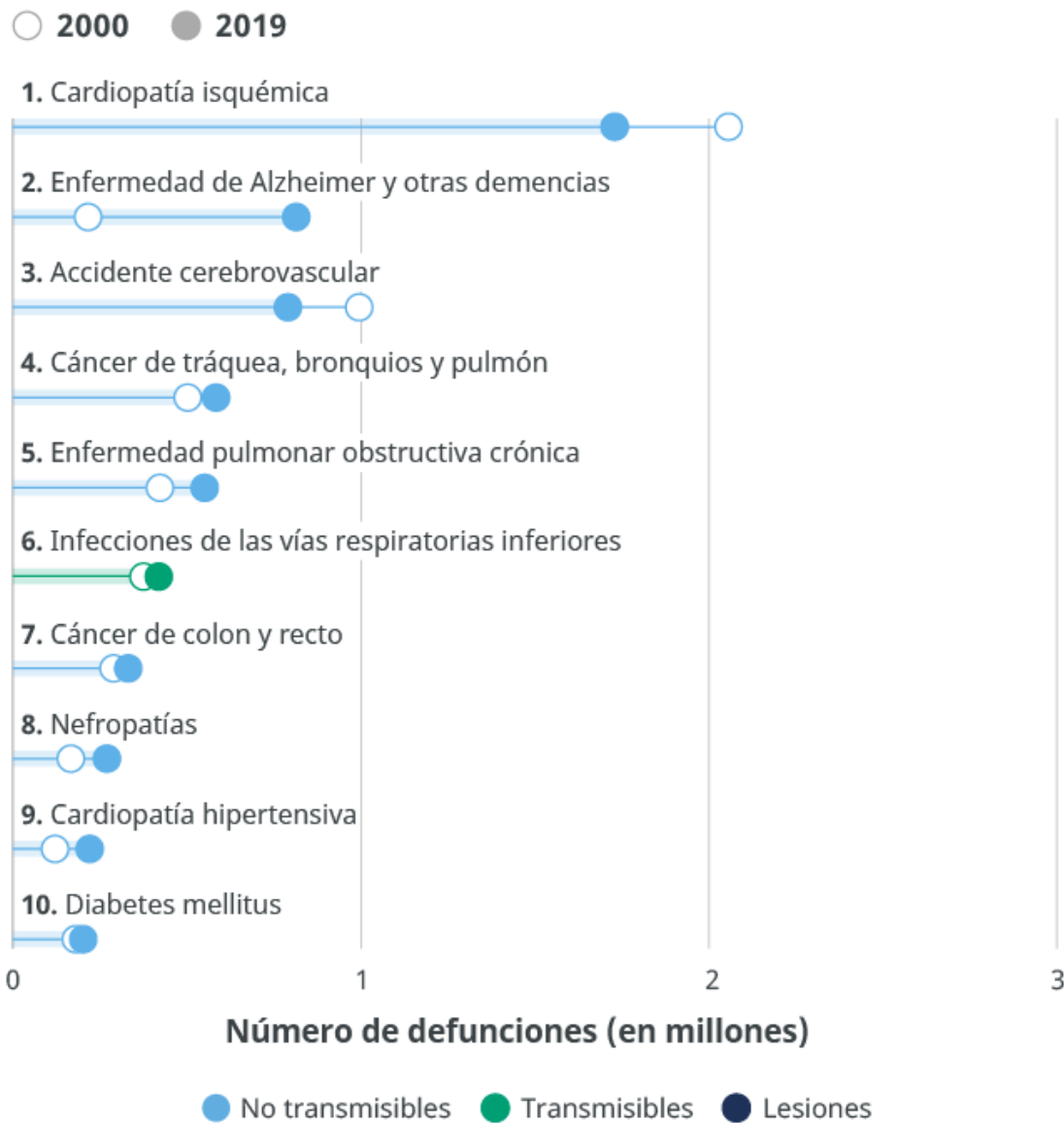
## Principales causas de defunción en los países de ingresos bajos



## Principales causas de defunción en los países de ingresos medianos altos



## Principales causas de defunción en los países de ingresos altos



Fuente: Estimaciones de Salud Global 2020. OMS.

Aunque la mortalidad es útil para medir el impacto en salud que tienen las LPT, no es el único indicador conveniente y resulta de interés el conocimiento de otros. El *Global Burden of Disease Study* (Estudio sobre La Carga Global de Enfermedad) (Global Burden of Disease [GBD], 2020) es el mayor estudio epidemiológico observacional del mundo. En dicho estudio se describen los datos de morbilidad y mortalidad de enfermedades graves,

lesiones y factores de riesgo para la salud a nivel mundial, nacional y regional. Se examinan tendencias desde 1990 hasta la actualidad combinando diferentes indicadores, entre los que podemos encontrar los Años Vividos con Discapacidad (AVD), Años de Vida Perdidos (AVP) y los Años de Vida Ajustados por Discapacidad (AVAD). Estos últimos, cuyo método de cálculo se muestra de forma esquemática en la Figura 2, expresan el número acumulado de años perdidos debido a problemas de salud, discapacidad o muerte prematura. Todos los indicadores anteriores tienen en cuenta las secuelas incapacitantes, siendo especialmente útiles para determinar la carga social de las LPT debido a que afectan en mayor medida a jóvenes de todo el mundo, generando discapacidades de por vida.

Figura 2. Explicación del cálculo de los AVAD.



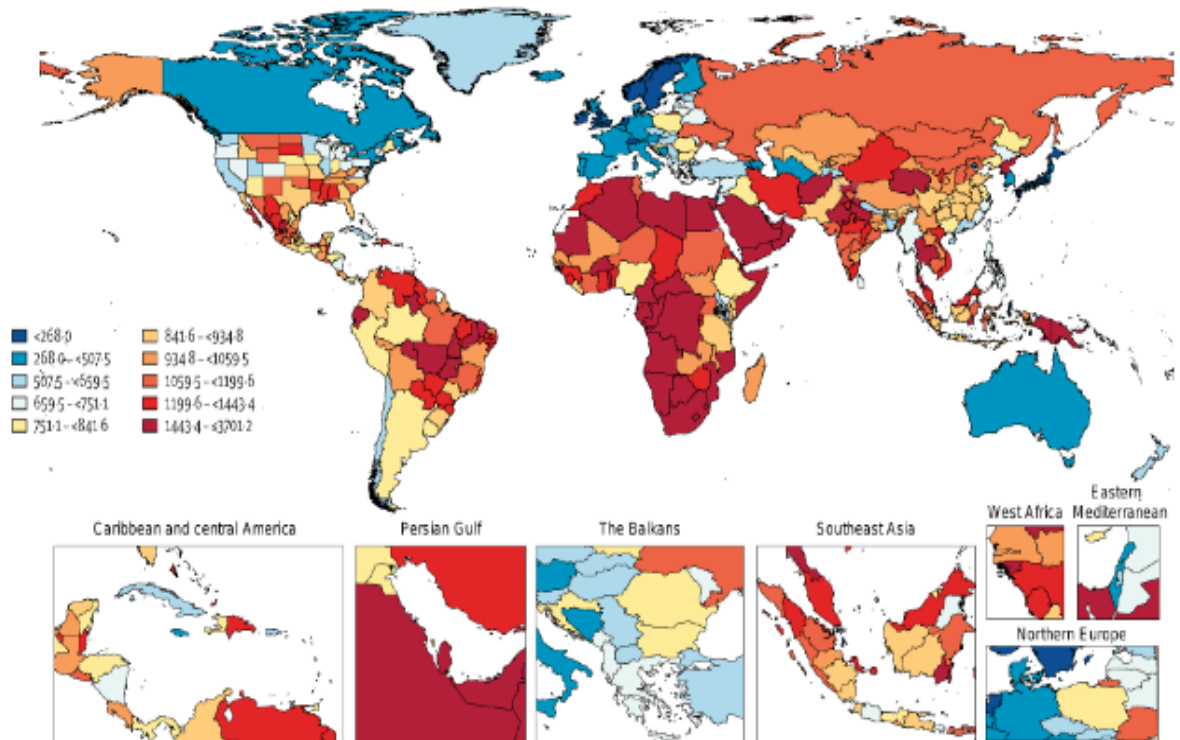
$$AVAD = AVD + AVP$$

Fuente: Elaboración propia.

El último GBD publicado en 2020 (GBD, 2020) proporciona datos de 2019 comparándolos con una serie temporal iniciada en 1990. Los LPT han pasado a ser la séptima causa de incapacidad en 2019 para todos los grupos de edad, con un total de 49 millones de AVAD (el 2,9% del total). La Figura 3 muestra la distribución de las tasas estandarizadas por edad de AVAD por países, en 2019.



Figura 3: Tasas de AVAD estandarizadas por edad (por 100.000 habitantes) por ubicación, ambos sexos combinados, 2019.



Fuente: GBD, 2020.

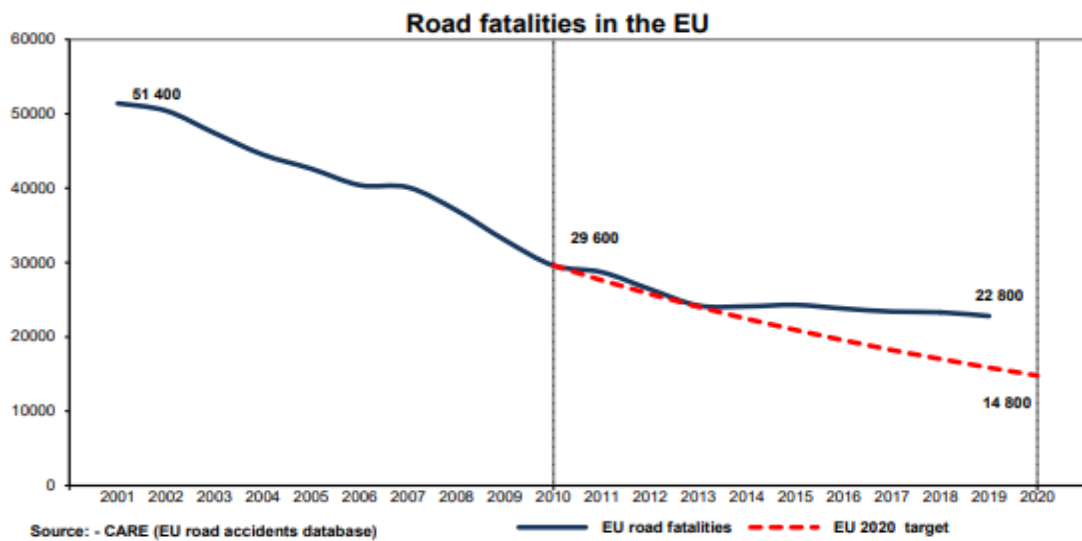
Existen diferencias por edad en este indicador, que sigue siendo la primera causa de AVAD para la franja de edad desde los 10 hasta los 49 años, y sube en todos los puestos de las demás edades:

- De 0 a 9 años: las LPT han pasado de ser la decimotercera causa a la decimosegunda, con un 1,1% de los AVAD en esa franja de edad.
- De 10 a 24 años: las LPT siguen siendo la primera causa de AVAD, con el 6,6% de los AVAD en esas edades.
- De 25 a 49 años: siguen siendo las LPT la primera causa de AVAD con un 5,1% en esa franja.
- De 50 a 74 años: son la décima causa subiendo desde la duodécima, con un 2,1% de los AVAD en estas edades.
- De 74 años en adelante: se encuentran en el puesto vigésimo quinto, subiendo desde el vigésimo sexto, con un 0,8 % de los AVAD en esta franja.

En cuanto a las diferencias por sexo, encontramos que las LPT generan 19,4 millones de AVAD en las mujeres y 53,5 millones en los varones (ocupando en ellos la 10ª causa en importancia). El 90% de los AVAD corresponden a países de ingresos bajos y medios. Los costes económicos equivalen al 3% del Producto Interior Bruto (PIB) de todos los países del mundo. En cuanto a los gastos directos de las LPT a nivel mundial, se calculan 1.600 millones de dólares, cifra equivalente al PIB agregado de Canadá (Chen et al., 2019).

En Europa la seguridad vial ha mejorado significativamente en las últimas décadas. Así, mientras que a principio de siglo unas 51.400 personas habían perdido la vida debido a las LPT, esta cifra se había reducido a más de la mitad (22.800) en 2019 (Figura 4). Desde 2010 se ha reducido la mortalidad un 23%. Esta media de mortalidad en la Unión Europea (UE) oculta diferencias significativas entre los países miembros: en 2019, los estados con mejores resultados fueron Suecia (22 fallecidos por millón) e Irlanda (29 fallecidos por millón), mientras que las tasas de mortalidad más elevadas fueron las de Rumanía (96 fallecidos por millón), Bulgaria (89 fallecidos por millón) y Polonia (77 fallecidos por millón). Actualmente, las estrategias de prevención para reducir la AT de la UE se centran en los usuarios vulnerables en zonas urbanas, puesto que cerca del 40% de los fallecidos por LPT se producen en dichas vías y el 70% de ellos son usuarios vulnerables. De este porcentaje, el 40% de los fallecidos fueron peatones, 12% ciclistas y el 18% usuarios de vehículos de dos ruedas a motor. También existen diferencias por sexo: el 76% de las muertes registradas corresponden a varones, proporción que no ha variado desde 2010 en todos los estados miembros. En cuanto a las edades, se puede observar cómo los mayores de 65 años representaron, en 2018, el 28% del total de fallecidos. Aunque la franja de edad de 65 años o más ocupa un mayor porcentaje, los jóvenes (entre 18 y 24 años), que representan el 13% de la mortalidad por LPT, tienen una probabilidad más elevada de morir por esta causa, al constituir tan sólo el 8,8% de la población total de la Unión Europea. Los últimos datos de lesionados en la Unión Europea indican 1,4 millones en 2016 (European Commission, 2020).

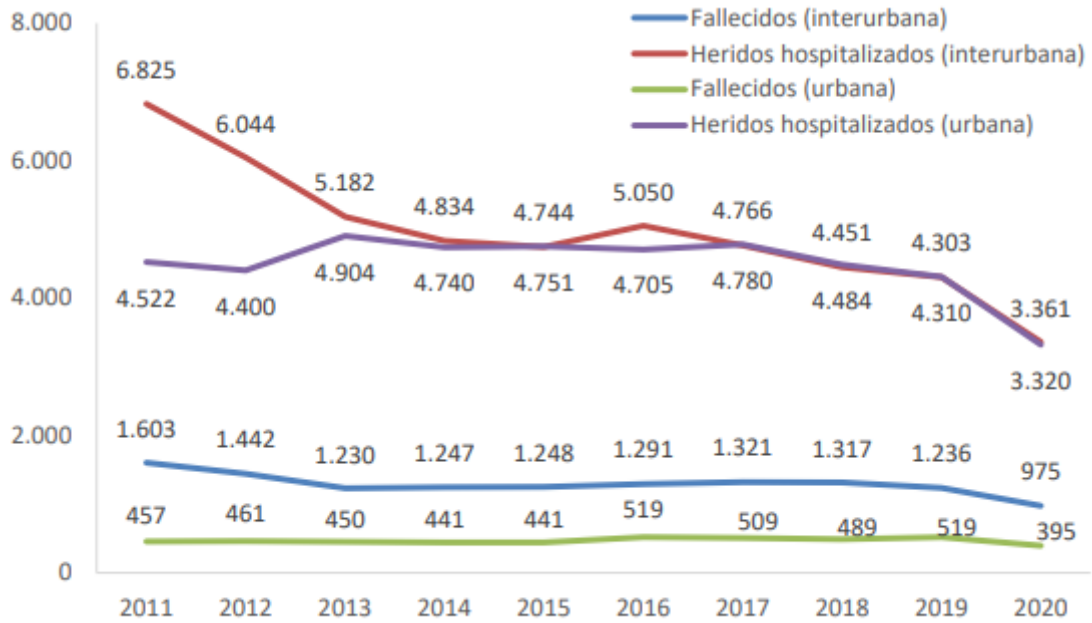
Figura 4. Total de muertes por LPT en Europa.



Fuente: European Commission, 2020.

Centrándonos en España, la Figura 5 muestra la evolución del número de fallecidos y heridos hospitalizados según el tipo de vía entre los años 2011 y 2020. En este último año se han producido 1.370 fallecidos en carretera y 6.681 personas necesitaron ingreso hospitalario. Esto representa un descenso del 22% en el número de fallecidos y un 22% en heridos graves respecto al año anterior. Para interpretar estos datos adecuadamente hay que tener en cuenta que se engloban dentro de una situación de restricción de movilidad debido a la pandemia de COVID-19 en España. Este estado de excepción produjo una reducción de los desplazamientos en torno a un 25%, mientras que el parque automovilístico se ha incrementado un 0,8% (36,2 millones) y el censo de conductores ha disminuido un 0,3% (27,2 millones). En cuanto a las diferencias por franjas de edad, los mayores de 65 años han representado el 26% del total de fallecidos (362), siendo tan sólo el 16,5% del censo de conductores. Los usuarios vulnerables representan el 50% de las personas fallecidas por AT. En cuanto a las diferencias por sexo cerca del 80% de las muertes ocurren en varones (Dirección General de Tráfico [DGT], 2022).

Figura 5. Evolución del número de fallecidos y heridos hospitalizados por tipo de vía, en España, 2011-2020.



Fuente: Tendencias de la movilidad y siniestralidad en vías urbanas, DGT 2021.

En cuanto al total de AVAD para todas las edades, es de 145.000 (104.000 para hombres y 41.000 para las mujeres). Por franjas de edad (Tabla 1), el volumen de AVAD es mayor entre los 30 y los 74 años, en ambos sexos (103.110, el 71% del total) (GBD, 2020).

Tabla 1. AVAD perdidos por sexo y edad en España, 2019.

	AVAD Hombres	AVAD Mujeres	Total
30-34	6.810	1.950	8.760
35-39	9.330	2.400	11.730
40-44	8.810	2.950	11.760
45-49	8.130	2.990	11.120
50-54	9.080	3.200	12.280
55-59	10.600	3.030	13.630
60-64	9.830	2.770	12.600
65-69	8.460	2.730	11.190
70-74	7.280	2.760	10.040
<b>Total</b>	<b>7.8330</b>	<b>24.780</b>	<b>103.110</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del GBD 2020.

## 1.2. Estrategias generales de prevención.

Dada la importancia sanitaria de las LPT a nivel mundial, la OMS ha desarrollado diferentes programas para reducir su incidencia. En el año 2009 propuso el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020, con el lema “Salvemos millones de vidas”. Lejos de conseguir el objetivo de reducir a menos de un millón la mortalidad por tráfico en 2020, ésta se ha incrementado hasta alcanzar la cifra de 1,35 millones. En consecuencia, se ha propuesto un programa de seguridad vial hasta 2030, denominado “La Declaración de Estocolmo”, cuyo objetivo es reducir a la mitad el número de víctimas mortales y de traumatismos apoyándose en las metas acordadas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. Este documento, firmado por más de 100 países, detalla diferentes medidas para lograr dichos objetivos, entre las que cabe destacar la implementación de mejoras en la infraestructura, el transporte público, la atención después de los AT y los datos reportados de LPT, el fomento del desarrollo tecnológico, en aras de aumentar la seguridad vial, y el transporte eficiente desde el punto de vista energético, y la reducción de la velocidad en áreas urbanas a 30 km/h. Los resultados serán evaluados y recopilados en un inventario de estrategias e iniciativas para 2024.

Todo ello ha sido recogido recientemente en el Plan Global de la OMS para el Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2021-2030 (OMS, 2021).

En cuanto a las estrategias de prevención y control propuestas por la UE, se debe destacar el objetivo del programa “Visión Cero”, que pretende alcanzar la cifra de cero fallecidos en AT para 2050. Un primer paso para conseguir este objetivo fue la Declaración de La Valeta sobre seguridad vial en 2017 (Valletta Declaration on Road Safety, 2017). En ella, los estados miembros se comprometieron a reducir a la mitad el número de víctimas mortales en la red viaria de la UE en 2020, a través de diferentes medidas como la cooperación entre instituciones públicas y privadas, el fomento de desplazamientos sostenibles, el desarrollo de una infraestructura vial más segura, reducción de los límites de velocidad (como por ejemplo el de 30 km/h en las zonas de alto riesgo), fomentar la atención rápida para reducir los tiempos de reacción de auxilio, seguir desarrollando medidas para garantizar los cuidados con posterioridad a una colisión, la rehabilitación temprana y la reintegración social de las víctimas de AT, aumentar la investigación y mejorar la recogida y análisis de los datos de accidentalidad.

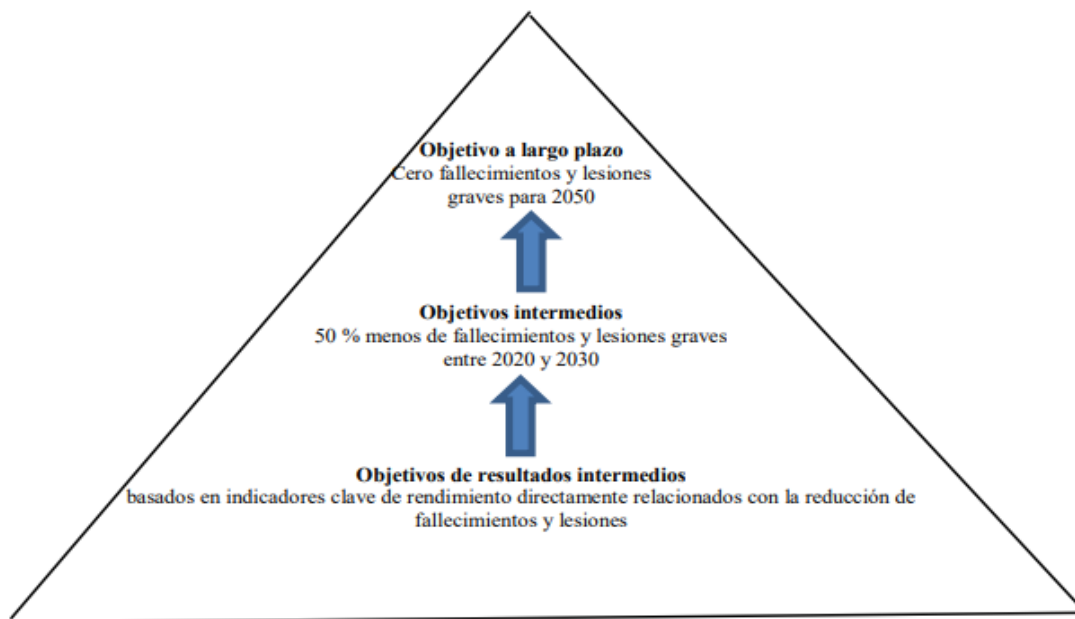
Las conclusiones, metas y objetivos establecidos en la Declaración de la Valeta se incorporaron en la actual estrategia de la UE sobre seguridad vial para el decenio 2020-2030. Esta incluye varias valoraciones respecto a diferentes puntos, que se resumen a continuación:

1. Evaluación de las orientaciones políticas de la UE sobre seguridad vial 2011-2020. En 2015, una evaluación intermedia concluyó que la labor de la UE en materia de seguridad vial iba por buen camino en líneas generales. La acción a escala de la UE mostró que las lesiones graves no se reducían tan rápidamente como los fallecimientos (en parte porque se evitaron algunos fallecimientos, lo que hacía que las estadísticas sobre lesiones graves aumentaran). La evaluación sugirió, por tanto, que el objetivo de reducción de fallecimientos podría verse complementado por un objetivo específico de reducción de lesiones graves. Asimismo, recomendó prestar especial atención a las medidas destinadas a los usuarios vulnerables de la vía pública. En un estudio técnico realizado a principios de 2018 se halló un margen considerable para seguir desarrollando los objetivos, las metas y la estrategia basada en pruebas en

materia de seguridad vial de la UE. Además, se recomendó la creación de nuevos objetivos intermedios destinados a la «Visión Cero» y el establecimiento de varios indicadores clave de rendimiento en materia de seguridad vial a escala europea.

2. El enfoque del Sistema Seguro a escala de la UE. De acuerdo con el enfoque del Sistema Seguro, las víctimas mortales y los heridos graves en AT son evitables. Este sistema acepta que las personas cometen errores, y aboga por una combinación estratificada de medidas para evitar que las personas fallezcan a causa de dichos errores con medidas como una mejor construcción de los vehículos, la mejora de las redes viales o la reducción de la velocidad. En conjunto, deben formar estratos de protección que garanticen que, si un elemento falla, otro lo compensará para evitar el peor desenlace. Los objetivos propuestos se resumen en la Figura 6.
3. Medición y principales ámbitos de intervención. En este apartado, se discuten diferentes datos sobre infraestructuras, seguridad de los vehículos y uso seguro de las carreteras, incluyendo la velocidad, el alcohol y las drogas, las distracciones y la utilización de equipos de protección, respuesta de emergencia y el cumplimiento de la ley y la formación.

Figura 6: Jerarquía de resultados del Sistema Seguro a escala de la UE.



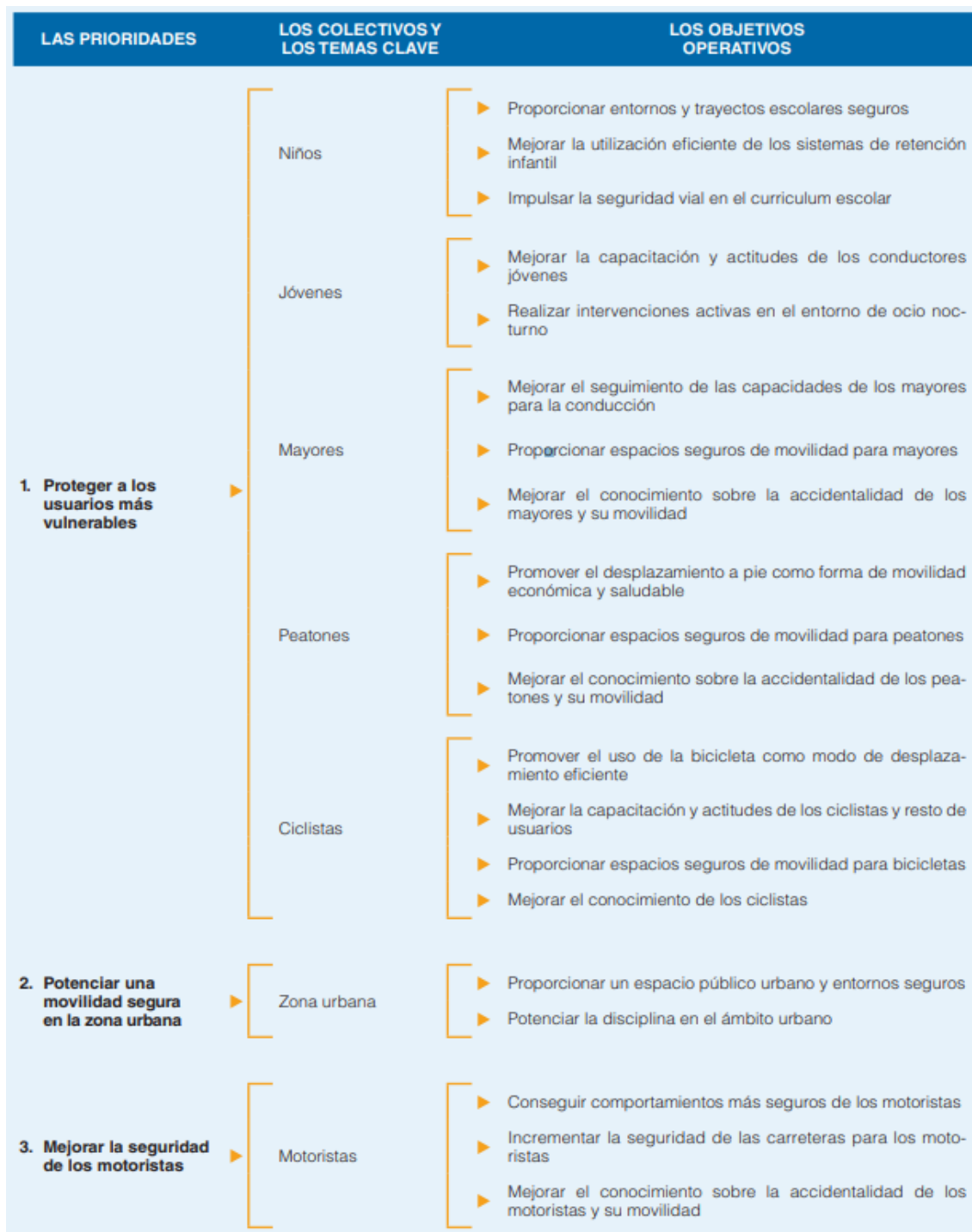
Fuente: Marco de la política de la Unión Europea en materia de seguridad vial para 2021-2030.

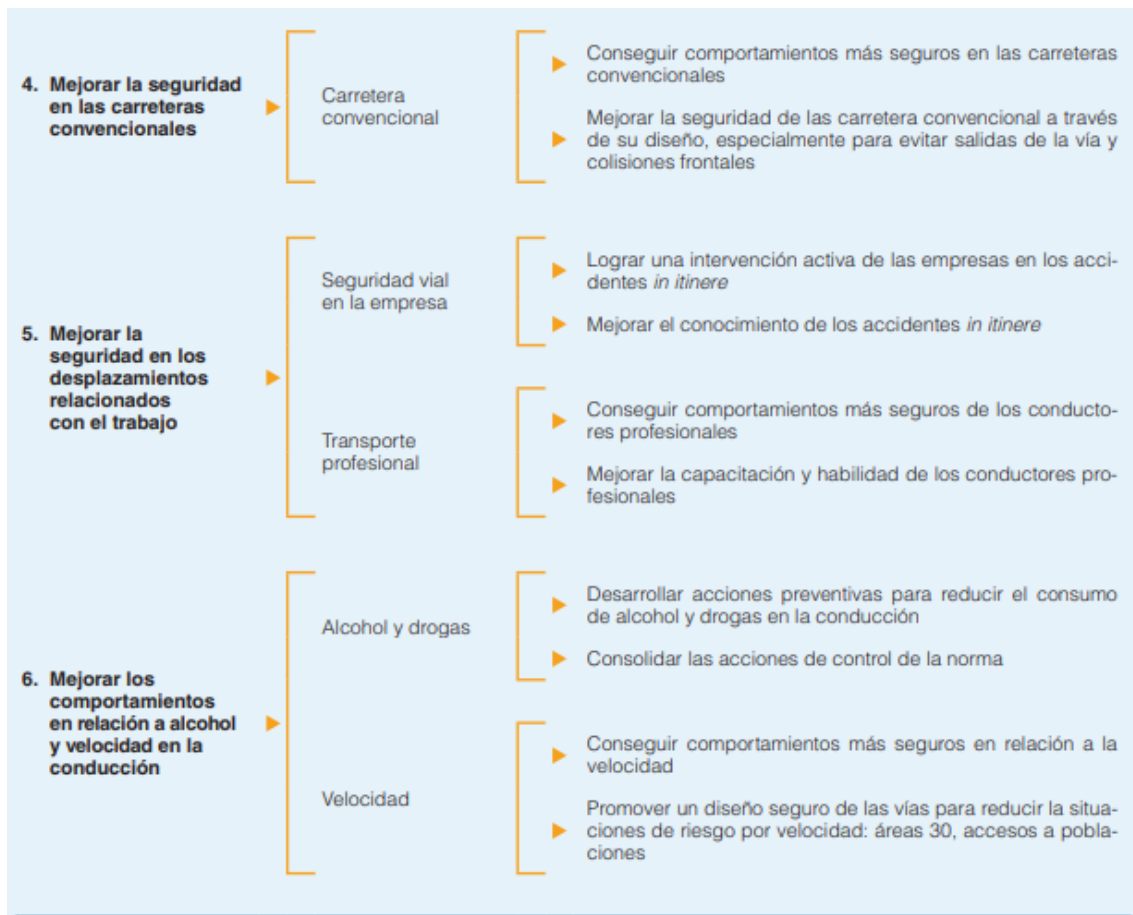
En cuanto a la seguridad vial en el ámbito español, aún no se ha formulado una estrategia a partir de 2020 hasta la fecha. La actual política vial se alinea con la resolución de la Asamblea General de Naciones Unidas 64/255 de 1 de marzo de 2010, que se proclamó como el Decenio de Acción para la Seguridad Vial (OMS, 2011). En cuanto al marco normativo y competencial español, se regula según el Real Decreto Legislativo 6/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial (Boletín Oficial del Estado [BOE] nº 261, 2015). En dicho texto refundido se integran, aclarados y armonizados, el texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, aprobado por el Real Decreto Legislativo 339/1990, de 2 de marzo, y todas las normas que lo han ido modificando. Alineada con las propuestas de la UE, actualmente está vigente la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020 (DGT, 2011). La Estrategia despliega seis prioridades, que a su vez se desglosan en objetivos operativos (Figura 7). Esta Estrategia incluye un conjunto de indicadores como objetivos a cumplir para 2020:

- Bajar de la tasa de 37 fallecidos por millón de habitantes.
- Reducción del número de heridos graves en un 35%.
- Cero niños fallecidos sin sistema de retención infantil.
- 25% menos de conductores de 18-24 años fallecidos y heridos graves en fin de semana.
- 10% menos de conductores fallecidos mayores de 64 años.
- 30% de reducción de fallecidos por atropello.
- 1.000.000 de ciclistas más sin que se incremente su tasa de mortalidad.
- Cero fallecidos en turismos en zona urbana.
- 20% menos de fallecidos y heridos graves usuarios de motocicletas.
- 30% menos de fallecidos por salida de la vía en carretera convencional.
- 30% menos de fallecidos en accidentes *in itinere*.
- Bajar del 1% los positivos de alcoholemia en los controles preventivos aleatorios.
- Reducir un 50% el porcentaje de vehículos ligeros que superan el límite de velocidad en más de 20 km/h.



Figura 7: Árbol de objetivos de la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020.





Fuente: Dirección General de Tráfico, 2011.

Finalizado el límite temporal para el cumplimiento de la Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020, se ha publicado un informe de evaluación del mismo. Este documento, titulado *Informe de Evaluación del Cumplimiento de la “Estrategia de la Seguridad Vial 2011-2020” de la Dirección General de Tráfico* (DGT, 2021), resume el desempeño de los objetivos propuestos, pero, debido a la pandemia de COVID-19 y a las restricciones en movilidad, el comité de evaluación decidió prescindir de los datos de siniestralidad de 2020. Por tanto, y teniendo en cuenta esta limitación, han sido solo cuatro los objetivos total o parcialmente cumplidos:

- Reducción de la tasa de fallecidos por AT a 37 por cada millón de habitantes: las tasas de fallecidos llegaron a 36 en 2013, 2014 y 2015, repuntaron a 39 entre 2016 y 2018, para finalmente descender de nuevo a 36 en 2019 (ver Figura 8).

- Disminución de heridos graves en un 35%, hasta bajar de 9.493: en 2019, la cifra de heridos fue de 8.613.
- Reducción de un 25% (menos de 565) en la cifra de fallecidos y heridos graves en fin de semana en la franja de edad de 18 a 24 años: en 2019 esta cifra fue de 329.
- Disminución de un 30% (menos de 255) en el número de fallecidos por salida de la vía en carreteras convencionales: en 2019 la cifra fue de 261, aunque se consiguieron cifras en torno a 255 en los años anteriores.

Figura 8. Evolución del número y tasa por millón de habitantes de fallecidos en AT en España, 2011-2020.



Fuente: DGT, 2022.

Sin embargo, existen otros objetivos para los que no se han alcanzado las cifras deseadas: el objetivo de cero niños fallecidos sin sistema de retención infantil solo se logró en 2018 (hubo tres en 2019); los conductores fallecidos mayores de 64 años han seguido superando la reducción propuesta del 10%; la reducción en un 30% de fallecidos por atropello, con una cifra máxima de 334, únicamente se alcanzó en 2014 y 2015 (310 y 306 fallecidos, respectivamente), con 373 en 2019. Por lo demás, lejos de reducir un 20% el número de fallecidos y heridos graves usuarios de motocicletas y un 30% menos de

víctimas mortales en accidente “in itinere” estas cifras aumentaron en 2019. Tampoco se alcanzó el objetivo de no superar la tasa de mortalidad de 1,2 ciclistas muertos por cada millón de habitantes, que fue de 1,7 en 2019, ni los cero fallecidos en coche en zona urbana (62 en el mismo año) (DGT, 2021).

La Dirección General de Tráfico presentó el pasado mes de enero la Estrategia de Seguridad Vial 2021-2030 en el seno del Consejo Superior de Tráfico, Seguridad Vial y Movilidad Sostenible, una estrategia con el objetivo de reducir un 50% el número de fallecidos y de heridos graves (DGT, 2022).

## **2. La cadena causal de las lesiones por tráfico. Marcadores y factores de riesgo.**

Tal y como se menciona al inicio de la introducción, uno de los principales modelos causales en los que se asienta el estudio de los marcadores y factores de riesgo de las LPT es el de la cadena causal, extensamente empleado por nuestro grupo de investigación. En esta sección, tras exponer brevemente la evolución histórica de los principales modelos causales aplicados a la investigación de las causas de las LPT, vamos a describir los elementos del modelo de la cadena causal y cómo encajan en él los principales marcadores y factores de riesgo.

### **2.1. Epidemiología analítica de las lesiones por tráfico: modelos causales.**

Un antecedente de estudio epidemiológico analítico de las lesiones lo tenemos en el análisis que, a principios del siglo XX, realizó Von Bortkiewicz, un investigador ruso nacido en San Petersburgo que, utilizando datos de 196 jinetes prusianos fallecidos a lo largo de 20 años a consecuencia de una cox de sus respectivos caballos, identificó que dichas muertes seguían una distribución de Poisson (de hecho, tal fue su aportación que algunos expertos han sugerido cambiar su nombre a distribución de Bortkiewicz). Esta ordenación tan inusual de los eventos hizo pensar a este ilustre economista y matemático que eran sucesos aleatorios en los que el ser humano no tenía ningún control. Con el paso del tiempo y la invención de la fabricación en cadena por Ransom Olds, así como su puesta en práctica por Henry Ford en 1910, se hizo posible la producción de suficientes

vehículos, a los que solo tenían acceso las clases sociales más adineradas. A partir de la II Guerra Mundial el acceso a este medio de transporte se extendió a las demás clases sociales y, consecuentemente, empezaron a producirse LPT a unas cotas que podrían considerarse epidémicas.

Debido a la problemática generada por el volumen creciente de LPT, surgieron diferentes modelos teóricos que trataban de explicar su distribución, para así evitar su incremento. De esta manera surgió la teoría estadística y de la propensión a los accidentes elaborada por Greenwood y Yule (1920). En ella se proponía que existían personas que están estadísticamente relacionadas con una mayor accidentalidad por tráfico y que, de acuerdo con la moda de selección del personal militar de EE.UU. para la I Guerra Mundial a través del Test Army Alfa, podían ser identificadas mediante test psicológicos. Otra teoría propuesta para solventar el problema generado por los AT fue la de sistemas. Ésta definía los AT como el resultado de desajustes en el sistema formado por el ser humano y los elementos técnicos del transporte (tipo de vehículo o de vía, densidad de tráfico, población con certificado de conducción, calidad técnica de los vehículos, etc.). Gracias a la intervención desde esta perspectiva, tan compleja, se redujo el número de víctimas por LPT. Paralelamente a esta teoría, Gordon (1949) propuso la teoría epidemiológica que, basándose en el estudio previo de las enfermedades infecciosas, defiende que son tres los factores (y no dos como la anterior) que interactúan: la víctima del accidente, el agente o energía transferida y el entorno o lugar del accidente.

No fue hasta la década de los 60 del pasado siglo cuando las LPT se dejaron de considerar como azarosas e inevitables. A lo largo del siglo anterior, el XIX, la epidemiología se había dedicado al estudio de las enfermedades infecciosas, encargándose de construir modelos causales que explicarían dichas enfermedades a partir de las asunciones teóricas del modelo determinista de causalidad, con la búsqueda de causas necesarias y suficientes. Ante la imposibilidad de identificar este tipo de causas en el origen de los AT, éstos no se consideraron objeto de estudio de la epidemiología. Este planteamiento cambió gracias a William Haddon, epidemiólogo norteamericano durante la segunda mitad del siglo XX, cuya obra principal titulada como "Investigación de accidentes: métodos y enfoques" publicada en 1964, recibió el Premio Bronfman por logros en salud pública de la Asociación Estadounidense de Salud Pública. En ella se muestra un enfoque

epidemiológico para el control y prevención de las LPT. Posteriormente, Haddon (1972, 1974, 1980) aborda las LPT como un problema de salud basándose en los modelos causales propuestos para el estudio de las enfermedades infecciosas, indicando como causa de las lesiones la liberación de energía en el momento de la colisión. El modelo propuesto finalmente distingue tres factores: los relacionados con el individuo (estado de salud, características sociodemográficas, edad, etc.), aquellos relacionados con el vehículo (medidas de seguridad, características técnicas, tipo, etc.) y los relacionados con el entorno (climatología, infraestructura, factores legislativos o sociales, etc.). Por otra parte, el modelo también tiene en cuenta el desarrollo temporal de los eventos, distinguiendo tres fases: pre-colisión (en la que actúan los factores previos al accidente); colisión (referida a factores que actúan en el momento en que esta tiene lugar); y post-colisión (que incluye a los factores que modifican el pronóstico de las LPT una vez ha ocurrido el accidente).

Este modelo se puede representar gráficamente como una matriz (Tabla 2), ya clásicamente conocida como la “Matriz de Haddon”, utilizada ampliamente en los estudios, intervenciones y prevención de las LPT y que resulta de la combinación de cuatro columnas y tres filas (Figura 6). Las columnas distribuyen los factores en cuatro grupos, de izquierda a derecha:

- Individuo a riesgo de lesión.
- Vehículo que transmite la energía al individuo a riesgo.
- Ambiente físico donde se produce el suceso.
- Entorno socio-económico, que incluye las normas y las prácticas sociales y legales. Por ejemplo, políticas de inspección de vehículos o de permisos de circulación.

Por su parte, las tres filas agrupan los factores en función de la dimensión temporal. De arriba abajo:

- Pre-colisión.
- Colisión.
- Post-colisión.

Tabla 2. Matriz de Haddon.

	FACTORES				
		Individuo	Vehículo	Ambiente	Entorno Socioeconómico
FAS E S	Pre-Colisión	Características sociodemográficas Nivel de experiencia Condiciones psicofísicas Exceso de velocidad	Tipo (bicicleta, turismo, etc.) Antigüedad Defectos previos	Tipo de vía Estado de la vía Iluminación y señalización Horario nocturno	Existencia de legislación sobre límites de velocidad, consumo de alcohol y drogas, etc.
	Colisión	Edad y sexo Exceso de velocidad Medidas de seguridad	Tipo de colisión Medidas de seguridad activa y pasiva	Objetos en la vía que empeoren el accidente (por ej. guardarraíles)	Cumplimiento de las medidas legislativas
	Post-Colisión	Condiciones físicas	Peligro de incendio o explosión Capacidad de extracción	Servicios de urgencias Proximidad a la asistencia Rapidez y calidad asistencial	Formación del personal sanitario en la asistencia a heridos Existencia de recursos materiales
	Resultados	Daño a personas	Daño al vehículo	Daño al entorno	Daño a la sociedad

Fuente: Adaptado del artículo original de Haddon, 1980.

La matriz de Haddon posee varias ventajas: se representa como un sistema dinámico en el que en cada una de sus celdas se pueden proponer cuestiones o soluciones específicas. Además, se pueden identificar los conocimientos y los recursos científicos-técnicos disponibles. Con todo lo anterior se pueden reconocer estrategias de intervención que encajen en cada celda y, de esta forma, poder caracterizar mejor el efecto esperado de cada intervención sobre la reducción de las LPT.

## 2.2. La cadena causal de las lesiones por tráfico.

La secuencia temporal en la que intervienen los distintos factores que dan como resultado una LPT, y que ya aparece en las fases de la matriz de Haddon, ha sido igualmente empleada en otros modelos causales que, en conjunto, pueden agruparse bajo el epígrafe de “Cadena Causal (o Epidemiológica) de las LPT”. El fundamento de todos ellos es asumir que el desenlace final del AT (por ejemplo, la defunción a consecuencia del mismo), es el resultado de la concatenación de un conjunto de eventos previos, en el que cada uno de ellos es necesario para la aparición del siguiente, dando como resultado una cadena de eventos necesarios.

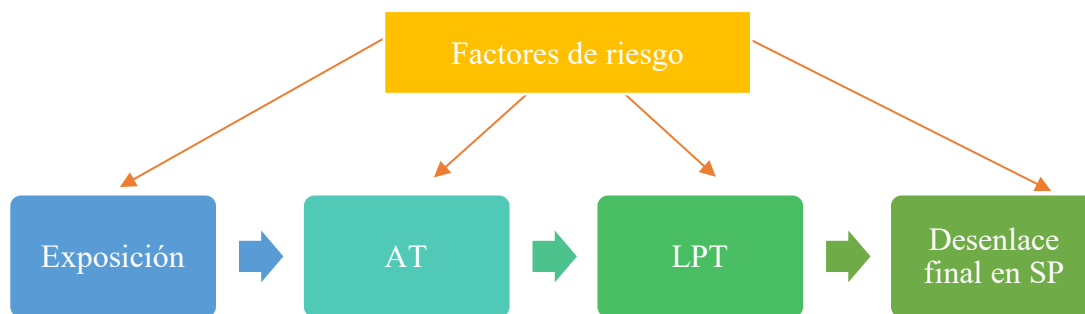
Una primera aplicación de esta cadena causal de eventos es la empleada con frecuencia en los estudios ecológicos que tratan de explicar las diferencias en las tasas de mortalidad por tráfico entre países o regiones, o a lo largo del tiempo en un mismo país (Bull, 1986; Van Beeck et al., 2000). Según este modelo, las tasas de mortalidad por tráfico son el producto de tres componentes que guardan un orden secuencial entre sí: la intensidad de exposición a la circulación en cada unidad a comparar (exposición / N habitantes), su accidentalidad (accidentes / N unidades de exposición) y su letalidad (defunciones / N accidentes). De esta forma, la magnitud de la tasa de mortalidad de cada unidad se obtendría como el siguiente producto: Tasa de exposición x Tasa de accidentalidad x Tasa de letalidad.

La traslación de este modelo al nivel individual es inmediata, y se representa gráficamente en la Figura 9. Para que una persona fallezca (o sufra cualquier otro desenlace relevante en Salud Pública) a consecuencia de un AT deben ocurrir de forma secuencial los siguientes eventos, cada uno de los cuales es necesario para que ocurra el siguiente:

1. Debe exponerse al riesgo de sufrir un AT.
2. Debe sufrir un AT.
3. Debe sufrir una lesión inmediata, resultado de la transferencia de la energía liberada en el AT.
4. Debe sufrir el desenlace final de interés (por ejemplo, fallecer), a consecuencia de dicha lesión.



Figura 9. Cadena causal de las lesiones por tráfico.



Fuente: Adaptado de Seguí-Gómez et al., 2007.

Cuando se pretende abordar el estudio de las causas de que una persona sufra un desenlace final a consecuencia de una LPT, es evidente que estas pueden actuar a cuatro niveles:

1. Influyendo sobre la intensidad de exposición de las personas.
2. En las personas expuestas, influyendo sobre el riesgo de que sufran un AT.
3. Dado un AT, influyendo en la probabilidad de que la energía liberada en el mismo se transfiera al sujeto y le provoque una lesión inmediata.
4. Una vez ocurrida la lesión inmediata, influyendo en la probabilidad de que esta produzca cualquier desenlace relevante en Salud Pública (hospitalización, fallecimiento, discapacidad, AVAD, coste, etc.).

Evidentemente, la cadena se interrumpe cuando se bloquea alguno de sus eslabones: si las personas no se desplazaran en vehículos con ruedas no habría muertes por AT. En las siguientes secciones describiremos cada uno de los elementos de la cadena causal.

### 2.2.1. Exposición.

*a) Concepto.* No debemos confundir el concepto de exposición tal y como se entiende desde el ámbito de la epidemiología general (“variable cuyo efecto causal se va a estimar”, según la 6ª edición del Diccionario de Epidemiología de Last) (Porta, 2014),

con el que se utiliza en el ámbito de la epidemiología de las lesiones. En este segundo contexto, su definición ha evolucionado a lo largo del tiempo:

- Carroll (1971), en su revisión de la literatura del uso de dicho concepto, definió el término *exposición del conductor* como "la frecuencia de eventos en el tráfico que crean un riesgo de accidente". Como se puede deducir, esta definición contiene dos problemas: primero, no engloba a todos los usuarios de las vías (no tiene en cuenta a peatones, ciclistas y a otros objetos inanimados que puedan producir dichos AT); y, segundo, propone que la exposición es un proceso activo, ignorando la posibilidad de estar involucrado en un AT sin necesidad de estar utilizando un vehículo en movimiento en ese mismo instante.
- Chapman (1973), definió la *exposición* como "el número de oportunidades de accidentes de cierto tipo en un momento dado en un área determinada".
- Wolfe (1982) intenta ampliar la definición de Carroll añadiendo que la *exposición* es "estar en una situación que tiene algún riesgo de implicación en un AT o, un riesgo que teóricamente se puede medir tanto para los elementos activos como pasivos del sistema de tráfico".
- La *exposición* según Hauer (1982) es "una prueba que tiene dos resultados posibles: un accidente o ningún accidente". De esta forma operativiza la definición de exposición acercándolo a la teoría de la probabilidad.
- Elvik et al. (2004), definen el término *exposición* como "el nivel de actividad en la que pueden producirse accidentes".
- Por último, la OMS lo define como "la cantidad de movimiento o de desplazamientos dentro del sistema por parte de los distintos usuarios o una población de determinada densidad" (Peden et al., 2004).

Como se puede observar, en las definiciones recogidas hay tres conceptos principales: actividad, eventos y comportamientos. Las definiciones basadas en actividades son las

más antiguas y, actualmente no se consideran adecuadas. Las basadas en el comportamiento y eventos son las más actuales, en un intento de crear medidas más precisas del riesgo gracias a los avances tecnológicos.

En el trabajo de Elvik (2015) se discute el uso del término *exposición* y, teniendo en cuenta todo lo anterior, se define como “la ocurrencia de cualquier evento en el tráfico, limitado en espacio y tiempo, que representa la posibilidad de que se produzca un accidente de los usuarios de la vía en tiempo y/o espacio o al requerir que el usuario de la vía actúe para evitar salir de la calzada”. Se entiende que existen diferentes tipos de eventos:

- Encuentros: vehículos o usuarios que se cruzan en direcciones opuestas de viaje sin barrera física que los separe.
- Llegadas simultáneas a puntos donde pueden originarse conflictos entre los usuarios de la vía (por ejemplo, paso de peatones, rotondas, cruces, etc.).
- Movimientos de giro en cruces, que implican movimientos de tráfico conflictivos entre usuarios de la vía que no necesariamente llegan al mismo tiempo.
- Eventos de frenado.
- Cambios de carril en carreteras de varios carriles.
- Adelantamientos: un vehículo que pasa y otro vehículo que viaja en la misma dirección.
- Negociación de curvas horizontales.
- Otros eventos, como un animal o la meteorología de ese instante.

Por todo ello, el estudio de los eventos tal y como lo define Elvik (2015) podría hacer que futuros sistemas de seguridad los tengan en cuenta para permitir una circulación más segura.

Independientemente de que, a partir de la propuesta de Elvik, se puedan identificar situaciones concretas directamente asociadas a la probabilidad de que pueda producirse un AT, desde un punto de vista teórico y sintetizando los elementos comunes a todas las definiciones expuestas anteriormente, puede entenderse la exposición a un AT como aquella situación en la que una persona tiene un riesgo de sufrir un AT mayor que 0. Así, una persona sentada en el salón de su casa o andando por una calle peatonal no está expuesta, mientras que otra que está conduciendo un turismo o cruzando la calzada sí lo está. De esta definición se desprenden los siguientes conceptos, básicos para entender la epidemiología de las LPT en particular y, en general, de todas las lesiones por causa externa:

1. La exposición es causa necesaria, pero no suficiente, de los AT y sus consecuencias (LPT): para sufrir un AT y lesionarse a consecuencia de ello, primero hay que estar expuesto al riesgo de sufrirlo.
2. Para una persona y un instante de tiempo concretos, la exposición es una variable dicotómica (o se está expuesto o no se está expuesto al riesgo de sufrir un AT).
3. Para una persona observada durante un período de tiempo, la exposición es una variable cuantitativa, resultante de sumar los instantes en los que está expuesta. Ello permite definir el concepto de “intensidad de exposición”, tanto en términos absolutos (duración total del tiempo en que está expuesta), como relativos (cociente entre el tiempo en que está expuesta y el tiempo total de observación). En el primer caso, la intensidad de exposición se cuantifica en unidades de tiempo (horas, días, años, etc.). En el segundo, es una proporción.
4. Solo tiene sentido estimar la probabilidad de que una persona sufra un AT en los períodos en los que está expuesta al riesgo de sufrirlo (por definición, si no está expuesta su riesgo es 0).

5. Desde una perspectiva poblacional, se puede definir la intensidad de exposición de un subgrupo de personas como la suma de sus tiempos individuales de exposición (en términos absolutos), o como el promedio de las estimaciones relativas de exposición de las personas que la componen.
6. Aunque, conceptualmente, la intensidad de exposición es una variable temporal, su cuantificación es difícil, tanto a nivel individual como poblacional, por lo que en muchas ocasiones se recurre a la medición de otras variables para las que se asume que existe una estrecha correlación con ella, como se verá más adelante.
7. Todos los marcadores y factores de riesgo de un AT actúan no sobre el individuo, sino sobre el tiempo de exposición del individuo. Por ejemplo, el incremento de riesgo de sufrir un AT asociado al consumo de alcohol que tiene un conductor depende del tiempo que ese conductor conduzca bajo los efectos del alcohol. Por lo tanto, en la epidemiología analítica de las LPT, etiquetar a las personas como expuestas o no expuestas a un cierto factor de riesgo de AT es conceptualmente erróneo; es necesario considerar el tiempo de exposición de cada persona.
8. Puesto que el planteamiento anterior es generalmente inviable, la solución es introducir, como variable de ajuste, una estimación de la intensidad de exposición de los subgrupos de personas para los que se quiere estimar su riesgo de sufrir un AT o bien valorar la asociación entre dicho riesgo y cualquier factor potencialmente asociado al mismo.

**b) Estimación.** En el caso de las LPT existen dos métodos básicos para la recopilación de datos de exposición dependiendo del instante en el que se tomen: mientras se realizan los desplazamientos o después de completarlos (Van den Bossche et al., 2005). Paralelamente a la evolución de la definición conceptual de exposición, en el estudio de las LPT han surgido diferentes propuestas operativas de estimación de la misma, desde el uso de variables discretas como el conteo de posibles conflictos que influyen en la AT (Chapman, 1973; Brown, 1981), hasta el uso de variables continuas como los kilómetros recorridos por viaje o el volumen de tráfico por vía y hora (Hauer, 1995; Wolfe, 1982).

Además, la exposición se puede recoger de forma directa o indirecta dependiendo de los estimadores recopilados, y también se puede clasificar según la unidad de estudio: vehículos o personas (Yamis et al., 2004).

En la investigación epidemiológica de las LPT se han utilizado diferentes estimadores de exposición dependiendo del tipo de estudio (de base individual o ecológico); los más utilizados son el número de kilómetros recorridos por el vehículo, los kilómetros recorridos por las personas (Buehler y Pucher, 2017; Clabaux et al., 2017; Haddak, 2016; Martinussen et al., 2013; Pouloset al., 2017), el tiempo empleado en los desplazamientos (Haddak, 2016; Pouloset al., 2017; Sá et al., 2016; Scholes et al., 2018), el número de viajes realizados (Beck et al., 2007; Haddak, 2016; Pirdavani et al., 2016), el volumen del parque móvil de vehículos (Bahadorimonfared et al., 2013; Santamariña-Rubio et al., 2013) y las cifras de población (Babanoski et al., 2016; Bahadorimonfared et al., 2013; Majdanet al., 2015). Otros estudios utilizan el número de conductores o usuarios de cada modo de transporte (Berecki-Gisolf et al., 2015; Licaj et al., 2011), el consumo de combustible (Fridstrøm et al., 1995; Yamis et al., 2004), el precio de la gasolina o la tasa de desempleo (Obeng, 2011).

Con diferencia, el número de kilómetros recorridos por vehículo es la medida de exposición más utilizada (Jiménez-Mejías, 2011), debido a su relativa facilidad de medición. No obstante, tal y como indican Paefgen et al. (2014), debe tenerse en cuenta que los kilómetros recorridos por vehículo no son una medida homogénea de exposición. Así, no es lo mismo realizar esos kilómetros durante el día que durante la noche, en zonas urbanas o rurales, hacerlo en fin de semana que en un día entre semana o hacerlo en una vía principal que en una secundaria.

Otra medida muy utilizada es el número de kilómetros por persona. Dependiendo de cómo se realice la recopilación de datos en los registros puede ser equivalente a la anterior y, además, cuenta con la ventaja de poder diferenciar la exposición de conductores o pasajeros (Chipman et al., 1992; DeYoung et al., 1997; Evans, 1991; Joly et al., 1991; Massie et al., 1995; Regidor et al., 2002). No obstante, esta variable de exposición no está libre de sesgos importantes: en palabras de Ryan et al. (1998), “no existe ninguna medida de exposición que alcance la perfección”. El sesgo más significativo, en este caso, es la

no linealidad en cuanto a la dependencia entre accidentalidad y exposición, debida, entre otras causas, a los procesos de aprendizaje (Maycock, 1992; Page, 2001): la exposición está relacionada con el aumento del aprendizaje debido a la repetición de situaciones continuas de riesgo en AT, lo que hace que el estudio de las curvas de aprendizaje sea particularmente útil en la epidemiología de las LPT (Anzanello y Fogliatto, 2011; Duffey y Saull, 2003; Howard, 2014; Ohlsson, 1996; Ritter y Schooler, 2001).

Cuando no se dispone de datos de exposición directos se pueden aplicar metodologías que tratan de estimarla de forma indirecta, por ejemplo, a partir de los registros de AT. Estos métodos parten de la hipótesis de que una parte de los conductores implicados en AT, documentados en los mencionados registros, constituyen una muestra representativa del total de la población de conductores circulantes. Este método, desarrollado por Thorpe (1967), ha sido adaptado y modificado dando lugar a los métodos de exposición inducida o cuasi-inducida.

Los métodos de exposición cuasi-inducida (Carr, 1970; Chandraratna y Stamatidis, 2009; Lyles et al., 1991) se basan en el supuesto de que todos los conductores implicados en un AT se pueden separar en culpables e inocentes, tomando a estos últimos como una muestra representativa de exposición de cada categoría de conductor (Jiménez-Mejías, 2011). Estos conductores inocentes no son seleccionados intencionalmente por el conductor culpable y, por tanto, se puede suponer que cada conductor tiene las mismas posibilidades de ser incluido en dicha muestra. De esta forma se argumenta la aleatoriedad de la muestra de conductores inocentes. Carr (1969) planteó la posibilidad de identificar al conductor responsable de un accidente múltiple basándose en los registros de accidentes: si dichos conductores habían cometido alguna infracción o eran indicados como responsables del accidente en dichos registros compondrían la muestra de conductores culpables. Sin embargo, esta dicotomía de selección de los conductores es la principal crítica al método de exposición cuasi-inducida. En algunos AT no interviene ningún factor humano que contribuya a la ocurrencia del mismo; asimismo, también se pueden producir situaciones de riesgo donde la culpabilidad está compartida entre ambos conductores implicados o, incluso, que la responsabilidad descrita en los registros esté confundida por la persona encargada de recogerlo. Para el cálculo de la razón de accidentalidad se utiliza como numerador el porcentaje de accidentes para un grupo dado

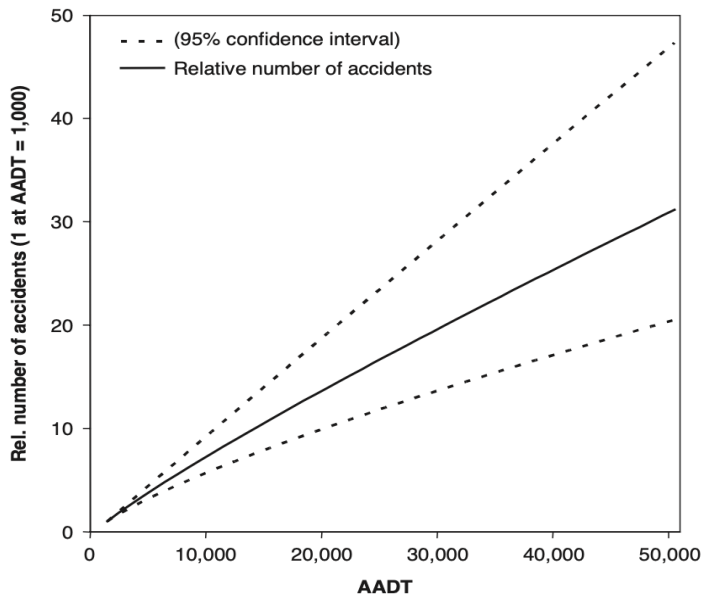
de conductores y como denominador la exposición de ese tipo de conductores, obtenida a partir de la población de conductores no responsables en accidentes múltiples. Un desarrollo similar ha sido propuesto posteriormente por otros autores (Lyles et al., 1991; Stamatiadis y Deacon, 1997).

Existen variantes de los métodos clásicos de exposición cuasi-inducida, como es la propuesta por Perneger y Smith (1991). Este método asienta sus bases en los estudios de casos y controles emparejados, en los que se analizan las colisiones de dos vehículos tomando como casos a los conductores implicados activamente (término estrechamente relacionado con el de conductores culpables) y como controles a los conductores implicados pasivamente (conductores inocentes o no culpables). Estos se emparejan por tipo de colisión y, de esta forma, es posible controlar todos los posibles confusores ambientales que podrían distorsionar la asociación entre las características del conductor y el riesgo de causar un AT. Este método tiene la principal desventaja de que no puede usarse para otros tipos de AT que no sean colisiones entre vehículos; además, comparte todas las otras limitaciones de las técnicas de exposición inducida.

*c) Exposición y AT.* La asociación entre intensidad de exposición y AT ha sido ampliamente constatada. A nivel ecológico, el volumen de tráfico, definido como el número de vehículos de motor que utilizan una vía de circulación por unidad de tiempo, es el principal determinante de la incidencia de AT (Elvik et al., 2014; Retallack y Ostendorf, 2019, 2020). La mayoría de los estudios realizados desde hace casi 100 años (Retallack y Ostendorf, 2019), indican una relación lineal positiva (Cadar et al., 2017; Grimaldi, 2020; Head, 1959; Raff, 1953; Schoppert, 1957; Vitaliano y Held, 1991; Woo, 1957), aunque existen otros trabajos que indican funciones en forma de U, con una incidencia de AT mayor en volúmenes de tráfico bajos y altos (Ceder, 1982; Frantzeskakis y Iordanis, 1987; Gwynn, 1967; Martin, 2002; Zhou y Sisiopiku, 1997). En la Figura 10 se muestra el resumen de un metanálisis con 28 estudios realizado por Elvik et al. (2009), en el que se observa que al aumentar el volumen en un 10% el aumento estimado del número de AT es del 8,8% (IC 95%: 7,7%-9,9%). En cuanto a la contribución de este factor sobre la variación sistemática en el número de accidentes, el estudio de Fridstrøm et al. (1995) indica que el efecto del volumen de tráfico duplica al atribuible a la suma del resto de factores (ver Figura 11).

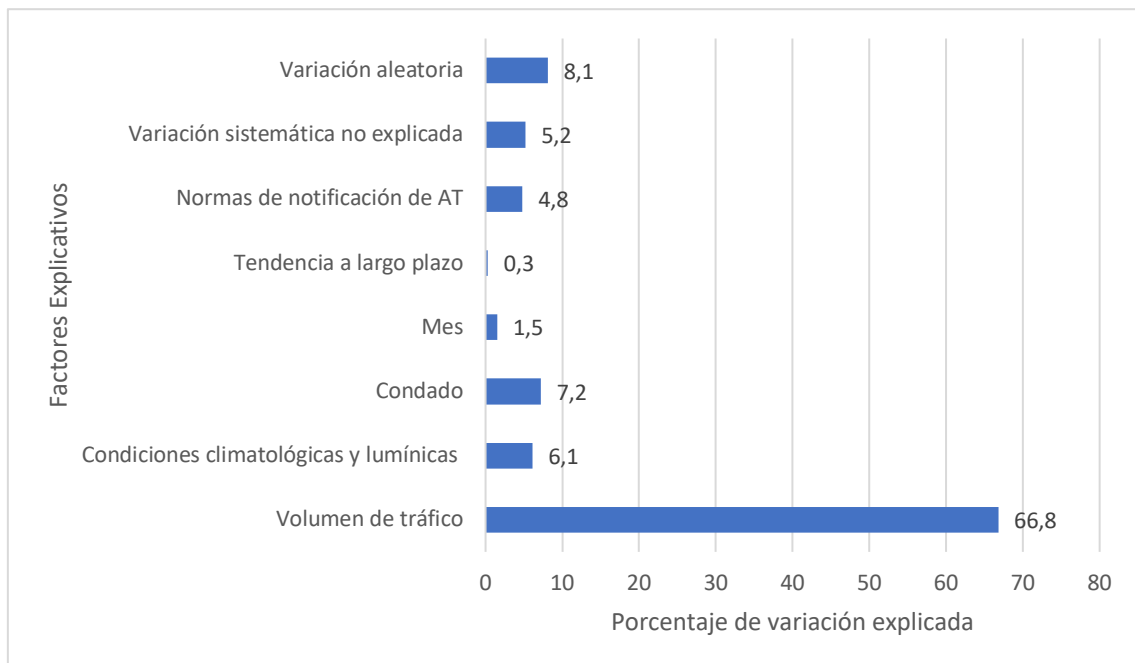


Figura 10. Relación entre el volumen de tráfico (identificado como AADT) y el número de AT, estimados a través de las medias de 28 estudios.



Fuente: Metanálisis elaborado por Elvik, Hoye, Vaa y Sorensen, 2014.

Figura 11. Contribución de varios factores en la variación explicada del número de AT.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos de Fridstrøm et al., 1993, 1995.

No obstante, también es esencial considerar el tipo de exposición. Se pueden hacer diferentes usos de las vías de circulación (caminar, ir en bicicleta, en coche, en autobús, etc.) y cada uno implica una probabilidad distinta de sufrir un AT. Elvik et al., (2009) recogen datos de varios países comparando las tasas de LPT en función de cada medio de transporte. Tomando como referencia utilizar un coche, viajar en ciclomotor o motocicleta implica un riesgo de LPT 10 veces mayor. También es mayor el riesgo de peatones y ciclistas (7 y 9 veces mayor, respectivamente), mientras que viajar en autobús es lo más seguro (el riesgo de LPT se reduce a la mitad).

Es igualmente relevante analizar qué ocurre con el tráfico mixto, es decir, cuando diferentes categorías de movilidad coinciden en la misma red de circulación. Las vías urbanas pueden tener instalaciones separadas para peatones y/o ciclistas, pero estos usuarios se mezclan con el tráfico de automóviles en los cruces. Un estudio de Brüde y Larsson (1993) estimó la relación entre los AT de peatones o ciclistas y los vehículos de motor. Encontraron que cuando el número de peatones aumenta de 500 a 1.000 y el número de vehículos de motor aumenta de 5.000 a 10.000, el número de AT de peatones es más del doble cuando se duplica el volumen total de tráfico. Cuando el número de peatones aumenta disminuye este riesgo; así, si el número de peatones pasa de 100 a 1.000, el riesgo de LPT en peatones desciende un 50%. Un nuevo aumento del número de peatones de 1.000 a 2.000 se asocia con una nueva reducción de la tasa de LPT en peatones de aproximadamente un 17%. En cuanto al riesgo de AT entre un vehículo a motor y un peatón se observa una disminución en más de un 50% si el número de vehículos a motor aumenta de 2.000 a 10.000. Situaciones similares se aplican a los AT en los que están implicados ciclistas y vehículos de motor.

**2.2.2. AT.** El concepto de AT se enmarca en el más general de accidente. Según la Real Academia de la Lengua Española, un accidente es un “suceso eventual o acción de que resulta daño involuntario para las personas o las cosas” (Real Academia de la Lengua Española, 2014). En lengua inglesa *accident* se ha definido por el *Oxford Dictionary* como “algo que ocurre inesperadamente y no está planeado de antemano” (Oxford English Dictionary, 2020), y por el *Cambridge Dictionary* como “algo que sucede por casualidad, sin que nadie tenga la intención o lo planee” (Cambridge, 2022). Estas

definiciones, que recogen el uso lego o coloquial de la palabra *accidente*, tienen en común el inconveniente de aportar la naturaleza azarosa, casual o impredecible de los hechos definidos por dicho término, lo que derivaría en una acción no predecible e inevitable que puede resumirse en la interpretación aportada por Ambrose Bierce “un accidente es un hecho inevitable debido a la acción de leyes naturales inmutables” (Bierce, 1911).

El objetivo de la epidemiología es “el estudio de la ocurrencia y distribución de estados relacionados con la salud o eventos en poblaciones especificadas, incluido el estudio de los determinantes que influyen tales estados, y la aplicación de este conocimiento para controlar los problemas de salud” (Porta, 2014). Puede comprobarse que, si se utilizaran las diferentes definiciones del término accidente aportadas anteriormente, el estudio de estos no tendría interés para definir modelos predictivos y/o preventivos; simplemente podríamos observarlos retrospectivamente sin llegar a modificar sus consecuencias en un futuro. Debido a ello, las definiciones de uso científico o técnico de *accidente* han evolucionado para poder estudiarlos, predecirlos y evitarlos. Por ejemplo, la OMS en 1957 propuso entender los accidentes como sucesos no previstos que tienen como resultado un daño (OMS, 1957). La 6ª edición del Diccionario de Epidemiología de Last (Porta, 2014) define *accidente* como “un evento no anticipado, que comúnmente provoca lesiones u otros daños, en tráfico, el lugar de trabajo o un entorno doméstico o recreativo. El evento principal en una secuencia que en última instancia conduce a lesiones si ese evento realmente no es predecible”. Además, añade que “los estudios epidemiológicos han demostrado que el riesgo de accidente a menudo es predecible y que los accidentes son prevenibles”. Estas definiciones rompen con la concepción del accidente como un evento azaroso, casual o impredecible, haciendo que sea pertinente la investigación orientada a prevenir dichos sucesos.

Con respecto al concepto específico de AT, éste ha evolucionado desde que en 1771 se produjera el primero. Nicolas-Joseph Cugnot, inventor francés que vivió durante el siglo XVIII, colisionó un prototipo de automóvil a vapor contra una pared de un jardín o arsenal en París (Mastinu y Plöchl, 2014). La DGT recoge la definición aportada por López-Muñiz Goñi (1995), que entiende por AT “cualquier evento como resultado del cual el vehículo quede de manera anormal, dentro o fuera de la carretera, o produzca lesiones en las personas o daños a terceros”. Según la Orden Ministerial del 18 de febrero de 1993,

un AT es “aquel que se produce o tiene su origen en una de las vías o terrenos objeto de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y de seguridad vial, en el que como consecuencia del mismo resulten una o varias personas heridas o sólo daños materiales, y en el que esté implicado al menos un vehículo en movimiento” (Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno, 1993).

La OMS, en el apartado de “Sistema de datos” publicado en el Manual de Seguridad Vial para Decisores y Profesionales (2010), en un intento de normalizar la terminología utilizada, define *AT* como “colisión o incidente en el que participa al menos un vehículo de carretera en movimiento y se produce en una vía pública o una vía privada a la que la población tiene derecho de acceso. Incluye: las colisiones entre vehículos, entre vehículos y peatones, entre vehículos y animales u obstáculos fijos, y de un solo vehículo. También incluye las colisiones entre vehículos de carretera y vehículos sobre raíles. Las colisiones entre varios vehículos se contabilizan como un solo accidente siempre y cuando las sucesivas colisiones se hayan producido en un tiempo muy breve.”

Por su parte, Elvik et al., (2009) definen AT como aquel “accidente que ocurre en el tráfico, esto es, con implicación de uno o más vehículos en movimiento”, entendiendo como accidente un “evento repentino y no intencionado que resulta en daños a los bienes, las personas y el medio ambiente”.

**2.2.3. LPT.** Al igual que en apartado anterior, es necesario enmarcar este concepto en el más general de lesión. La 6ª edición del Diccionario de Epidemiología de Last (Porta, 2014) define lesión como “la transferencia de una de las formas de energía física (mecánica, química, térmica) en cantidades o velocidades que exceden el umbral de tolerancia humana. También puede resultar de la falta de energía esencial, como oxígeno (por ejemplo, ahogamiento) o calor (por ejemplo, hipotermia)”. Esta definición parte de la teoría de causalidad basada en la liberación de energía recogida en la obra de Baker et al. (1992), titulada *The Injury Fact Book*. Esta teoría se encuentra en casi todas las definiciones aportadas de lesión, desde Gordon (1949) y Gibson (1961), pasando por la aportada en el trabajo de Haddon (1980), hasta las definiciones recogidas en el libro de Robertson *Injury Epidemiology: Research and Control Strategies* (2015). Pero, tal y

como indican Petridou y Antonopoulos (2017), existen dos consideraciones importantes en la definición de lesión: se debe distinguir entre el evento causal y el resultado patológico posterior. Pueden ocurrir lesiones somáticas como las producidas por un choque séptico cuya causa no es una transferencia de energía.

La clasificación de las lesiones se ha realizado desde diferentes criterios: si son intencionales o no, el lugar donde se han producido (laboral, ocio, etc.), según las características de los lesionados (infantiles, violencia doméstica, ancianos, etc.), según la patología que sufren las víctimas (fracturas, luxaciones, quemaduras, etc.) (Jiménez-Mejías, 2011). Centrándonos en la temática de esta Tesis, las lesiones que se van a tratar son de tipo no intencional y, según el CIE-11 (OMS, 2019), se clasifican en el capítulo XXIII titulado como Causas Externas de Morbilidad o Mortalidad.

En cuanto a las LPT, como se puede deducir de las definiciones de accidente y AT expuestas con anterioridad, no todos los AT producen necesariamente una lesión en las personas implicadas. Es por ello que la LPT es el desenlace en el que la disciplina de la Salud Pública pretende hacer énfasis, por encima del AT en sí mismo (Jiménez, 2007). Según la Convención de Viena, la definición internacional estándar de un AT con lesión “implica una colisión de un vehículo en movimiento en una vía pública en la cual un usuario de la vía, humano o animal, es lesionado” (International Road Traffic and Accident Data, 1992). Seguí-Gómez et al. (2007) aportan la naturaleza no intencional en su definición de LPT: “todo daño corporal (fundamentalmente no intencionado) resultado de la exposición aguda a la energía mecánica (sin olvidar algunas lesiones por energía térmica), liberada en el momento del AT, de manera tal que supera el umbral de tolerancia fisiológica”. Siguiendo la evolución de los estudios de las LPT, la OMS lo define como “aquella lesión, mortal o no, que se ha producido como resultado de una colisión en la vía pública en la que se ha visto implicado al menos un vehículo en movimiento” (OMS, 2021).

**2.2.4. Defunción por AT.** Existen diversas definiciones de defunción por AT, pero desde 2003 ha existido un consenso, en un intento de estandarizar dicho concepto, propuesto por la Comisión Europea de las Naciones Unidas. Se entiende por *defunción por AT*

“cualquier persona que fallece inmediatamente o dentro de un periodo de 30 días como consecuencia de un traumatismo causado por un accidente de tránsito” (United Nations Economic Commissions for Europe, 2003; Villalbí, 2006). En el glosario de términos propuestos por EUROSTAT (2010) encontramos dos términos relacionados con este concepto: *fatal accident*, entendiéndose que es cualquier accidente que resulta en una persona fallecida y *person killed*, que ya recoge la estandarización y lo define como “cualquier persona muerta inmediatamente o dentro de los 30 días como resultado de un accidente con lesiones, excluyendo los suicidios. Se excluye así a una persona muerta si la autoridad competente declara que la causa de la muerte fue un suicidio, es decir, un acto deliberado para lesionarse a sí mismo con resultado de muerte. Para los países que no aplican el umbral de 30 días, los coeficientes de conversión se estiman de modo que se puedan realizar comparaciones sobre la base de la definición de 30 días”.

La elección de los 30 días como límite de contabilización de las defunciones por AT no es azarosa. Según un estudio de la OMS (2009), pasados estos 30 días iniciales existe un incremento discreto del número de fallecidos, pero exige un aumento desproporcionado de la vigilancia para obtenerlo.

### **2.3. Marcadores y factores de riesgo de la morbi-mortalidad por tráfico en la cadena causal.**

Tal y como se menciona en la Comisión Especial de Encuesta e Investigación del Senado sobre Seguridad Vial (1992), identificar los factores o marcadores de un AT, así como cuantificar su contribución a la aparición de cada desenlace de la cadena causal es complejo, ya que ninguno actúa de forma aislada, y las interrelaciones entre ellos son múltiples y no siempre fáciles de identificar. En cualquier caso, debe quedar reflejado que todas las LPT tienen, al igual que la mayoría de los desenlaces en salud, un origen multicausal (Jiménez-Moleón y Lardelli-Claret, 2007). De acuerdo con el modelo de cadena causal, cada factor puede actuar sobre uno o más eslabones de dicha cadena, modificando la probabilidad de que ocurra el siguiente.

Lo habitual en la literatura científica es describir los factores y marcadores de riesgo clasificados según los grandes grupos definidos por las columnas de la matriz de Haddon (humanos, del vehículo y ambientales). Sin embargo, puesto que el modelo teórico empleado en la presente Tesis es el de cadena causal, hemos optado por agruparlos inicialmente en función de su papel sobre cada uno de los eslabones de la misma (exposición, accidente, lesión y desenlace). La pertinencia de este planteamiento se basa en que, para un factor dado, el efecto puede ser de diferente magnitud, e incluso de diferente sentido, en función del eslabón sobre el que actúe. Por tanto, deslindar dichos efectos es esencial en el ámbito de la adopción y priorización de estrategias de seguridad vial. Veamos un ejemplo:

Es bien sabido que la edad avanzada se asocia a un incremento en la mortalidad poblacional por tráfico (tomada como desenlace final de interés) (Fraade-Blanar et al., 2018; Pokhrel y Qi, 2021; Tefft, 2017), estimada a partir de las correspondientes tasas de mortalidad específicas por edad. Ahora bien, para entender las razones de este exceso, es indispensable valorar cuál es el papel de la edad avanzada en cada uno de los cuatro eslabones de la cadena. Un resumen sería decir que, en comparación con conductores de edad intermedia (30-65 años), los conductores mayores de 65 años:

- Presentan una menor intensidad de exposición (conducen mucho menos) (Eby y Molnar, 2008; Pokhrel y Qi, 2021; Yang et al., 2021).
- A igualdad de intensidad de exposición, su accidentalidad es ligeramente mayor (su mayor riesgo de provocar AT debido a su pérdida de capacidad para conducir se compensa por una exposición a la conducción en entornos más seguros y por unos estilos de conducción más prudentes –por ejemplo, a menor velocidad-) (Cheung, McCartt y Braitman, 2008; Cicchino y McCartt, 2014; Cox y Cicchino, 2021).
- Una vez ocurrido el AT, su lesividad inmediata es ligeramente mayor (la menor transferencia de energía derivada de que los conductores de edad avanzada provocan accidentes intrínsecamente menos graves se ve compensada por su

mayor fragilidad, que les hace menos resistentes al impacto de la energía y, con ello, a sufrir lesiones inmediatas más graves) (Koppel et al., 2011; Li et al., 2003).

- Una vez ocurrida la lesión inmediata, su riesgo de fallecer es mucho mayor, porque su mayor fragilidad, unida a su elevada comorbilidad, empeora fuertemente su pronóstico vital (Koppel et al., 2011; Li et al., 2003).

Dando por ciertas las asociaciones anteriores, una correcta estrategia de seguridad vial orientada a la reducción de la morbi-mortalidad en los conductores ancianos debería basarse en los siguientes principios:

1. Mantener su movilidad (no aumentarla, pero tampoco tratar de reducirla innecesariamente, pues ésta ya es de por sí baja). Solo se debe reducir o impedir cuando se constate una limitación importante de sus capacidades para conducir.
2. No priorizar las medidas tendentes a reducir su accidentalidad. Únicamente se deberían aplicar estrategias que fomenten la conducción defensiva en entornos seguros.
3. Potenciar la adopción de estrategias de seguridad pasivas en el anciano, tendentes a reducir la magnitud de la energía transferida en el accidente: los ancianos deben conducir vehículos particularmente resistentes al impacto de la energía, y se debe vigilar especialmente que cumplan la legislación en materia de uso de dispositivos de seguridad.
4. Potenciar la atención sanitaria temprana y de calidad a los ancianos implicados en AT. Esta última sería, sin duda, la estrategia prioritaria.

La gran mayoría de los estudios orientados a valorar el efecto de los factores de riesgo sobre la morbi-mortalidad por tráfico no se basan en este planteamiento, lo que limita fuertemente su utilidad de cara a diseñar políticas de seguridad vial realmente efectivas. En los siguientes párrafos trataremos, a partir de una revisión bibliográfica narrativa, de dar una visión general acerca de cómo los principales factores de riesgo dependientes del



individuo, el vehículo y el ambiente influyen en cada uno de los elementos de la cadena causal. Creemos que analizar en detalle el papel de todos y cada uno de los factores y marcadores de riesgo en cada eslabón, así como la relación que guardan entre ellos, excedería con creces el propósito de la introducción de esta Tesis. Por lo demás, puesto que es extremadamente difícil discernir el efecto separado de cada factor sobre los dos últimos eslabones (lesión inmediata y desenlace final), éstos se describirán conjuntamente.

### ***2.3.1. Factores asociados a la exposición.***

***a) Factores individuales.*** Diversos estudios han abordado las diferencias por sexo en cuanto a la intensidad de exposición (González-Sánchez et al., 2018; Mateos-Granados, et al., 2021; Minton y Clark, 2018; Sivak, 2015; Visby y Lundholt, 2018). Utilizando como estimación de exposición el número de permisos de conducción, podría parecer que las mujeres están más expuestas que los hombres como conductoras (Mateos-Granados, et al., 2021; Sivak, 2015). Aunque para las edades extremas la proporción de personas con permiso es mayor en los hombres, en las edades intermedias (25-64 años), que acumulan el mayor volumen de población, las diferencias se invierten a favor de las mujeres (Drew et al., 2016; Frändberg y Vilhelmson, 2011; Hjorthol, 2016; Mateos-Granados et al., 2021). Una posible explicación de las mencionadas diferencias en edades tempranas puede ser el retraso en la obtención del permiso de conducción en las mujeres (Delbosc y Currie, 2014; Hjorthol, 2016; Mateos-Granados et al., 2021). El descenso de permisos en mujeres a partir de los 65 puede deberse a que las conductoras mayores renuevan su permiso de conducir con menos frecuencia que los hombres de la misma edad (Barrett et al., 2018; Siren y Haustein, 2016). No obstante, si como medida de exposición se utiliza la cantidad de kilómetros recorridos, existe una clara sobreexposición en hombres (Frändberg y Vilhelmson, 2011; Mateos-Granados et al., 2021; McGuckin y Fucci, 2018; Sivak, 2015; Visby y Lundholt, 2018;). Aproximadamente, las mujeres conducen la mitad de kilómetros que los hombres. Existen factores socioeconómicos y conductuales que pueden explicar estas diferencias: en el caso de las mujeres, una menor capacidad económica para comprar y mantener un vehículo, una menor movilidad relacionada con el trabajo, un mayor uso de transportes alternativos, mayores niveles de estrés o ansiedad relacionados con la conducción y un

mayor nivel de autorregulación, entre otros (Barrett et al., 2018; Jiménez-Mejías et al., 2014; Taylor, 2018; Visby y Lundholt, 2018).

Tal y como se ha mencionado anteriormente, la edad produce modificaciones en la intensidad de exposición. Tanto en distancias recorridas (Shen et al., 2020), como en horas de viaje (González-Sánchez et al., 2018), los menores valores se obtienen en los conductores más jóvenes, mientras que lo contrario ocurre en las edades intermedias (25 a 65 años), en las que tienen lugar la mayoría de eventos vitales que hacen más necesaria la conducción: nacimiento de los hijos (Lanzendorf, 2010), cambios de residencia, necesidades laborales (los conductores que trabajan hacen un mayor uso del vehículo que los conductores desempleados), o actividades de ocio (Clarck y Minton, 2018; Yamamoto et al., 2020). Por lo demás, el retraso a edades cada vez mayores en la disponibilidad de los recursos económicos imprescindibles para adquirir y mantener un vehículo propio, así como en los eventos que hacen necesario su uso (por ejemplo, en la edad de procrear y de independizarse del domicilio familiar), están desplazando la exposición a la conducción a edades más avanzadas (Delbosc y Currie, 2014). Sin embargo, esta situación se revierte a partir de los 65 años, reduciéndose todos los indicadores de exposición a la conducción (González-Sánchez et al., 2018; Mateos-Granados et al., 2021; Shen et al., 2020). Ello se debe a un cambio en los patrones de movilidad: se acumula un mayor número de horas de circulación como pasajeros y, sobre todo, como peatones. En el ámbito de la conducción, ésta se va circunscribiendo a distancias cortas en vías urbanas y en entornos conocidos, en el contexto de un proceso de auto-regulación y compensación de riesgos (González-Sánchez et al., 2018). Todo ello, a su vez, se traduce en una pérdida progresiva de experiencia (European Commission, 2015).

Otro factor que influye en la exposición es el consumo de alcohol. Algunos estudios han estimado prevalencias de conducción bajo sus efectos que oscilan entre el 1% (Pešić, 2019) y el 8,5% (Oh et al., 2020), con importantes diferencias en función de otras variables, como el sexo. Aunque las prevalencias reportadas son sistemáticamente mayores en los hombres, en ellos se observa una tendencia a la reducción a lo largo del tiempo (Oh et al., 2020; Schwartz y Beltz, 2018), mientras que en las mujeres las prevalencias se mantienen (Oh et al., 2020; White et al., 2015) o incluso aumentan ligeramente (Robertson et al., 2011; Schwartz y Beltz, 2018). La prevalencia de

conducción bajo los efectos del alcohol u otras drogas también es sensiblemente mayor en áreas rurales, con respecto a los núcleos urbanos (Malek-Ahmadi y Degiorgio, 2015; Webster et al., 2018). Tras el alcohol, las drogas más prevalentes en los conductores son el cannabis, las benzodiazepinas, los estimulantes y los opiáceos. También es frecuente encontrar combinaciones de alcohol y drogas o de múltiples drogas (Jones et al., 2020).

**b) Factores del vehículo.** En Europa, la gran mayoría de vehículos censados corresponden a turismos, con una edad media de 11,2 años. Excepto para las motocicletas, el diésel es el combustible más frecuente en todos los vehículos (European Commission, 2020). Sin embargo, en términos de kilómetros anuales recorridos, la exposición de los camiones es mayor que la de cualquier otro vehículo (entre 3 y 5 veces más) (Poulter et al., 2008). El kilometraje anual recorrido va disminuyendo a medida que aumenta la antigüedad del vehículo (Yamamoto et al., 2020), mientras que es mayor en los automóviles diésel que en los de gasolina (Yamamoto et al., 2020), debido a su menor precio y su mayor eficiencia (Cirillo et al., 2017; Liu et al., 2014).

**c) Factores ambientales:** Clásicamente, la riqueza de un país se ha asociado a una mayor intensidad de exposición: mayor número de vehículos registrados y mayores distancias recorridas. La movilidad se reduce en períodos de crisis económicas (Van Beeck et al., 2000). Tanto es así que las ventas de vehículos a motor se utilizan como un indicador del crecimiento económico y del desarrollo de los países (Giles-Corti et al., 2016). Las expansiones urbanas también se asocian a un aumento en los kilómetros recorridos por vehículo (Bento et al., 2005; Ewing y Cervero, 2010; Yeo et al., 2015). El efecto de otros factores sobre la exposición, como la centralidad de la población, el equilibrio en la distancia entre la vivienda y el trabajo, la densidad de población y la accesibilidad a transportes alternativos, ha generado debate entre los investigadores. Algunos autores indican que los conductores que viven en las grandes ciudades pueden sustituir más fácilmente el automóvil por el transporte público; por el contrario, en las áreas de baja densidad, debido a la falta de alternativas de transporte público eficientes, se registraría un mayor número anual de kilómetros recorridos por vehículo (Cirillo et al., 2017; Liu et al., 2014; Yamamoto et al., 2020). Otros estudios indican que existe una relación lineal directa entre el número de habitantes de una ciudad y la cantidad de kilómetros recorridos por vehículo (Giles-Corti et al., 2016; Yeo et al., 2015). Indudablemente, hay factores

culturales y de estilos de vida que modulan las observaciones anteriores. Por ejemplo, mientras que en Estados Unidos la posesión y uso de un vehículo propio está relacionado socialmente con un estatus económico más alto, en Europa las políticas de seguridad vial han fomentado alternativas de movilidad que contrarrestan las teóricas ventajas y comodidad que genera desplazarse en un vehículo propio (Gatersleben, 2011). Descendiendo a un nivel microeconómico, los que viven en hogares con bajos ingresos hacen un menor uso del automóvil con respecto a los hogares de ingresos medios o altos, y la proximidad del domicilio al transporte público induce una disminución significativa en el kilometraje de sus automóviles (Brownstone y Fang, 2014; Cirillo et al., 2017; Liu et al., 2014; Train, 1986; Yamamoto et al., 2020).

En cuanto a los factores temporales, en los fines de semana se produce un aumento generalizado de los desplazamientos (Chung et al., 2005), pero una reducción del volumen de tráfico de los vehículos diésel (Kirchstetter et al., 2008). Con respecto a la hora del día, el número de desplazamientos aumenta sustancialmente durante las horas diurnas, si bien estas diferencias varían en función de terceras variables, como el sexo y la edad del conductor o el ámbito de conducción (Mateos-Granados et al., 2021).

Las condiciones meteorológicas también influyen en el volumen del tráfico. Algunos estudios indican que en los días de lluvia éste se reduce en torno al 2%, mientras que en los días de nevada las reducciones dependen de su intensidad: desde un 10% para nevadas ligeras hasta un 30-50% para nevadas intensas (Codling, 1974; Doherty et al., 1993; Hanbali, 1994; Keay y Simmonds, 2005; Khattak y Knapp, 2001; Mahmassani et al., 2009).

### ***2.3.2. Factores asociados a la accidentalidad.***

***a) Factores individuales.*** La relación entre la edad y el sexo de los usuarios de la carretera y su tasa de accidentes se ha estudiado ampliamente (Elvik et al., 2009). La mayor accidentalidad de los conductores jóvenes (Banz, Fell y Vaca, 2019; Brătucu, et al. 2016; Detho et al., 2019; Khan et al., 2021; Shen y Neyens, 2015; Singh et al., 2016), ha sido explicada por la combinación de diversos factores: baja percepción de riesgo, una

conducción imprudente y/o agresiva, un mayor consumo de alcohol u otras drogas, la conducción nocturna, o el efecto de distracción que ejercen sobre ellos pasajeros de edades similares (Al Reesi et al., 2016; Brătucu et al., 2016; Gicquel et al., 2017; Glendon et al., 2014; Oviedo-Trespalacios y ScottParker, 2018; ScottParker y Oviedo-Trespalacios, 2017; Shen y Neyens, 2015; Shope y Molnar, 2003; Singh et al., 2016). Sin embargo, el principal factor reconocido en la bibliografía revisada es la inexperiencia en la conducción (Catchpole y Styles, 2005; Clarke et al., 2006; Glendon et al., 2014; Jiménez-Moleón et al., 2004; Simons-Morton y Ehsani, 2016). La adquisición de habilidades de conducción segura, como en cualquier otro proceso de aprendizaje para actividades complejas, se basa en el ensayo y error y el consecuente proceso de retroalimentación y nuevas pruebas (Simons-Morton y Ehsani, 2016). Este proceso proporciona la base para el efecto acumulativo de la experiencia (horas de conducción) en la reducción del riesgo de verse involucrado en un AT. Es aquí donde nos encontramos con la denominada paradoja de la experiencia de los conductores jóvenes: la adquisición de experiencia se realiza a costa de exponerse a un mayor riesgo (Gregersen et al., 2000). Una forma de intentar eliminar esta paradoja es el uso de simuladores de conducción, aunque su utilidad práctica no se ha confirmado (Martín-delosReyes et al., 2019).

En el extremo opuesto se sitúan los conductores de edad avanzada, entendiendo por tales los mayores de 65 años. En la literatura científica se describe una reducción de las capacidades psicofísicas debido al aumento de la edad: se reduce la habilidad para conducir, por debajo del umbral requerido para hacer un uso seguro de la vía (Ambrose et al., 2013; Bedard et al., 2002; Frampton, 2003). Dicha reducción se produce a consecuencia de la asociación de diversos factores que operan en las personas mayores: a nivel conductual y perceptivo se produce un progresivo deterioro cognitivo natural debido al paso de los años, lo que se une a la aparición de patologías que se comentarán en el siguiente apartado (European Commission, 2020; Jang et al., 2007).

En cuanto a las diferencias por sexo, los hombres presentan una mayor accidentalidad por tráfico en comparación con las mujeres (Oltedal y Rundmo, 2006; Rhodes y Pivik, 2011; Singh et al., 2016). Las diferencias por sexo a nivel conductual radican en el mayor optimismo por parte de los hombres cuando se juzga su habilidad de conducción, percibiendo los comportamientos de riesgo al volante como menos graves y con una

menor probabilidad de que resulten en un accidente. Esto hace que ellos cometan más infracciones y reciban más multas de tráfico que las mujeres (Åkerstedt y Kecklund, 2001; DeJoy, 1992; Harris y Jenkins, 2006; Massie et al., 1995). Sin embargo, en el grupo de las mujeres parece más probable que se distraigan y cometan más errores de percepción (Arenas-Ramirez et al., 2018; Laapotti et al., 2003; Massie et al., 1995).

El estado de salud del conductor es otro factor individual relacionado con la accidentalidad. La combinación de patologías como la diabetes mellitus, el Síndrome de Apnea Hipopnea del Sueño o los trastornos depresivos, unido al consiguiente consumo de fármacos para su tratamiento (benzodiazepinas, antiepilépticos, antidiabéticos orales e insulinas o analgésicos opioides) puede incrementar el riesgo de accidente (Abellán et al., 2015; Redondo, 2016; Wang et al., 2003), actuando a diferentes niveles: tiempos de reacción significativamente más lentos, menor capacidad de mantener una distancia constante con el vehículo precedente, etc. (Doroudgar et al., 2017; Young et al., 2017).

El consumo de alcohol se considera uno de los principales factores de riesgo de los AT. La tasa de accidentes aumenta drásticamente a medida que aumenta el nivel de alcohol en sangre (Compton y Berning, 2015; Miller et al., 1998; Oh et al., 2020; Pešić, 2019; Robertson et al., 2011). Miller y Blewden (2001) estimaron que con una concentración de 100 mg/100 ml de alcohol en sangre el riesgo de accidente aumentaba entre 13 y 18 veces. En el trabajo de Connor et al. (2004), la Odds Ratio de verse involucrado en un AT para aquellos conductores que habían consumido una bebida alcohólica de 12g de alcohol era de 7,9; de 3,2 para los que tenían una concentración de 50 mg/100ml de alcohol en sangre y de 23 cuando la concentración era mayor a 50 mg/100ml.

Finalmente, podemos incluir en el apartado de factores dependientes del individuo a la velocidad, aunque es evidente que ésta depende también de las características del vehículo y del entorno ambiental por el que se circula. La relación entre el exceso de velocidad y los AT ha sido ampliamente contrastada (Fildes et al., 1991; Kloeden et al., 1997; Kloeden et al., 2002; Kloeden et al., 2001; Maycock et al., 1998; Quimby et al., 1999; Wilson et al., 2010). Esta relación se da tanto para los accidentes simples como para las colisiones de dos o más vehículos, en donde las diferentes velocidades entre ellos

favorecen sus interacciones (Aarts y Van Schagen, 2006; Cirillo, 1968; Harkey et al., 1990; Kloeden et al., 2001; Munden, 1967; Solomon, 1964; West y Dunn, 1971).

**b) Factores del vehículo.** La relación entre las características del vehículo y su accidentalidad ha sido ampliamente estudiada (Beck et al., 2007; Bouaoun et al., 2015; Huang et al., 2011; Martín-delosReyes et al., 2021; Trowbridge et al., 2007; Wenzel, 2013). Centrándonos en el tipo de vehículo, furgonetas, todoterrenos o camiones se asocian a una mayor probabilidad de ser causantes de colisiones, en comparación con turismos (Martín-de-los Reyes et al., 2021; Potter et al., 2013; Zhao y Lee, 2018), mientras que lo contrario ocurre para taxis o autobuses (Wu et al., 2016). Por lo demás, en contra de la creencia generalizada, en las colisiones entre un vehículo de dos ruedas y otro de cuatro o más, son estos últimos los que con más probabilidad la han provocado (De Rome y Senserrick, 2011; Haque et al., 2009; Haworth y Debnath, 2013; Martín-de-los Reyes et al., 2021).

La mayoría de los estudios han observado que una menor antigüedad del vehículo se asocia a una menor accidentalidad (Farmer y Lund, 2006; Newstead et al., 2011; Ryb et al., 2009; Ryb et al., 2011), asociación que no depende de un efecto período (Anderson y Searson, 2015).

**c) Factores del ambiente.** Aunque su efecto sobre la accidentalidad requiere de una mayor investigación y comprensión (Theofilatos y Yannis, 2014), se ha estimado que su contribución porcentual sobre la responsabilidad de los AT se sitúa en torno a un 20%. El auge de los sistemas avanzados de gestión de tráfico ha mejorado sustancialmente el conocimiento del papel que desempeñan los factores ambientales, contribuyendo a reducir la morbi-mortalidad por tráfico mediante la actuación sobre algunos de ellos (Zhang et al. 2005).

La relación entre economía y accidentalidad ha sido descrita en varios trabajos. Aunque variables como el crecimiento económico, el PIB y el nivel de ingresos se han visto significativamente relacionados con un aumento en los AT (Al-Reesi et al., 2013; Law et al., 2011; Wiebe et al., 2016; Yusuff, 2015; Zou et al., 2021), es difícil deslindar de esta

asociación el efecto de la intensidad de exposición, ya comentado en el apartado correspondiente.

Quizá el factor ambiental más estrechamente ligado a la accidentalidad sea el tipo de vía. En general, las autopistas se consideran las vías más seguras, pues el riesgo de AT con víctimas es un 25% en ellas en comparación con otras vías (Elvik et al., 2009). Por lo demás, se comprueba que la accidentalidad en zona urbana es superior a la observada en áreas rurales, para cualquier tipo de vía. A este respecto, en la Tabla 3 se pueden observar los riesgos relativos recogidos en el trabajo de Elvik et al. (2009).

Tabla 3: Riesgos Relativos de AT en diferentes países y zonas.

Riesgos Relativos de AT en diferentes países								
Tipo de vía	Dinamarca	Finlandia	Alemania	Reino Unido	Noruega	Países Bajos	Suecia	EE. UU
<b>Zona Rural</b>								
Autopista	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Vía principal	3,97	2,91	3,00	2,82	2,28	1,33	1,29	2,72
Vía secundaria	4,67	3,27			3,46	3,67	2,34	4,56
Vía de acceso	5,67	6,11		5,11	5,53	7,17	1,34	8,66
<b>Zona Urbana</b>								
Vía principal	11,00	7,86		7,17	5,22		2,15	5,68
Vía secundaria	9,11	6,82			6,46	18,33	3,96	5,61
Vía de acceso	9,98	7,35		7,06	12,13	9,50	3,09	8,81
Todas	4,61	3,75	5,33	4,42	4,04		2,22	4,64

Fuente: Elaboración propia a partir del original de Elvik et al., 2009.

Otro factor ambiental que puede influir en la accidentalidad son las condiciones meteorológicas y, dentro ellas, la precipitación en cualquiera de sus formas (Theofilatos y Yannis, 2014). Esta variable está relacionada con un mayor número de colisiones (Caliendo et al., 2007; Chang y Chen, 2005; Edwards, 1999). Las tasas de colisión aumentan entre un 50% y un 100% durante la precipitación (Andrey, 2010). Estos aumentos tienden a ser mayores durante las nevadas, durante lluvias que siguen a períodos secos, durante episodios de lluvia helada y después de las primeras nevadas de la temporada, y en todos los casos las tasas de colisión aumentan conforme lo hace la



intensidad de la precipitación (Andrey, 2010; Brijs et al., 2008; Eisenberg, 2004; Eisenberg y Warner, 2005; Keay y Simmonds, 2006). El viento durante tormentas fuertes produce el 50% de los accidentes con vuelcos, incluyendo a los camiones como los principales damnificados (66% respecto a otro tipo de vehículos) (Baker y Reynolds, 1992; Brijs et al., 2008;)

Pocos estudios se centran en el efecto de la baja visibilidad en la seguridad vial, que en varios estudios se ha visto asociada a una mayor accidentalidad, específicamente para colisiones frontales y traseras (Abdel-Aty et al., 2011; Ghamdi, 2007). El aumento de las horas de sol también parece producir un aumento en los AT (Hermans et al., 2006).

Finalmente, es interesante subrayar cómo las condiciones ambientales interactúan con otros factores o marcadores de riesgo. Un ejemplo de ello podemos encontrarlo en el estudio realizado por Bergel-Hayat et al. (2013). En este trabajo se muestran conductas compensatorias en los conductores de las regiones de Atenas, que bajo lluvia suelen ser más cautelosos y reducen la velocidad de conducción.

### **2.3.3. Factores asociados a la morbi-mortalidad:**

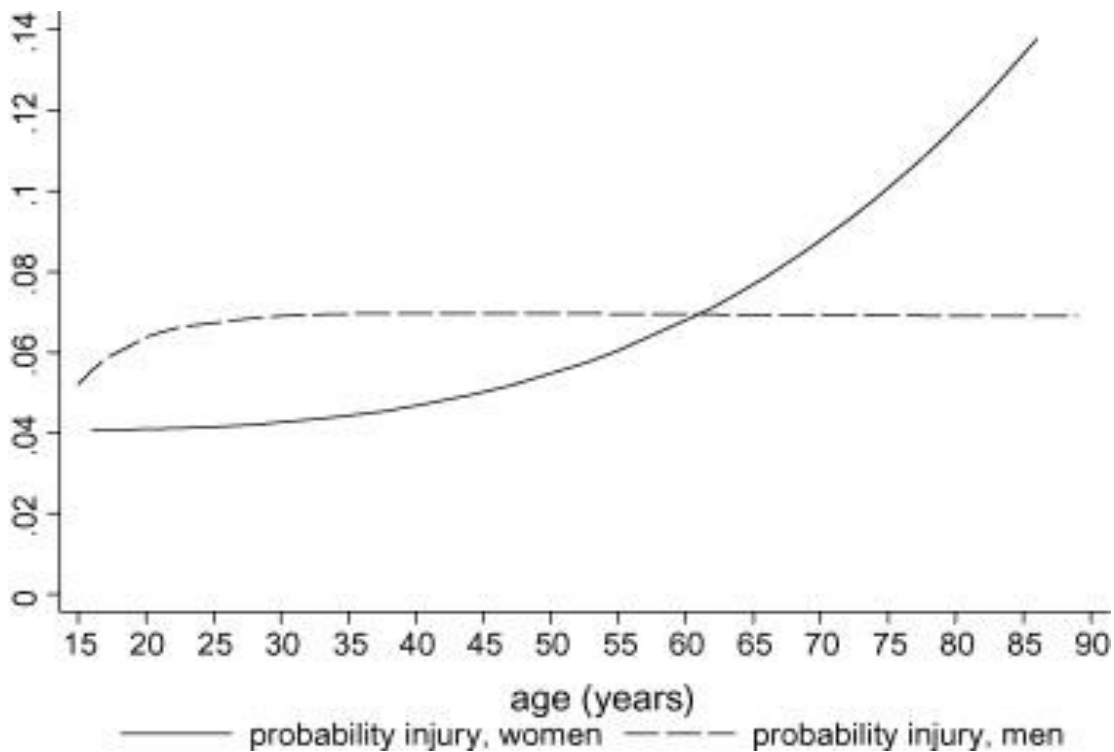
**a) Factores del individuo.** El exceso de velocidad es el factor que más contribuye a la gravedad de las LPT y es responsable de hasta el 75% de las muertes por AT (Aarts y Van Schagen, 2006; Afukaar, 2003; Chi y Wang, 2007). De forma general, cuanto mayor sea la velocidad de un vehículo, mayor será la probabilidad de sufrir lesiones más graves (Afukaar, 2003). Evans (1996) muestra que un impacto a una velocidad máxima de 70 km/h es probable que evite una lesión grave, mientras que ésta es inevitable si se superan los 100 km/h. La relación entre la velocidad de impacto y la probabilidad de resultar herido tiene el mismo comportamiento para peatones y ciclistas que para los conductores de coches, pero las lesiones aparecen a una velocidad más baja. En el caso de los peatones, hay un aumento considerable de la probabilidad de morir cuando la velocidad de impacto es superior a 30 km/h (Pasanen, 1996). Sin embargo, una reducción de 1 km/h en la velocidad produce una reducción de las LPT en torno a un 3% (Afukaar, 2003; Finch et al., 1994; Nilsson, 1981). También se ha calculado que la probabilidad de supervivencia

de un niño atropellado por un vehículo a 50 km/h es de aproximadamente el 50%, pero pasa a ser del 10% si la velocidad sube a 64 km/h (Afukaar, 2003).

En general, se ha reportado que los hombres tienen una mayor letalidad y discapacidad permanente que las mujeres a consecuencia de una LPT (James et al., 2020; Mokdad et al., 2016; OMS, 2021), si bien esta asociación dependería de otras variables, como el consumo de alcohol y otras drogas, la edad, el estado socioeconómico, etc. No obstante, hay estudios que apuntan en la dirección contraria. Por ejemplo, Culles et al., (2021) reportan un riesgo de ingreso hospitalario o muerte un 16% menor en los hombres con respecto a las mujeres. Ello podría deberse a que las mujeres están involucradas en AT más graves y/o a que sean más vulnerables a las lesiones (Carter et al., 2014; Bose et al., 2011; Brumbelow y Jermakin, 2022; Wu et al., 2016). Según Brumbelow y Jermakin (2022) las diferencias por sexo en la lesividad se explicarían por las diferencias biológicas en el tamaño, que afectarían a la cercanía al volante o a la posición con respecto a los dispositivos de seguridad. También podría influir el tipo de vehículo conducido por las mujeres, más pequeño y menos seguro.

En cuanto a la edad, las personas de mayor edad tienen la mayor mortalidad por distancia recorrida y la mayor tasa de mortalidad por AT (Evans, 1988; Evans, 2000; Li et al., 2003; Lyman et al., 2002; Stutts y Martell, 1992). Por lo demás, conforme aumenta la edad también es mayor la gravedad de la lesión (Newgard, 2008), aunque, como puede observarse en la Figura 12, esta asociación es mucho más marcada en la mujer (Newgard, 2008).

Figura 12. Probabilidad de lesión por edad y sexo.



Fuente: Newgard, 2008.

El uso de equipos de protección personal tiene una influencia notable sobre la probabilidad de sufrir LPT. Un conductor de ciclomotor o motocicleta reduce la probabilidad de resultar herido en un 25% aproximadamente si lleva casco y una reducción de las lesiones cerebrales traumáticas en un 67% (Crompton, et al., 2012; Liu, et al., 2008; Vaca et al., 2006). Si además lleva ropa de cuero protectora, la probabilidad de resultar herido se reduce entre un 30% y un 50% (de Rome et al., 2012). En cuanto al uso del cinturón de seguridad, se ha estimado que su empleo se asocia a una reducción de mortalidad en torno al 50% para los conductores y copilotos y de un 25% para los pasajeros de los asientos traseros (Glassbrenner, 2002; OMS, 2009).

**b) Factores del vehículo.** El tipo de vehículo implicado en el AT es el principal determinante de la morbi-mortalidad de sus ocupantes. Por ejemplo, mientras que la proporción de heridos es del 90% en usuarios de ciclomotores y motocicletas, ésta baja al 45% para los ocupantes de automóviles y es solo de entre un 10% y un 20% para los

conductores de camiones o autobuses (Elvik et al., 2009). El tipo de vehículo también influye fuertemente en el número y la gravedad de las lesiones de las personas implicadas en el accidente distintas a la persona que lo provocó (las llamadas víctimas colaterales). Los tractores y la maquinaria pesada son el tipo de vehículo que provoca el mayor número de muertes y heridos graves por cada 100 vehículos responsables del AT (3,2 y 12,1 respectivamente) (Martínez-Ruiz et al, 2019). En cuanto al tipo de combustible, los vehículos diésel obtienen peores puntuaciones en el Programa de Evaluación de Vehículos Nuevos (NCAP) debido probablemente al mayor peso de sus motores (Pastor, 2013). Tanto es así que los vehículos diésel se utilizan como “la peor alternativa” en los ensayos de colisiones. En cuanto a la masa del vehículo, el riesgo de lesión del ocupante se reduce en casi un 50% si ésta pasa de 850 kg a más de 1.500 kg. Al mismo tiempo, un vehículo de más de 1.500 kg supone un aumento del riesgo del 75% de producir lesiones a otros que un vehículo de menos de 850 kg (Elvik et al., 2009).

Los vehículos más recientes se asocian a una menor mortalidad de sus ocupantes en caso de AT (Centers for Disease Control and Prevention [CDC], 1999; Farmer y Lund, 2006; Waller, 2002). En un trabajo realizado por Ryb et al. (2009), se observó una reducción de los accidentes mortales en torno al 43% para vehículos del 1998 al 2004 y del 78% para los modelos más nuevos, en comparación con los vehículos de 1994 a 1997. Además, también se redujo el riesgo de lesiones graves (torácicas y espinales).

Los airbags han demostrado su utilidad, produciendo una reducción entre un 12 y un 15% de la mortalidad por AT (National Highway Traffic Safety Administration [NHTSA], 2001). Los reposacabezas reducen el riesgo de un latigazo cervical entre un 25% (Viano y Gargan, 1996) y un 35% (Ionut et al., 2017) y el sistema de sujeción especial para niños en turismos reduce entre un 60% y un 38% el riesgo de lesiones (Viano y Gargan, 1996).

*c) Factores del ambiente.* El aumento del PIB y de la renta per cápita se traduce en una mayor mortalidad por AT en países con bajos ingresos, al contrario de lo que ocurre en los países con ingresos altos (Bishai et al., 2006; Zou et al., 2021). Los AT en entornos rurales tienen una probabilidad dos veces mayor de resultar en un accidente mortal o de producir daños graves al vehículo que en los entornos urbanos (Brown et al., 2000; Clark, 2001; Zwerling et al., 2005). Las carreteras secundarias de ámbitos rurales tienen tasas

de mortalidad y lesividad grave entre un 50% y un 80% mayores que las vías de alta capacidad urbanas (Cafiso y Di Silvertro, 2011; Polus y Cohen, 2012). Siguiendo con el tipo de vía, con respecto a las vías de doble sentido, las carreteras de sentido único tienen un 15% más probabilidades de resultar herido leve, un 16% más de herido grave y un 63% menos de muerte (Prato et al., 2013).

Las condiciones climatológicas también influyen en la gravedad de las lesiones. Se ha observado que un aumento de un milímetro en la precipitación tiende a reducir un 0,6% las colisiones leves, un 1% las severas y un 1,6% las medianas (Zeng et al., 2020). Sin embargo, para días lluviosos en general el riesgo de una colisión mortal se incrementa en un 3,4% en comparación con un día soleado, mientras que para las nevadas y la niebla estos incrementos son del 3,3% y del 15,7% respectivamente (Wen y Xue, 2020).

Por último, la importancia de los factores relacionados con la calidad de la atención sanitaria dispensada a las víctimas de un AT está fuera de toda duda. A este respecto, uno de los elementos clave es el tiempo de espera del servicio médico de emergencia, directamente relacionado con la gravedad de las lesiones (Trowbridge et al., 2009). Por cada 10% de aumento en la densidad de población existe una disminución del 10.4% en el tiempo de respuesta de los servicios de emergencia (Lambert y Meyer, 2006, 2008).

### **3. La CSPV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico.**

#### **3.1. Conceptos y marco normativo.**

*3.1.1. El permiso de conducir. Legislación básica y tipos de permiso.* El permiso de conducción es el documento que acredita que el poseedor del mismo tiene las competencias necesarias para conducir un vehículo por las vías abiertas al tráfico en unas condiciones tales que no suponga un riesgo para la seguridad vial. El marco jurídico de cada país es el encargado de regular:

- Las competencias requeridas.
- El modo de adquirirlas.
- El medio por el que se acredita su adquisición.

A nivel de la Unión Europea, la Directiva 2006/126/EC y la Decisión (UE) 2016/1945 de la Comisión Europea proponen la unificación de criterios para la obtención del permiso de conducción en todos los países miembros y en las equivalencias entre las categorías de permisos de conducción. En España, el marco jurídico es el Real Decreto 818/2009, de 8 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento General de Conductores (Art. 55) y el Real Decreto Legislativo 6/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial. El Real Decreto Legislativo 6/2015, de 30 de octubre, establece que la conducción de vehículos a motor y ciclomotores exigirá haber obtenido el permiso de conducción para poder verificar que el conductor tenga los requisitos de capacidad, conocimientos y habilidad necesarios para la conducción del vehículo. El Reglamento General de Conductores establece cómo puede obtenerse la autorización administrativa para conducir. Existen diferentes tipos de permiso dependiendo del vehículo. Se resumen a continuación:

- AM: ciclomotores de dos o tres ruedas y cuatriciclos ligeros. La edad mínima para obtenerlo será de quince años.

- A1: motocicletas con una cilindrada máxima de 125 cm<sup>3</sup> y potencia máxima de 11 kW (algo menos de 15 cv). La edad mínima para obtenerlo será de dieciséis años. El permiso A1 permite también conducir los vehículos del permiso AM.
- A2: motocicletas con una potencia máxima de 35 kW (algo menos de 47 cv). La edad mínima para obtenerlo será de dieciocho años. Este permiso permite conducir cualquier vehículo incluido en A2, A1 y AM.
- A: motocicletas y triciclos de motor. La edad mínima para obtenerlo será de veinte años, veintiuno para el caso de triciclos. Este último permite conducir cualquier vehículo incluido en A, A2, A1 y AM.
- B: autoriza, a partir de los 18 años, conducir los siguientes vehículos:
  - Automóviles cuya masa máxima autorizada no exceda de 3.500 kg que estén diseñados y contruidos para el transporte de no más de 8 pasajeros además del conductor.
  - Conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase B y un remolque cuya masa máxima autorizada exceda de 750 kg, siempre que la masa máxima autorizada del conjunto no exceda de 4.250 kg, sin perjuicio de las disposiciones que las normas de aprobación de tipo establezcan para estos vehículos.
  - Triciclos y cuatriciclos de motor.
- B + E: conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase B y un remolque o semirremolque cuya masa máxima autorizada no exceda de 3.500 kg. La edad mínima para obtenerlo es de dieciocho años.
- C1: automóviles distintos de los que autoriza a conducir el permiso de las clases D1 o D, cuya masa máxima autorizada exceda de 3.500 kg y no sobrepase los 7.500 kg. La edad mínima para obtenerlo será de dieciocho años cumplidos.

- C1 + E: autoriza, a partir de los 18 años, conducir los siguientes vehículos:
  - Conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase C1 y un remolque o semirremolque cuya masa máxima autorizada exceda de 750 kg, siempre que la masa máxima autorizada del conjunto así formado no exceda de 12.000 kg.
  - Conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase B y un remolque o semirremolque cuya masa máxima autorizada exceda de 3.500 kg, siempre que la masa máxima autorizada del conjunto no exceda de 12.000 kg, sin perjuicio de las disposiciones que las normas de aprobación del tipo de permiso establezcan para estos vehículos.
  
- C: automóviles distintos de los que autoriza a conducir el permiso de las clases D1 o D, cuya masa máxima autorizada exceda de 3.500 kg. La edad mínima para obtenerlo será de veintiún años.
  
- C + E: conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase C y un remolque o semirremolque cuya masa máxima autorizada exceda de 750 kg. La edad mínima para obtenerlo será de veintiún años.
  
- D1: automóviles diseñados y contruidos para el transporte de no más de 16 pasajeros además del conductor y cuya longitud máxima no exceda de 8 metros. La edad mínima para obtenerlo será de veintiún años.
  
- D1 + E: conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase D1 y un remolque cuya masa máxima autorizada exceda de 750 kg. La edad mínima para obtenerlo será de veintiún años.



- D: autoriza para conducir automóviles diseñados y contruidos para el transporte de más de ocho pasajeros además del conductor. La edad mínima para obtenerlo será de veinticuatro años.
- D + E: autoriza para conducir conjuntos de vehículos acoplados compuestos por un vehículo tractor de los que autoriza a conducir el permiso de la clase D y un remolque cuya masa máxima autorizada exceda de 750 kg. La edad mínima para obtenerlo será de veinticuatro años.

También existen otros tipos de permiso de conducción aparte de los descritos:

- LCM, para conducir vehículos para personas con movilidad reducida, con una edad mínima para obtenerlo de 14 años.
- LVA, necesario para conducir vehículos agrícolas autopropulsados cuya masa o dimensiones máximas autorizadas no excedan de los límites establecidos para los vehículos ordinarios o cuya velocidad máxima por construcción no exceda de 45 km/h. La edad mínima para obtenerlo es de dieciséis años.

**3.1.2. Conducción sin un Permiso Válido: Definición y conceptos básicos.** La CSPV engloba un conjunto de situaciones, cuya definición varía en la legislación y en los estudios realizados en cada país. A continuación, resumimos las diferentes definiciones de las posibles infracciones relacionadas con el permiso de conducir empleadas en los estudios previos publicados:

**a) Conducción sin permiso (*unlicensed driving*).** En general, es un término empleado para englobar diferentes motivos concretos por los que una persona puede conducir sin un permiso válido. La lista de motivos, la nomenclatura empleada para etiquetarlos y el significado de cada uno de ellos varían según la legislación de cada país, así como en función de las recategorizaciones empleadas por los autores de cada estudio. A continuación, presentamos una lista de la nomenclatura empleada para etiquetar las infracciones que, en los distintos estudios, se han englobado dentro del epígrafe genérico de *unlicensed driving*. Para cada etiqueta se especifica, cuando así consta en el artículo original, el término empleado en inglés y el estudio en el que se ha incluido dicha infracción dentro del concepto de *unlicensed driving*. Para cada artículo se indican,

finalmente, las infracciones incluidas dentro de cada categoría, cuando así se mencionan expresamente:

- Permiso caducado (*expired license*) (1)
- Conductores que conducen después de haber sido inhabilitados (*disqualified drivers o driving license disabled*) (1, 2)
- Conductores suspendidos (*suspended drivers*) (1, 6)
- Conductor revocado (*revoked driver*) (3, 4, 6)
- Permiso cancelado (*cancelled driver*) (4)
- Permiso inapropiado para el vehículo que conducen (*inappropriate license*) (1, 4, 6)
- Conducir al margen de las restricciones de un permiso especial (*special licence*) (1, 4)
- Nunca han tenido un permiso de conducción (*never licensed driver*) (1, 2, 3, 4, 5, 6)
- No presentar el permiso cuando se le requiere (1)
- Titulares de un permiso provisional distinto a la conducción que realizan en el momento de la infracción (2)
- Conductores a los que se les ha retirado el permiso, pero solicitan un permiso provisional e incumplen la normativa de éste (2)
- Conductor no autorizado (*unauthorised driver*) (3, 4)

- Conductores con un permiso perteneciente a otra organización territorial sin jurisdicción compartida (4).
- Conducir sin permiso después de que haya finalizado un período de descalificación (sin dar los pasos legales para conseguir dicho permiso) (4)
- Permiso inválido (*invalidly licensed*) (5)

1: Watson (2003) y Watson et al. (2011 a,b) (Australia)

2: Knox et al. (2003) (Reino Unido): Especifican las razones de inhabilitación:

- Conducir bajo los efectos del alcohol.
- La acumulación de puntos de penalización.
- Alguna otra infracción grave.

3: Blows et al. (2005 a,b), (Nueva Zelanda)

4: Baldock et al. (2012) (Australia): Especifican las razones de *unauthorised driver*, *revoked driver* o *cancelled driver*:

- Por orden judicial debido a un delito de conducción grave.
- De forma preventiva mientras se clarifica una infracción.
- Pérdida de los puntos del permiso por acumulación de infracciones.
- Debido a motivos médicos o físicos.
- Suspendido o prohibido por las autoridades policiales.
- Debido a infracciones no pagadas no relacionadas con delitos de tráfico.
- Por orden judicial debido a un delito no relacionado con el tráfico.

5: Fu et al. (2012) (EE.UU.): agrupan, como *invalidly licensed*, a *expired*, *revoked* o *suspended license*).

6: Sagberg (2018) (Noruega)

**b) Otras definiciones empleadas en los estudios revisados.**

- Hanna et al. (2006) (EE.UU.): Definen a los *unlicensed drivers* como aquellos conductores que no tenían el permiso de conducción por ser menor a 19 años, edad a la que es legal obtener el permiso.
- Harrison (1997) (Victoria, Australia): Definen como conductores con *license suspensión* (permiso suspendido) a todos aquellos que habían perdido todos los puntos de su permiso por puntos o habían cometido un delito por conducir bajo los efectos del alcohol o un delito grave de velocidad.
- En los trabajos de Demmel et al. (2019) y de Boulagouas (2020), en Australia y en España respectivamente, se define a *unlicensed driving* como la conducción ilegal de vehículos de motor que pone en riesgo a estos conductores y a otros legítimos.

Tal y como se puede observar, existe una gran heterogeneidad subyacente a los conceptos de *unlicensed driving*, así como a las definiciones de cada una de las infracciones específicas incluidas bajo este epígrafe, de tal forma que no hay dos autores que hayan empleado la misma definición. De forma general, no obstante, puede observarse que el concepto de *unlicensed driving* agrupa tres grupos de personas:

- Personas que conducen sin haber obtenido nunca el permiso de conducir: *never licensed driver*.
- Personas que conducen con un permiso que ha sido suspendido porque el conductor había cometido con anterioridad alguna infracción grave (de tráfico o no), o porque ya no tiene la capacidad necesaria para conducir: *suspended, revoked, cancelled, disabled, disqualified, unauthorised drivers*.
- Personas que conducen con un permiso que no es el legalmente autorizado para conducir el vehículo que conducen o en las circunstancias bajo las que conducen: *expired, inappropriate, special license*.

*c) La CSPV en España.* En nuestro país, la legislación contempla diferentes infracciones relativas a la CSPV. Según el Real Decreto Legislativo 6/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, en su Título V, Capítulo I, el Artículo 76, dedicado a las infracciones graves, encontramos, en el apartado ll, la primera normativa sancionadora relacionada con la CSPV, que incluye como infracción grave “Conducir un vehículo siendo titular de una autorización que carece de validez por no haber cumplido los requisitos administrativos exigidos reglamentariamente en España”. Además, en el Artículo 77, dedicado a las infracciones muy graves, el apartado k hace referencia a “Conducir un vehículo careciendo del permiso o licencia de conducción correspondiente”. En el Capítulo II se recoge el tipo de sanciones para cada una de las infracciones: 200 euros para las recogidas en el Artículo 76 y 500 euros para las del Artículo 77. En el Anexo II se indica la pérdida de puntos aparejada a las mencionadas infracciones: según el punto 8, la conducción de un “vehículo con un permiso o licencia de conducción que no habilite para ello” corresponde a la pérdida de 4 puntos. El punto 19 indica que “conducir un vehículo teniendo suspendida la autorización para conducir o teniendo prohibido el uso del vehículo que se conduce”, corresponde a la pérdida de 4 puntos.

### **3.2. Frecuencia de CSPV.**

Centrando la atención en la cadena causal de las LPT y su relación con la CSPV, debemos abordar en primer lugar cómo de frecuente es este evento. Los diversos estudios realizados hasta la fecha abordan esta cuestión desde dos perspectivas: la frecuencia con la que conducen las personas que no tienen un permiso de conducir válido y la prevalencia de CSPV en la población de conductores circulantes. Aunque resulta interesante el estudio de la primera perspectiva, la descripción de los trabajos que lo abordan y los resultados arrojados por los mismos se alejan de los objetivos de esta Tesis Doctoral. Se recomienda la lectura del trabajo de Joyce et al. (2020) para una mayor comprensión de las variables que se relacionan con este comportamiento. A continuación, nos centraremos en la descripción de la segunda perspectiva.

La estimación de la frecuencia de CSPV sobre el total de conductores circulantes presenta grandes dificultades metodológicas (Sagberg, 2018; Watson et al., 2011ab) por dos razones:

- En teoría, requeriría disponer de una muestra aleatoria de conductores circulantes sobre la que realizar la estimación.
- Al tratarse de un comportamiento ilegal, los conductores infractores intentan ocultarlo.

La mayoría de los estudios previos arrojan estimaciones obtenidas de bases de datos policiales de conductores implicados en accidentes, especialmente los más graves o fatales (Griffin y DelaZerda, 2000; Harrison, 1997; Federal Office of Road Safety [FORS], 1997; Sagberg, 2018; Watson et al., 2011ab), pero no en muestras representativas de los conductores circulantes. Parece evidente que los conductores implicados en AT no son una muestra representativa de estos últimos. Sin embargo, y partiendo del razonamiento propio de la exposición cuasi-inducida (que se describirá en el apartado de métodos), parece razonable asumir que, dentro de los conductores involucrados en AT, el subgrupo constituido por aquellos conductores pasivamente implicados en el mismo (es decir, conductores inocentes), sí podría constituir una muestra representativa de los conductores circulantes. Algunos estudios (Brar, 2014; DeYoung et al., 1997) han utilizado esta aproximación para estimar la prevalencia de CSPV.

Otros estudios (Watson et al., 2011b) emplean datos procedentes de controles policiales a pie de carretera, sujetos a un claro sesgo de selección pues, obviamente, dichos controles no pretenden estudiar muestras representativas de conductores, sino subgrupos en donde el riesgo de accidentarse es, a priori, mayor. Finalmente, algunos estudios han obtenido la información a partir de encuestas a muestras de conductores (Blows et al., 2005b; Knox et al., 2003). El hecho de que la conducta a investigar sea ilegal hace que la prevalencia estimada por este método se vea afectada por un fuerte sesgo de información tendente a subestimarla.

Partiendo de estas premisas, la Tabla 4 resume las estimaciones aportadas en los estudios ya mencionados. A partir de lo mostrado en la mencionada tabla, y asumiendo los sesgos ya descritos, las prevalencias estimadas en estudios previos para los distintos tipos de CSPV pueden considerarse bajas, aunque oscilan fuertemente (entre el 0,1% y el 12%), dependiendo del lugar, el año, el tipo de vehículo y de CSPV considerados, así como de la metodología utilizada. Por desgracia, en España no se ha realizado ningún estudio destinado a estimar la prevalencia de CSPV, por lo que desconocemos la magnitud del problema sobre el que cabría plantearse actuar.

Tabla 4. Prevalencias de CSPV estimadas en estudios previos.

Referencia	Año de estudio	Población estudiada	Fuente de información	CSPV medida	Estimación	Fuentes de sesgo
Smith, 1976	1976	392 motoristas	Encuesta policial	Conducción sin permiso	12%	Muestra no representativa
Carseldine et al., 1992	1991	4352 conductores	Recogida policial junto a prueba de alcoholemia	Conducción sin permiso válido	2,4%	Muestra no representativa
DeYoung et al., 1997	1987-1992	1043 conductores	Base de datos de accidentes de California	Suspendido, revocado o nunca obtenido	Suspendido o revocado 8,8%. Nunca obtenido 4,4%	Inherentes al método de exposición cuasi-inducida
Brar, 2014	1987-2019	86514 conductores	Base de datos de accidentes de California	Suspendido, revocado o nunca obtenido	Suspendido o revocado 5,8%. Nunca obtenido 4,1%	Inherentes al método de exposición cuasi-inducida
Malenfant et al., 2002	1996	5426 conductores	Recogida policial de conductores en Moncton y Dieppe	Suspendido	1,53%	Muestra no representativa
Knox et al., 2003	1999-2000	29678 conductores de los que respondieron 3425	Cuestionario	Proporción de horas conducidas sin permiso válido	Entre el 0,19% y el 0,64%	Sesgo de respuesta
Watson et al., 2011b	2010	2914 conductores	Controles aleatorios de la policía	Conducción sin permiso	1%	Muestra no representativa
Blows et al., 2005b	1998-1999	588 controles de vehículos seleccionados aleatoriamente	Encuesta telefónica	Conducción sin permiso	1% en los controles	Sesgo de respuesta

Fuente: Elaboración propia.



### **3.3. Conducción sin permiso válido y accidentalidad y morbi-mortalidad por tráfico.**

Desde la última década del pasado siglo, varias investigaciones se han orientado a valorar la hipótesis de que la CSPV se asocia a una mayor accidentalidad o a una mayor morbi-mortalidad por tráfico. Como veremos a continuación, la mayoría de estos estudios no se han diseñado desde la perspectiva de la cadena causal: al tomar como desenlace de interés la lesión o la muerte, sus resultados no les permiten deslindar qué parte de las asociaciones observadas depende de la accidentalidad y qué parte depende de la gravedad del AT una vez que éste ha tenido lugar. A continuación, resumimos los principales estudios previos revisados, agrupándolos en función de la metodología empleada en cada uno.

Una aproximación utilizada en muchos estudios se basa simplemente en estimar la frecuencia con la que los conductores sin un permiso válido se implican en AT. Al no disponer de grupo control (población de conductores no accidentados), estos estudios no permiten identificar y, en su caso, cuantificar la magnitud de la asociación. Por ejemplo, en Australia, un estudio realizado en 1997 por la entonces llamada Oficina Federal de Seguridad Vial (FORS) en 1997 reveló que el 5% de los conductores de turismos y el 19% de los motoristas implicados en AT mortales durante 1992 y 1994 no tenían permiso en ese momento. En general, las colisiones en las que se vieron implicados conductores sin permiso generaron casi el 10% del número de víctimas en las carreteras nacionales en esos dos años. Casi la mitad de las personas fallecidas en estas colisiones eran usuarios de la carretera distintos del grupo de interés (FORS, 1997). Años más tarde, Griffin y DeLaZerda (2000), analizando los datos policiales de EE.UU. para el período 1993 - 1997, reportaron que el 11,1% de los conductores implicados en AT mortales no tenían permiso de conducir y otro 2,7% tenía un estado de permiso desconocido. Además, en el 16,3% de los AT mortales había al menos un conductor sin permiso. Estos AT provocaron más de 34.000 muertes durante el periodo estudiado. En otro estudio, realizado por Sagberg (2018) en Noruega durante 10 años (2005-2014), se observó que la prevalencia de CSPV entre los conductores culpables de AT mortales era del 10%.

No obstante, comparando la frecuencia de conductores sin permiso de conducir válido en función de la gravedad del AT, algunos de los estudios basados en el diseño anterior sí sirven de base para establecer una asociación entre CSPV y gravedad del AT. Por ejemplo, en 1994, Harrison (1997) observó en Victoria (Australia) que los conductores sin permiso de conducir estaban sobrerrepresentados en los AT más graves: 2,4% en AT mortales, 1,4% en colisiones

con heridos graves y 0,07% en otras colisiones con heridos. En una muestra de conductores jóvenes implicados en colisiones de carretera en Suecia entre 1998 y 2004, Hanna et al. (2010) observaron que la proporción de lesiones graves del conductor y de otras personas implicadas en la colisión era mayor entre los conductores sin permiso que entre los conductores con permiso. En otro estudio, realizado entre 2003 y 2008, Watson et al. (2012) informaron en Queensland (Australia) de una mayor implicación relativa de los conductores sin permiso en los AT mortales (8,9%) y en las colisiones con lesiones graves (5,1%), en comparación con el 3,1% en los AT con lesiones leves y el 3,8% en las colisiones con solo daños materiales. También comunicaron que el riesgo de verse implicado en un AT más grave (en relación con una colisión menor) era significativamente mayor para todas las categorías de conductores sin permiso (suspendidos, sin permiso, caducado o que conducen con uno inapropiado), en comparación con los conductores con permiso.

Para soslayar el problema de la falta de grupo control, diversos autores han empleado la metodología de la exposición cuasi-inducida. Dentro de esta línea, el trabajo más antiguo es el de DeYoung et al. (1997) quienes estudiaron la asociación entre algunas infracciones relativas a la CSPV y la accidentalidad por tráfico en California. Sus resultados mostraron que los conductores suspendidos o revocados estaban implicados 3,7 veces más frecuentemente en AT mortales que los conductores con un permiso válido, mientras que para los conductores que no poseían permiso de conducción esta asociación era de 4,9. Algo más tarde, también en California, Brar (2014) recogió, desde 1987 hasta 2009, los datos de fuentes policiales donde el agente determinaba la infracción y culpabilidad del conductor en los AT fatales. Sus valores de Odds Ratio fueron de 2,6 para los conductores suspendidos o revocados y 2,7 para los conductores sin permiso. Por último, Watson et al. (2012) aplicaron el enfoque cuasi-inducido a la base de datos de AT en Queensland e informaron de una OR de 3,0 para la asociación entre el CSPV y el riesgo de estar involucrado en accidentes de varios vehículos. Después de considerar la infracción específica relacionada con el permiso, los autores encontraron la mayor asociación para los conductores sin permiso, con una Odds Ratio de 9,47. El valor de la Odds Ratio para la conducción con un permiso caducado fue de 2,15, y de 2,54 para la conducción con un permiso inadecuado.

Otra aproximación empleada ha sido realizar encuestas a muestras seleccionadas de conductores de vehículos. Blows et al. (2005b) utilizaron un diseño de casos y controles, tomando como casos a conductores de vehículos implicados en un AT con resultado de

hospitalización o muerte de alguno de sus ocupantes, y como controles a conductores de vehículos seleccionados aleatoriamente entre la población de conductores del área de referencia de los casos (Auckland, Nueva Zelanda). Ambos grupos fueron encuestados telefónicamente en relación con la posesión de un permiso válido. Los autores informaron de una Odds Ratio de 12,1 entre ser un conductor sin permiso y la odds de ser un caso. Esta estimación se redujo a un valor de 3,9 (una disminución del 68%) tras ajustar por otras variables relacionadas con el conductor, el vehículo y el entorno. También mediante encuestas (postales y telefónicas), Knox et al. (2003) estimaron en el Reino Unido un Riesgo Relativo que oscilaba entre 2,7 y 8,9 para la asociación entre conducir sin un permiso válido y la implicación en un AT. También observaron que los conductores sin permiso quedaban sobrerrepresentados como culpables en aquellos AT en los que las lesiones eran más graves: un 2,2% para los AT con muertos o heridos graves frente a un 1,7% para el resto.

Por último, existen trabajos que intentan valorar la relación de la CSPV con otros factores de riesgo de la accidentalidad y la morbi-mortalidad por tráfico. Su hipótesis de partida es que el conductor que circula sin permiso válido presenta una mayor probabilidad de implicarse en conductas y estilos de conducción que, a su vez, incrementan el riesgo de verse implicados en un AT y, además, de que éste sea más grave. En un estudio llevado a cabo en Suecia durante los años 2003 y 2004 en jóvenes involucrados por primera vez en un AT (Hasselberg y Laflamme, 2009), se observó que no poseer el permiso se asociaba a los subgrupos de colisiones ligadas a factores que incrementaban su gravedad: ámbito rural, durante el amanecer o el anochecer, con limitación de velocidad superior a 70 km/h. Otro estudio, realizado por Boulagouas et al. (2020) a partir del Registro Nacional de Víctimas de AT de la DGT, observó una mayor probabilidad de realizar comportamientos inseguros (infracciones en ceder el paso, en sobrepasar los límites de velocidad, y en distracciones, entre otras) en los conductores sin permiso. También detectó una asociación entre CSPV e implicarse en AT más graves y en atropellos.

## **4. La CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico.**

### **4.1. Inspección Técnica de los Vehículos (ITV). Concepto y marco normativo.**

**4.1.1. Concepto de ITV e ITV en el mundo.** La ITV es un requisito legal, implementado en numerosos países, cuyo objetivo es la detección de defectos de los vehículos (Cairns et al., 2014; Jarosiński, 2014; Petit, 2014; Rechnitzer et al., 2000). Es el requisito que hace apto a un vehículo para circular por las vías del país, regulado en función de criterios como la antigüedad, el tipo (turismo, autobús, motocicleta, camión, etc.), el uso (privado o público, de servicio o de alquiler, etc.) y otras condiciones especiales, como haber sufrido un AT o la realización de modificaciones en su estructura original. Tal y como argumentamos al inicio de esta memoria, la ITV es el mecanismo normativo que tienen los Estados para intentar controlar los defectos del vehículo y, con ello, reducir la accidentalidad por tráfico.

Tal y como mencionan Posada et al. (2015), la normativa de cada país en relación con la ITV varía mucho en función de sus condiciones particulares, especialmente de las características de su parque automovilístico (la antigüedad), su disponibilidad de recursos, así como de las diferencias intranacionales. En general, en el desarrollo de la normativa e implementación de un sistema de ITV es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Los niveles de aprobación o rechazo por parte de la población. En palabras del senador de EE.UU. Jim Dunnigan: “mis electores conducirían su vehículo hasta que fallaran los frenos, se les caiga el silenciador y las llantas, y una inspección es la única forma de asegurarse de que cuiden posibles problemas de seguridad” (Hoagland y Woolley, 2018).
- Definir la periodicidad de la inspección para cada grupo de vehículos. Por ejemplo, Taiwán posee el mayor parque de motocicletas del mundo, con 14,6 millones para una población de 23 millones de personas (Lo, 2021). Por ello han prestado un gran interés en la regulación de este tipo de vehículos con las ITV más modernas, adaptadas a las necesidades de inspección de las motocicletas y gratuitas para su población. A partir de 2008, existe en este país una normativa que aplica un impuesto adicional para aquellos

conductores que utilicen motocicletas de 10 o más años de antigüedad (Environmental Protection Administration, 2011).

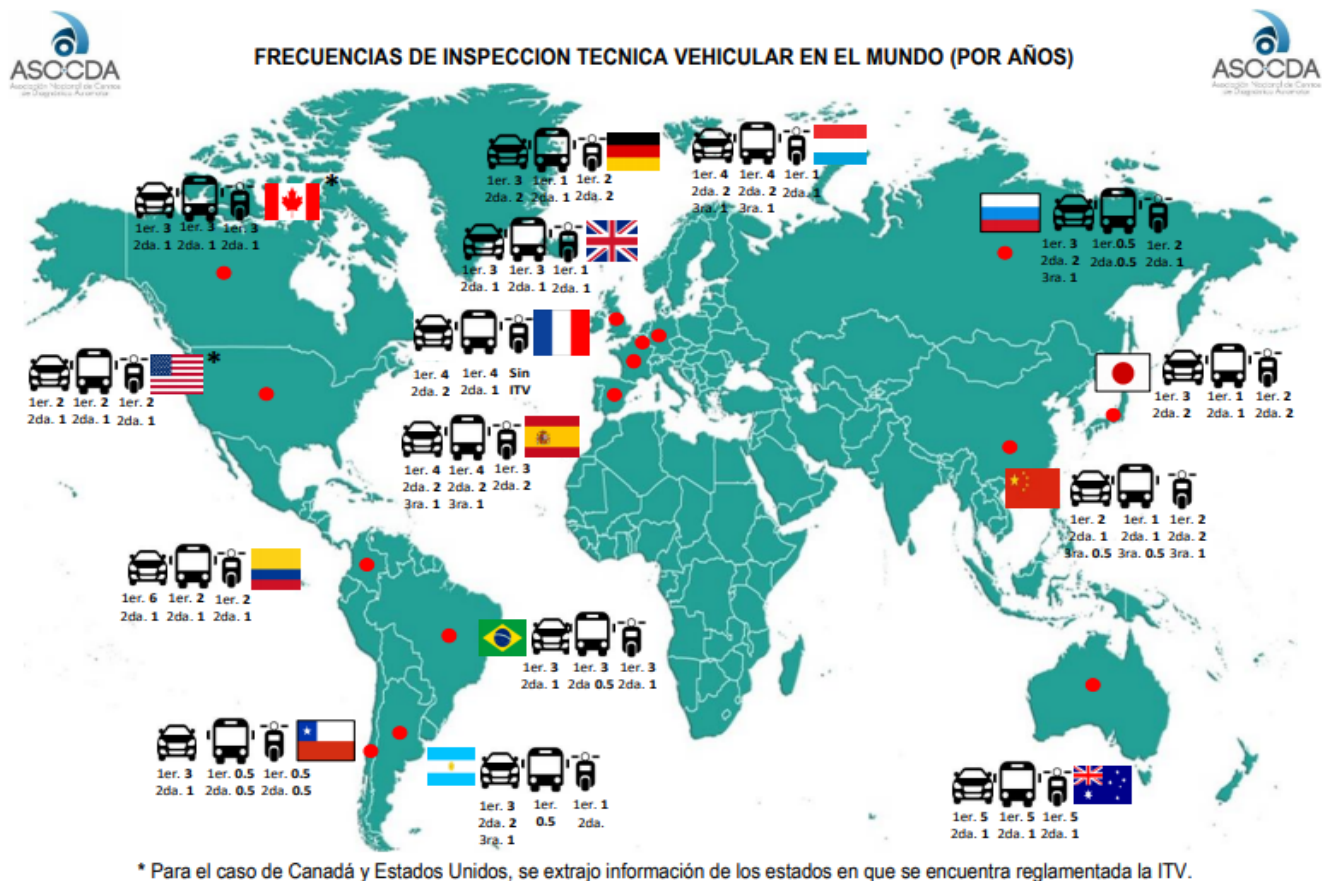
- Relación coste-beneficio del programa. Puesto que la evolución de la tecnología en seguridad vial ha hecho que los vehículos más recientes presenten un riesgo de originar AT fatales mucho menor que el de los más antiguos (NHTSA, 2013), es necesario considerar si es preferible asignar más recursos para valorar la seguridad de estos últimos mediante inspecciones periódicas o bien favorecer su recambio por vehículos más modernos (Hoagland y Woolley, 2018). Además, la implementación de una ITV obligatoria debe encontrar un equilibrio entre los métodos más precisos y robustos, que se utilizan para certificar los vehículos, frente a otros procedimientos no tan costosos, pero más rápidos y con un margen de precisión suficiente para determinar un mínimo de calidad (Posada et al., 2015).

Resulta interesante conocer las singularidades de las ITV en los diferentes países del mundo. A este respecto, el Estudio Comparativo de la Periodicidad de la Inspección Técnica Vehicular en el Mundo (Asociación Nacional de Centros de Diagnóstico Automotor [ASO-CDA], 2019) (Figura 13) arroja una valiosa información descriptiva, cuyas características comunes se resumen a continuación:

- Todos los turismos deben someterse a una primera inspección a partir de un cierto período de antigüedad, variable dependiendo de la normativa de cada país (desde el primer año en el estado de Nueva Escocia (Canadá) hasta el sexto en Colombia y algunos estados de EE.UU.). También deben pasar una ITV obligatoria tras haber sufrido un AT o una modificación.
- Tras la primera inspección, la periodicidad de las siguientes revisiones depende del tipo de vehículo, su antigüedad y su uso. La mayoría de los países asumen una revisión anual a partir de una cierta antigüedad, que puede ser menor (bianual), para vehículos del sector servicio o públicos (Argentina, Rusia o China) o mayor (bienal) si son de uso privado (Alemania, Japón o Luxemburgo).

- Existen dos tipos de programas de ITV: centralizados (las verificaciones se realizan en centros autorizados, de gestión normalmente pública) o descentralizados (en talleres o concesionarios privados).

Figura 13. Mapa comparativo de la periodicidad de las ITV en las diferentes regiones del mundo.



Fuente: ASOCDA, 2019.

**4.1.2. La ITV en Europa.** En nuestro entorno existen normas comunes por medio de la Directiva 2014/45/UE del Parlamento Europeo y del Consejo. El Parlamento Europeo, consciente de la diferente normativa de tráfico de sus países miembros y sus respectivos parques automovilísticos, ha intentado aunar algunos puntos claves para exigir una ITV a los vehículos en las siguientes circunstancias:

- Tras un accidente que haya afectado a los principales componentes relacionados con la seguridad del vehículo, como las ruedas, la suspensión, las zonas de deformación, los sistemas de airbag, la dirección o los frenos.

- Cuando los componentes y sistemas de seguridad y de protección del medio ambiente del vehículo hayan sido alterados o modificados.
- En caso de cambio de titular del certificado de matrícula del vehículo.
- Si el vehículo ha alcanzado un kilometraje de 160.000 km.
- En los casos en los que la seguridad vial se vea seriamente afectada.

A pesar de los continuos esfuerzos por crear un marco legislativo común para las ITV, no se ha logrado un mayor consenso, haciendo que todavía existan diferencias entre países miembros. Por ejemplo, en Alemania y Reino Unido, los turismos deben tener su primera revisión a los tres años a partir de su primera matriculación, mientras que para el resto es a los 4 años, con grandes diferencias en cuanto a la periodicidad de revisiones posteriores. En Francia no existe ITV para motocicletas de dos ruedas, sin embargo, para el resto de los países es obligatoria. En España, a diferencia del resto de países de Europa, se realiza una revisión semestral en taxis y autobuses a partir de los 5 años de antigüedad. En la Tabla 5 se puede consultar la periodicidad de las inspecciones por países y los principales tipos de vehículos.

También encontramos diferencias en la organización de los centros especializados en ITV en nuestro continente. Por ejemplo, la dualidad en la gestión pública o privada: centros privados en algunas Comunidades Autónomas de España, públicos en Alemania o de gestión mixta en Reino Unido. Algunos países con las ITV más exigentes, como Alemania, permiten realizar las inspecciones en cualquier lugar gracias a los desplazamientos que realizan sus expertos; en otros, como Dinamarca, las inspecciones se realizan a pie de carretera por agentes de tráfico. En España se realizan ITV en carretera para autobuses, furgonetas, camiones y autocares.

Tabla 5. Periodicidad de las ITV de los principales vehículos por países de Europa.

Tipo de Vehículo	País	Años de antigüedad a la primera revisión:	2ª Revisión	Revisiones posteriores
<b>Turismo</b>	Alemania	3	Cada 2 años	Cada 2 años
	España	4	Cada 2 años	Anualmente
	Francia	4	Cada 2 años	
	Luxemburgo	4	Cada 2 años	Anualmente
	Reino Unido	3	Anualmente	Anualmente
<b>Motocicletas (Dos ruedas)</b>	Alemania	2	Cada 2 años	Cada 2 años
	España	3	Cada 2 años	Cada 2 años
	Francia	Exento	Exento	Exento
	Luxemburgo	4	Cada 2 años	Anualmente
	Reino Unido	3	Anualmente	Anualmente
<b>Taxi</b>	Alemania	1	Anualmente	Anualmente
	España	Una revisión anual hasta los 5 años	Semestral	Semestral
	Francia	1	Anualmente	Anualmente
	Luxemburgo	1	Anualmente	Anualmente
	Reino Unido	1	Anualmente	Anualmente
<b>Autobús</b>	Alemania	1	Anualmente	Anualmente
	España	Una revisión anual hasta los 5 años	Semestral	Semestral
	Francia	1	Anualmente	Anualmente
	Luxemburgo	1	Anualmente	Anualmente
	Reino Unido	1	Anualmente	Anualmente

Fuente: elaboración propia a partir de las normativas de los países resumidos en cuanto a ITV.

**4.1.3. La ITV en España.** En España la ITV es obligatoria desde 1987 para todos los vehículos, a través del marco legal dispuesto por el Real Decreto 1987/1985, de 24 de septiembre, sobre



normas generales y funcionamiento de las Estaciones ITV. En este texto legal se fomenta el funcionamiento y construcción de las Estaciones ITV para poder realizar la inspección de todos los vehículos. Este marco legislativo se modificó por última vez para todos los vehículos en 2017 con el Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre, por el que se regula la ITV. Con la Orden PCM/520/2021 publicada el 29 de mayo de 2021, se regulan las ITV para los vehículos que integran el parque de la Dirección General de la Guardia Civil. El marco jurídico del Real Decreto 920/2017 se realiza tras las propuestas de la Comisión Europea y los objetivos propuestos en el documento “Hacia un Espacio Europeo de Seguridad Vial: orientaciones políticas sobre seguridad vial 2011-2020”.

El Artículo 5 del Real Decreto 920/2017 define diferentes tipos de inspecciones técnicas adaptadas a diferentes situaciones o características de los vehículos a revisar. Aparte de una ITV de las aptitudes de todos los vehículos, hay una ITV adaptada para aquellos otros que se hayan modificado por algún motivo y se busque su homologación. También se definen ITV especiales para vehículos accidentados con daños importantes, para los destinados a transporte escolar y para los incluidos en la categoría de históricos por su antigüedad. A diferencia de otros países europeos, España establece una ITV en carretera para vehículos comerciales además de una legislación de aplicación a los vehículos de transporte de alimentos a temperatura regulada y a transporte de mercancías peligrosas.

La periodicidad de las ITV, registrada en el Artículo 6 del Real Decreto 920/2017, se presenta en la Tabla 6. Todos los vehículos a motor (incluidos ciclomotores), están obligados a realizar ITV a partir de un cierto número de años desde su primera matriculación. Los de clase M1 debe pasar ITV cada dos años a partir del cuarto año de su primera matriculación, y anuales a partir del décimo año.

El 13 de abril de 2021 se publicó un nuevo Real Decreto 265/2021. En él se incluye la obligatoriedad de ITV para aquellos vehículos que hayan sido declarados siniestro total en un AT para permitirles que vuelvan a las vías públicas.

Tabla 6. Frecuencia de las ITV en función de la antigüedad y categoría del vehículo en España.

Categoría vehículo		Frecuencia de inspección en función de la antigüedad	
L.	L1e: Ciclomotores: vehículos de dos ruedas con una velocidad máxima por construcción no superior a 45 km/h, de cilindrada inferior a igual a 50 cm <sup>3</sup> (combustión interna) o potencia continua nominal máxima inferior o igual a 4 kW (motores eléctricos).	Hasta 3 años: Exento.	De más de 3 años: Bienal.
	Resto L: Vehículos de motor de dos o tres ruedas, gemelas o no, y cuadriciclos, destinados a circular por carretera, así como sus componentes o unidades técnicas.	Hasta 4 años: Exento.	De más de 4 años: Bienal.
M.	M1: vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de personas y de sus equipajes, con un máximo de ocho plazas, excluida la del conductor.	Hasta 4 años: Exento.	De más de 4 años: Bienal. De más de 10 años: Anual.
	M2, M3: Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de personas y su equipaje con más de ocho plazas, excluida la del conductor.	Hasta 5 años: Anual.	De más de 5 años: Semestral.
N, O.	N1: Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías y cuya masa máxima no sea superior a 3,5 toneladas.	Hasta 2 años: Exento.	De 2 a 6 años: Bienal. De 6 a 10 años: Anual. De más de 10 años: Semestral.
	N2, N3: Vehículos de motor concebidos y fabricados principalmente para el transporte de mercancías y cuya masa máxima sea superior a 3,5 toneladas. O2 (excepto caravanas remolcadas de esta categoría), O3, O4: Remolques concebidos y fabricados para el transporte de mercancías o de personas, así como para alojar personas.	Hasta 10 años: Anual.	De más de 10 años: Semestral.
	O2 caravanas remolcadas.	Hasta seis años: Exento.	De más de 6 años: Bienal.

Categoría vehículo		Frecuencia de inspección en función de la antigüedad	
T y otros agrícolas.	Tractores de ruedas agrícolas o forestales, con una velocidad máxima de fabricación superior a 40 km/h.	Hasta 4 años: Exento.	De 4 a 16 años: Bienal. De más de 16 años: Anual.
	Resto de tractores de ruedas agrícolas o forestales, maquinas automotrices (excepto las de 1 eje), remolques especiales, máquinas remolcadas y tracto-carros.	Hasta 8 años: Exento.	Entre 8 y 16 años: Bienal. De más de 16 años: Anual.
Vehículos especiales destinados a obras y servicios y maquinaria automotriz	Únicamente aquellos cuya velocidad por construcción sea igual o superior a 25 Km/h.	Hasta 4 años: Exento.	De 4 a 10 años: Bienal. De más de 10 años: Anual.
Estaciones transformadoras móviles y vehículos adaptados para maquinaria de circo o ferias recreativas ambulantes.		Hasta 4 años: Exento	De 4 a 6 años: Bienal. De más de 6 años: Anual.
Vehículos de escuela de conductores de las categorías M1 y L.		Hasta 2 años: Exento	De 2 a 5 años: Anual. De más de 5 años: Semestral.
Vehículos de la categoría M1 utilizados como ambulancias y taxis, y de transporte escolar y de menores.		Hasta 5 años: Anual.	Más de 5 años: Semestral.

Fuente: Real Decreto 920/2017, de 23 de octubre de 2017.

Con respecto a los elementos del vehículo que se revisan en las ITV en España, se pueden agrupar en los siguientes bloques (información extraída de los Anexos del Real Decreto 920/2017 y del artículo de la revista de la DGT titulado *Todo lo que se revisa en la ITV* del 25 de marzo de 2021):

- Identificación del vehículo: Tarjeta de Inspección Técnica y Permiso de Circulación, documentación que debe coincidir con la marca, modelo, número de bastidor y matrícula del vehículo.
- Carrocería, chasis y exterior: No deben existir defectos de oxidación y/o corrosión en elementos que afecten a los sistemas de seguridad ni aristas que puedan causar lesiones a los peatones. Los limpiaparabrisas, las puertas, los cristales y los retrovisores deben funcionar correctamente, estar homologados y que no afecten la visión, con fijaciones adecuadas y en buen estado.
- Interior: Se comprueba la fijación y adecuación de asientos, sistemas de retención infantil (en el supuesto que los incorpore) y cinturones de seguridad, prestando una especial atención al funcionamiento correcto de estos últimos debiendo ser los reglamentarios. También se revisa el correcto funcionamiento de mecanismos de ayuda a la visibilidad en conducción como es el antivaho, y que no se hayan colocado objetos que limiten la visibilidad. Además, se verifica el funcionamiento del antihielo, del antirrobo y velocímetro.
- Alumbrado y señalización: Se enumera la cantidad correcta y reglamentaria de iluminación en el vehículo, revisando su estado y homologación. Con un regloscopio se comprueba la orientación de las luces de cruce y carretera.
- Emisiones: Según la antigüedad del vehículo y el tipo de combustible existen unos límites de emisiones, que se comprueban con un analizador. Se tiene en cuenta también la contaminación acústica del vehículo.
- Frenos: Con un frenómetro se comprueba que los frenos funcionan por encima del mínimo exigido, teniendo en cuenta que no existan desequilibrios graves en el frenado

de las ruedas de un mismo eje. También se comprueba que no haya deterioro mecánico desde el pedal hasta el bombín de la rueda.

- Dirección: haciendo girar el volante de un lado a otro se comprueba el estado y funcionamiento de toda la timonería de la dirección, incluida caja y rótulas de la misma.
- Ejes, ruedas, neumáticos y suspensión: El estado general de estos componentes son parte esencial de la seguridad del vehículo, se comprueba la homologación y que estén en buenas condiciones para el modelo o tipo de vehículo a inspeccionar. Además, se revisan los componentes de la suspensión, sus fijaciones, daños, fugas o protecciones.
- Motor y transmisión: Se examinan teniendo en cuenta que puedan existir pérdidas de aceite, combustible u otros componentes. El estado de los anclajes, la batería, el depósito de combustible, los inyectores, las tuberías y el escape se observan con especial atención asegurando que están bien anclados y no tienen piezas oxidadas y/o corroídas.

Según el número y la gravedad de los defectos encontrados anteriormente, estos se clasifican en las siguientes categorías (recogidas en el Artículo 9):

- a. Defectos leves (DL): Defectos que no tienen un efecto significativo en la seguridad del vehículo o sobre el medio ambiente.
- b. Defectos graves (DG): Defectos que disminuyen las condiciones de seguridad del vehículo o ponen en riesgo a otros usuarios de las vías públicas o que pueden tener un impacto sobre el medio ambiente.
- c. Defectos muy graves (DMG): Defectos que constituyen un riesgo directo e inmediato para la seguridad vial o tienen un impacto sobre el medio ambiente.

Si se presentan varios DL pero que, en combinación, supusieran un riesgo más elevado podrían clasificarse como DG o DMG.

Una inspección técnica será calificada como *favorable* cuando no se detecten defectos o sólo se detecten defectos clasificados como leves que deberán ser subsanados en un plazo máximo

de dos meses desde su detección. Si hubiera algún DG el resultado será *desfavorable* y el vehículo sería inhabilitado para circular por las vías públicas excepto para su traslado a un taller o volver a la ITV. Si el defecto es clasificado como muy grave, el resultado será *negativo* y el vehículo no podrá trasladarse por medios propios. Estas dos últimas clasificaciones requieren que el vehículo vuelva a una nueva ITV en un plazo máximo de dos meses, pasado este tiempo volvería a realizarse una revisión de todos los componentes y no solo de los que se hallaron defectos. Toda esta información es entregada al propietario del vehículo a través de un informe; en el caso de que la ITV sea favorable se entrega un distintivo V-19 (ver Figura 14) que debe ser colocado en el parabrisas del vehículo.

Figura 14. Distintivo V-19.



Fuente: DGT, 2019.

En nuestro país, la legislación contempla diferentes infracciones relativas a la CSITV. En el mismo marco normativo descrito para la CSPV, el Real Decreto Legislativo 6/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial, en su Título V Capítulo I, se identifican las diferentes infracciones dispuestas de menor a mayor gravedad. En el Artículo 76 (infracciones graves), encontramos, en el apartado o), la primera normativa sancionadora relacionada con la CSITV y se indica que: “Circular con un vehículo que incumpla las condiciones técnicas reglamentariamente establecida, salvo que sea calificada como muy grave, así como las infracciones relativas a las normas que regulan la inspección técnica de vehículos”. Además, en el Artículo 77 (infracciones muy graves), apartado l), hace referencia a: “Circular con un vehículo que carezca de la autorización administrativa correspondiente, con una autorización

que no sea válida por no cumplir los requisitos exigidos reglamentariamente, o incumpliendo las condiciones de la autorización administrativa que habilita su circulación”. En el apartado II) se menciona “Circular con un vehículo que incumpla las condiciones técnicas que afecten gravemente a la seguridad vial”. En el Artículo 78, punto 2, se añade, además, que: “Las estaciones de inspección técnica de vehículos requerirán la acreditación del seguro obligatoria en cada inspección ordinaria o extraordinaria del vehículo. El resultado de la inspección no podrá ser favorable en tanto no se verifique este requisito”. Por tanto, el no tener seguro no permite obtener una calificación en la ITV. En el Capítulo II se recoge el tipo de sanciones para cada una de las infracciones; para las recogidas en el Artículo 76 la multa corresponde a 200 euros, mientras que para las del Artículo 77 es de 500 euros. Estas infracciones no conllevan una pérdida directa de puntos, aunque podrían estar indirectamente relacionadas con otras infracciones que sí conllevan la pérdida de puntos, como “no hacer uso del cinturón de seguridad, sistemas de retención infantil, casco y demás elementos de protección” que corresponde a la pérdida de 3 puntos según el Anexo II del mencionado Real Decreto 6/2015.

#### **4.2. Conducción sin ITV y accidentalidad y morbi-mortalidad por tráfico.**

Al igual que se comentó en relación con la CSPV, los estudios previos realizados que han analizado el papel de las ITV en la accidentalidad y la morbi-mortalidad por tráfico no lo han hecho bajo la perspectiva del modelo de cadena causal. De hecho, no hemos hallado ningún trabajo centrado en el primer eslabón, es decir, estudios diseñados con el objetivo de estimar la frecuencia con la que los vehículos circulan sin la ITV en regla.

Con respecto a los otros dos eslabones de la cadena causal, teóricamente, al permitir la detección y corrección temprana de defectos del vehículo relacionados con un mayor riesgo de accidentalidad o de LPT (por ejemplo, neumáticos, dirección, frenos, luces, dispositivos de seguridad) (Cairns et al., 2014; Jarosiński, 2014; Petit, 2014; Rechnitzer et al., 2000), la ITV debería asociarse a una menor accidentalidad y/o morbi-mortalidad por tráfico. En contrapartida, la comisión de infracciones en relación con este requisito legal (vehículos que no han pasado nunca una ITV, o que circulan con la ITV caducada), debería asociarse a un mayor riesgo de AT o de sus consecuencias para la salud.

En conjunto, la asociación entre ITV y seguridad vial se lleva estudiando desde hace ya bastantes décadas. En general, los trabajos más antiguos son de tipo ecológico: trataban de valorar si existía alguna correlación, a nivel de entidades administrativas (estados, condados, etc.), entre los niveles de implantación territorial de la ITV y las tasas de accidentalidad o de morbi-mortalidad por tráfico (Buxbaum y Colton, 1966; Colton y Buxbaum, 1968; Das et al., 2019; Fridstrøm y Ingebrigtsen, 1991; Fuchs y Levenson, 1967; Hoagland y Wooley, 2018). En general, la mayoría de estos estudios no aporta evidencias a favor de que los programas de ITV reduzcan la accidentalidad y/o la morbi-mortalidad por tráfico (Garbacz y Kelly, 1987; Merrellet et al., 1999; Poitras y Sutter 2002; Hoagland y Woolley, 2018), aunque algunos indican lo contrario (Cambridge Systematics Inc, 2009; Loeb, 1985). Centrándonos en los trabajos más recientes, Cambridge Systematics Inc (2009) realizó un estudio de la efectividad del programa de ITV en Pensilvania. Tras comparar el número de muertes por millas recorridas por vehículos antes y después de implantar el programa, concluyeron que éste prevenía entre 1 y 2 muertes por cada 1.000 millones de millas. Hoagland y Woolley (2018) estudiaron los AT totales y debidos a defectos en los vehículos, comparando los datos antes y después de la derogación de las ITV en Nueva Jersey, para los años 2000 a 2015. Concluyeron que las ITV no parecen tener ningún efecto atenuante significativo sobre el papel de los defectos del vehículo en los AT. Das et al. (2019) realizaron un estudio de minería de datos sobre las quejas que realizaban los conductores a las aseguradoras tras un AT, entre 1995 y 2017, junto con el total de AT desde 2011 a 2016, comparando los estados de EE.UU. con y sin ITV. Concluyeron, aun sin una fuerte evidencia empírica, que las ITV parecen necesarias.

Es posible que no sea adecuado combinar los resultados de estudios desarrollados a lo largo de un período que abarca varias décadas. Según Keeler (1994), la eficacia de las ITV puede disminuir con el tiempo, debido a la mayor seguridad de los vehículos más nuevos. Él sugiere que las inspecciones fueron efectivas hasta fines de la década de 1970, pero no después. Sin embargo, incluso restringiendo los resultados a los obtenidos en los estudios más recientes, sobre vehículos más nuevos, se siguen observado discrepancias.

Todos los estudios anteriores pueden presentar, en mayor o menor medida, el sesgo derivado de la falacia ecológica (Herger, 2020; Zeoliet al, 2019): las correlaciones entre variables obtenidas a nivel grupal pueden no reproducirse a nivel individual. En nuestro caso, el hecho de que, a nivel territorial, una mayor frecuencia de ITV se asocie a una menor accidentalidad no tiene por qué corresponderse con un menor riesgo de accidente para aquellos vehículos con



la ITV en regla. Por ello, de cara a establecer la existencia de una asociación causal entre ITV y LPT, son más relevantes los trabajos cuyas unidades de estudio son los vehículos. Dentro de ellos podrían, a priori, plantearse dos tipos de diseños: experimentales y observacionales.

Por desgracia, la posibilidad de aplicar diseños experimentales al estudio de la asociación causal entre la ITV y cualquier desenlace relacionado con las LPT (imposible para el caso de la CSPV) ha sido escasamente explotada. De hecho, solo hemos hallado un diseño de este tipo en la bibliografía revisada, realizado por Fosser et al. (1991) en Noruega, para el periodo 1986 - 1990. En su estudio asignaron aleatoriamente 204.000 vehículos a tres grupos de comparación: no inspección (11.200 vehículos), una sola inspección (46.000 vehículos), o inspecciones anuales (46.000 vehículos), sin que se apreciaran diferencias significativas en el número de accidentes por cada 1000 vehículos-día entre los tres grupos. No obstante, la existencia en Noruega, durante el período de estudio, de frecuentes inspecciones aleatorias a pie de carretera (que inspeccionan hasta un 20% de los vehículos cada año) pudo haber diluido el posible efecto beneficioso de la exposición a las ITV.

El resto de los estudios realizados han sido de tipo observacional, existiendo una gran heterogeneidad entre ellos, tanto con respecto al tipo de diseño aplicado, a las fuentes de información utilizadas, el tipo de exposición a la ITV y el desenlace medido. Una revisión narrativa preliminar nos hizo ver la conveniencia de aplicar la metodología propia de las revisiones sistemáticas para tratar de cuantificar la magnitud de la asociación causal entre la intensidad de exposición a la ITV y cualquier desenlace relacionado con la seguridad vial: accidentalidad, lesión o muerte. Este hecho, unido a la imposibilidad de aportar, a partir de nuestra propia investigación primaria, una estimación insesgada de la asociación causal entre ITV y accidentalidad por tráfico, nos sugirió la conveniencia de presentar esta revisión sistemática como uno más de los trabajos que componen el cuerpo de resultados de esta Tesis Doctoral. Por ello, y a fin de evitar reiteraciones innecesarias, remitimos al lector al trabajo 6 de nuestros resultados. Baste aquí reseñar que el conjunto de los estudios revisados apunta hacia la existencia de una asociación débil entre la ITV y una reducción de la accidentalidad por tráfico, aunque la causalidad de dicha asociación es cuestionable.

Antes de la revisión sistemática realizada como parte de esta Tesis Doctoral ya se habían publicado otras dos revisiones de la literatura científica acerca de la utilidad de las ITV en la seguridad vial. La primera, realizada por Rechnitzer et al. (2000) concluye que los trabajos

realizados hasta ese año tienen claras deficiencias metodológicas y no han podido evaluar con suficiente validez la relación entre ITV y defectos de los automóviles, reconociendo que la mayoría de dichos estudios son muy antiguos y que el parque automovilístico ha cambiado sustancialmente en calidad, como demuestra la ampliación de los períodos de garantía de los fabricantes. En principio, el elevado coste del mantenimiento de los centros especializados y las contradicciones encontradas en las revisiones clásicas y en los trabajos realizados hasta ahora no podrían justificar la implementación de estas inspecciones.

La revisión realizada por Jarosiński (2014) muestra la problemática de la infraestimación de los defectos técnicos del vehículo en la cadena causal de la accidentalidad debido, en su mayoría, a que los trabajos publicados se basan en registros de carácter policial. En este caso, el agente que investiga el accidente carece de recursos suficientes para poder recoger todos los datos que pudieron haber sido causa del mismo, siendo más difícil de registrar los atribuibles a los errores técnicos del vehículo. Esto, según el autor, hace que existan diferencias entre la bibliografía científica en cuanto a la utilidad de las ITV, aunque subjetivamente se decante por no apoyarlas.

La puesta en duda de la eficacia de las ITV periódicas en la seguridad vial ha fomentado el debate acerca de si los supuestos beneficios de esta estrategia quedarían contrarrestados por el elevado coste de su mantenimiento y si, en consecuencia, sería más útil dedicar estos recursos a otras estrategias más efectivas, como, por ejemplo, modernizar el parque automovilístico (Das et al, 2019). Según un informe de la National Highway Traffic Safety Administration de EE.UU. del año (NHTSA, 2013), el riesgo de accidentalidad por tráfico con la conducción de un vehículo fabricado antes del 2000 aumenta en un 71% en comparación con vehículos fabricados a partir de 2010. Esta situación, unida a la incorporación de nuevas tecnologías y avances en seguridad vial, así como al descenso de la accidentalidad por tráfico, ha propiciado que en algunos países o regiones se haya decidido retirar la ITV (Das et al, 2019; Hoagland y Woolley, 2018).



---

## **II. JUSTIFICACIÓN**



## II. JUSTIFICACIÓN

Como ya comentamos al inicio de la introducción, el motivo de iniciar la sub-línea de investigación en la que se enmarca la presente Tesis Doctoral fue dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿realmente la CSPV y la CSITV son buenos marcadores de aquello que se pretende identificar: conductores y/o vehículos que ponen en peligro la seguridad vial? A nuestro juicio, hay dos grandes razones que sustentan la necesidad de iniciar una investigación para responder a la pregunta anterior.

### **1. La respuesta tiene unas evidentes implicaciones a la hora de diseñar y priorizar algunas estrategias de seguridad vial.**

1.1. La adquisición y mantenimiento de un permiso de circulación válido asume dos hechos:

- Si un conductor adquiere el permiso para conducir un cierto tipo de vehículo es porque ha adquirido las competencias necesarias para hacerlo con bajo riesgo para su integridad física y la del resto de usuarios de la vía.
- La pérdida de validez de un permiso de conducir debe estar asociada a una pérdida de dichas competencias y, en consecuencia, a un riesgo para la seguridad vial.

Las dos circunstancias anteriores justifican la necesidad de mantener los sistemas actualmente vigentes de formación de conductores y de evaluación de sus competencias para hacerlos acreedores de obtener el permiso, así como la necesidad de que los cuerpos policiales del Estado vigilen que ningún conductor circule sin un permiso de conducción válido, sancionen y retiren de la circulación a aquellos que lo hagan y les obliguen a realizar actividades de formación de cara a su recuperación. Todas estas actividades deberían ser revisadas y replanteadas en el supuesto que no se constatará la existencia de una asociación entre la circulación sin un permiso de conducción válido y una mayor accidentalidad y/o gravedad de los AT.

1.2. El sistema de ITV periódicas es costoso: al margen de otros potenciales efectos beneficiosos (por ejemplo, atenuar el impacto de los vehículos a motor sobre el medio ambiente retirando de la circulación aquellos especialmente contaminantes), la principal razón que justifica su mantenimiento es su capacidad para detectar defectos de los vehículos que ponen en peligro la salud de los usuarios de la vía y, gracias a ello, permitir su corrección y, en última instancia, retirar de la circulación aquellos vehículos que los presenten. Igualmente, este argumento justifica la necesidad de que los cuerpos policiales del Estado comprueben que los vehículos circulan con la ITV en vigor, sancionando a los propietarios de los que no lo hagan. En consecuencia, la ausencia de asociación entre no tener la ITV en regla y una mayor morbi-mortalidad por tráfico sería un poderoso argumento para replantearse la pertinencia de mantener el sistema de ITV periódicas. Por el contrario, la constatación de una asociación estrecha entre la CSITV y la accidentalidad y/o la gravedad de los AT, unida a una alta prevalencia de vehículos circulantes sin la ITV en vigor, justificarían la conveniencia de potenciar aún más tanto el sistema de ITV periódica como la vigilancia policial de su cumplimiento.

## **2. Actualmente aún no hay una respuesta suficientemente válida a la pregunta original.**

2.1. En España no se ha realizado hasta la fecha ningún estudio que respalde la utilidad de las ITV periódicas en la seguridad vial. Tampoco se ha realizado ningún estudio que constate una mayor accidentalidad y/o morbi-mortalidad por tráfico de los conductores que circulan sin un permiso de conducción válido. Además, tampoco se dispone de estimadores que nos informen de la prevalencia de las correspondientes infracciones (la CSPV y la CSITV) entre la población de conductores circulantes, dato esencial de cara a valorar el impacto potencial de su vigilancia y control sobre la seguridad vial (por ejemplo, una fuerte asociación entre circular sin la ITV en vigor y la accidentalidad sería responsable de un número muy pequeño de AT si el volumen de vehículos que circulan sin la ITV en vigor fuera mínimo, y viceversa).

2.2. Por desgracia, los estudios realizados fuera de nuestro país no permiten dar una respuesta válida a la pregunta planteada. Una razón, común a la CSPV y a la CSITV, es que ninguno de los estudios realizados ha deslindado, para el mismo marco espacio-temporal, la asociación de cada infracción con los elementos de la cadena causal (exposición-accidente-lesión/desenlace). A partir de aquí, las limitaciones de los estudios previos pueden resumirse en los siguientes puntos:

### 2.2.1. Para la CSPV.

- a) Aunque la mayoría de los estudios previos reflejan la existencia de asociación entre la CSPV y una mayor accidentalidad y/o morbi-mortalidad por tráfico, la heterogeneidad existente entre ellos con respecto a la definición de CSPV y a las distintas categorías que engloba impide extrapolar las asociaciones obtenidas a nuestro contexto.
- b) La mayoría de los estudios no diferencia la asociación de la CSPV con la accidentalidad y con la gravedad del accidente.
- c) La mayoría de los estudios realizados no ajustan la asociación entre CSPV y accidentalidad/gravedad en función de las causas comunes (confusores) a ambas circunstancias, lo que impide interpretar correctamente las asociaciones detectadas.

### 2.2.2. Para la CSITV.

- a) No existe ninguna estimación (ni en España ni fuera de nuestras fronteras) de la prevalencia de circulación de vehículos sin la ITV en vigor.
- b) Hay una importante falta de consistencia en los resultados obtenidos entre los distintos estudios realizados.
- c) La mayoría de los estudios no diferencia la asociación de la CSITV con la accidentalidad y con la gravedad del accidente.
- d) No ha sido posible deslindar, hasta la fecha, el efecto confusor que, sobre la asociación entre ITV y accidentalidad/gravedad, tienen las características del conductor.

Evidentemente, cuando iniciamos esta sub-línea de investigación, asumimos que seguramente no íbamos a ser capaces de superar por completo todas las limitaciones de los estudios previos, pero sí, al menos, de mejorar la validez interna de sus estimaciones y, particularmente, aportar conocimiento al respecto para nuestro país. Y ello gracias a la oportunidad de disponer de una base de datos policial de ámbito nacional que recoge AT de cualquier nivel de lesividad y que contiene información no solo de nuestras dos variables de exposición (CSITV y CSPV), sino de un elevado número de potenciales factores de confusión y mediación dependientes del conductor, el vehículo y el entorno bajo el que se produjo el AT.





---

### **III. HIPÓTESIS**



### III. HIPÓTESIS

La hipótesis general para la que los resultados de esta Tesis Doctoral tratarán de aportar evidencias que la apoyen o, en su caso, la refuten, es que la comisión de infracciones relativas a la ITV (conducir un vehículo sin la ITV en regla), o al permiso de conducir (conducir un vehículo sin un permiso de conducir válido) se asocian a una mayor accidentalidad y a una mayor gravedad de las lesiones sufridas a consecuencia de un AT.

Esta hipótesis general se puede concretar en las siguientes hipótesis específicas:

1. La CSPV se asocia a un mayor riesgo de provocar AT, y la fuerza de esta asociación será de diferente magnitud en función del tipo concreto de infracción cometida.
2. Los AT provocados por un conductor que conduce sin un permiso de conducir válido son más graves que los que provoca un conductor que circula con un permiso válido.
3. Los conductores que conducen un vehículo sin la ITV en regla provocan con más frecuencia AT que los que conducen un vehículo con la ITV en regla, y esta asociación no depende de las características del conductor.
4. Las lesiones de los conductores implicados en AT que conducen vehículos sin la ITV en regla son más graves que las que sufren los conductores que conducen un vehículo con la ITV en regla.



---

## **IV. OBJETIVOS/OBJECTIVES**



## **IV. OBJETIVOS**

### **1. Objetivo General**

Cuantificar el papel de la CSPV y la CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico en España.

### **2. Objetivos Específicos**

2.1. Relacionados con las infracciones relativas al permiso de conducción (conducir con un permiso caducado, anulado o suspendido, inadecuado, o sin haberlo obtenido nunca):

2.1.1. Estimar la prevalencia de los distintos tipos de infracciones relativas al permiso de conducción en la población de conductores circulantes en España, entre 2014 y 2017, así como los factores dependientes del conductor, el vehículo y el ambiente asociados a dicha prevalencia.

2.1.2. Cuantificar, para cada tipo de infracción relativa al permiso de conducción, la magnitud de su asociación con el riesgo de provocar AT en España, entre 2014 y 2017.

2.1.3. Cuantificar, en los conductores responsables de AT con víctimas ocurridos en España entre 2014 y 2017, la asociación de las distintas infracciones relativas al permiso de conducción con la gravedad del accidente y de las lesiones sufridas por el conductor.

2.2. Relacionados con la conducción de un vehículo con el certificado de la inspección técnica caducado:

2.2.1. Estimar la prevalencia de conducción de un vehículo con el certificado de la inspección técnica caducado entre los conductores circulantes en España, entre 2014 y 2017, así como los factores dependientes del conductor, el vehículo y el ambiente asociados a dicha prevalencia.



2.2.2. Estimar la magnitud de la asociación entre las inspecciones periódicas de los vehículos y la accidentalidad por tráfico.

2.2.3. Cuantificar, en los conductores de vehículos implicados en AT en España entre 2014 y 2017, la magnitud de la asociación entre conducir un vehículo con el certificado de inspección técnica caducado y la gravedad de sus lesiones.

## **IV. OBJECTIVES**

### **1. General objective**

To quantify the role of DWVL and DWVTI in the causal chain of traffic morbidity and mortality in Spain.

### **2. Specific objectives**

2.1. Related to driving license offenses (driving with an expired, cancelled or suspended license, inadequate, or never having obtained it):

2.1.1. To estimate the prevalence of different types of driving license offenses in the population of drivers circulating in Spain between 2014 and 2017, as well as the driver-, vehicle-, and environment-related factors associated with such prevalence.

2.1.2. To quantify, for each type of driving license offense, the magnitude of its association with the risk of causing a TA in Spain between 2014 and 2017.

2.1.3. To quantify, in drivers responsible for TAs with victims in Spain between 2014 and 2017, the association of the different driving license offenses with the severity of the accident and injuries suffered by the driver.

2.2. Related to driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate:

2.2.1. To estimate the prevalence of driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate among drivers circulating in Spain between 2014 and 2017, as well as the driver-, vehicle- and environment-related factors associated with such prevalence.

2.2.2. To estimate the magnitude of the association between periodic vehicle inspections and TAs.

2.2.3. To quantify, in drivers of vehicles involved in TAs in Spain between 2014 and 2017, the magnitude of the association between driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate and the severity of their injuries.

---

## **V. MÉTODOS**



## V. MÉTODOS

Al tratarse de una Tesis Doctoral presentada como compendio de trabajos, la metodología específica empleada para alcanzar los objetivos propuestos en cada uno se describirá en las correspondientes secciones de métodos de los siete trabajos, que se presentan a su vez en la sección de Resultados de esta Tesis.

En esta sección nos vamos a limitar a describir las características generales del elemento común a todos los trabajos: la fuente de información utilizada (el Registro de Víctimas de AT), así como los fundamentos de las técnicas de diseño y análisis empleadas: el método de la exposición cuasi-inducida y los diseños epidemiológicos aplicados en función del objetivo perseguido.

### **1. Fuente de información: el Registro Nacional de Víctimas de AT.**

El Registro Nacional de Víctimas de AT es una base de datos que recopila toda la información referente a las víctimas de los AT que tengan lugar tanto en vías interurbanas como en vías urbanas o terrenos incluidos en el ámbito de aplicación de la legislación sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial de cara a su estudio (Boletín Oficial del Estado [BOE], 2015). La normativa por la que se regula esta base de datos se establece en la Orden de 18 de febrero de 1993 (BOE, 1993), que fue revisada en la Orden INT/2223/2014, de 27 de octubre, por la que se legisla la comunicación de la información al Registro Nacional de Víctimas de AT. Este texto legal establece que la información sobre cada AT deberá ser remitida al Registro Nacional de Víctimas de AT por parte de los funcionarios de la autoridad responsable de la vigilancia y control de tráfico, y que esta información será recolectada en el lugar del accidente e ingresada en un formulario estándar (Anexo 1). El formulario debe enviarse al Registro dentro de las primeras 24 horas para accidentes que resulten en una muerte o más y/o una o más lesiones que requieran hospitalización. Si no hay fallecidos o heridos que requieran hospitalización, los oficiales de tránsito tienen hasta 10 días naturales para entregar el formulario de AT con víctimas con los datos mínimos que deben ser archivados dentro de este plazo. Sin embargo, el formulario completo debe enviarse dentro de un mes a partir de la fecha del AT. Durante este período, la información obtenida se puede enviar a medida que esté disponible, hasta que se complete el formulario.

Actualmente, la información se incorpora al Registro de forma electrónica mediante el denominado sistema informático ARENA 2, de acuerdo con los protocolos de tecnología de la información establecidos por el responsable del Registro y en cumplimiento de la normativa de seguridad, conservación y estandarización de la información propuesta por la Orden INT/2223/2014, de 27 de octubre. En esta Orden se consideran AT con víctimas los que se producen en las vías urbanas e interurbanas que cuentan con la implicación de un vehículo en movimiento y, a consecuencia de los mismos, una o varias personas resultan muertas y/o heridas. Se considera fallecido toda persona que, como consecuencia de un AT, fallece en el acto o dentro de los siguientes treinta días. Se excluyen los casos confirmados de muertes naturales o en los que existan indicios de suicidio. Se considera herido con hospitalización superior a veinticuatro horas toda persona que, como consecuencia de un AT, precisa una hospitalización superior a veinticuatro horas. Se excluyen las personas fallecidas en los 30 días posteriores al accidente. Se considera herido con asistencia sanitaria igual o inferior a veinticuatro horas toda persona herida en un AT que no haya precisado hospitalización superior a veinticuatro horas y que haya sido atendido por los servicios sanitarios correspondientes.

### **1.1. Estructura y contenidos del Formulario y los Registros.**

El formulario está integrado por siete bloques, los cuales contienen datos generales del AT, de los vehículos, de los conductores, de los pasajeros y de los peatones implicados, así como la descripción del accidente (que incluye un croquis, observaciones y factores concurrentes, a opinión del agente). El último bloque está relacionado con la secuenciación de los eventos ocurridos durante el AT, pero solamente se cumplimenta en el caso de que el accidente haya sido considerado como grave o mortal. A partir de ellos, la DGT crea cinco bases de datos para cada año. Seguidamente resumimos la información contenida en cada formulario y trasladada al correspondiente registro.

**1.1.1. Registro de AT.** Contiene la información del formulario específica de cada accidente, incluyendo un código de identificación para cada evento. La información incluida en este registro es la siguiente:

- Ubicación/Localización:
  - o Provincia.
  - o Isla.
  - o Municipio.
  - o Zona: Carretera, travesía, autopista o autovía urbana, calle.
  - o Tipo de vía: Autopista de peaje, autopista libre, autovía, vía para automóviles, carretera convencional de doble calzada, carretera convencional de calzada única, vía de servicio, ramal de enlace, calle, camino vecinal, recinto delimitado, vía ciclista, senda ciclable, otro.
  - o Titularidad de la vía: Estatal, autonómica, provincial, cabildo/Consell, municipal, otra, sin especificar.
  - o Sentido de la vía: Ascendente, descendente, mixto, sin especificar.
  - o Tipo intersección o nudo: en intersección o nudo, fuera de intersección o nudo. En X o +, en T o Y, en estrella, glorieta, glorieta partida, miniglorieta, glorieta doble, paso a nivel con barrera, paso a nivel sin barrera, enlace con carriles de cambio de velocidad paralelos al tronco, enlace sin carriles de cambio de velocidad paralelos al tronco, bifurcación o convergencia, sin especificar.
  - o Regulación de prioridad: Sólo norma genérica, agente/persona autorizada, semáforo, señal vertical de “STOP”, señal vertical de “Ceda el paso”, señal horizontal de “STOP”, señal horizontal de “Ceda el paso”, sólo marcas viales sin inscripciones, paso para peatones no elevado, paso para peatones sobre elevado, marca vial de paso para ciclistas, señal circunstancial, otra señal.
  
- Tipo de accidente:
  - o Si hay salida de vía: derecha o izquierda.
  - o Tipo de colisión: colisión frontal, colisión frontolateral, colisión lateral, alcance, colisión múltiple, choque contra obstáculo o elemento de la vía, atropello a persona, atropello a animal, caída, vuelco, despenamiento, sólo salida de la vía, otro.
  - o Si intervino un animal e indicar el tipo.
  
- Condiciones en el momento del accidente:
  - o Nivel de circulación.
  - o Superficie del firme: seco y limpio, con barro o gravilla suelta, mojado, muy encharcado o inundado, con hielo, con nieve, con aceite, otra.



- Iluminación: luz del día natural (solar), amanecer o atardecer (sin luz artificial), amanecer o atardecer (con luz artificial), sin luz natural y con iluminación artificial encendida, sin luz natural y con iluminación artificial no encendida, sin luz natural ni artificial, sin especificar.
  - Condiciones meteorológicas: despejado, nublado, lluvia débil, lluvia fuerte, granizando, nevando, niebla ligera, niebla intensa, viento fuerte, sin especificar.
  - Visibilidad restringida por: buena visibilidad, edificios, instalaciones o elementos de la vía, configuración del terreno, factores atmosféricos, deslumbramiento por sol, deslumbramiento por alumbrado artificial, deslumbramiento por faros de otro vehículo, un vehículo (parado, en movimiento o aparcado), obras, contenedores, vegetación o árboles, elementos decorativos, otros objetos en la vía, paneles y publicidad, elementos del vehículo (lunas), otras restricciones, sin especificar.
- Circular en sentido contrario.
- Características de la vía:
- Característica funcional: zona periurbana, circunvalación, calle residencial, zona peatonal, zona a 30, otra zona de especial regulación, ninguna de las anteriores, sin especificar.
  - Límite de velocidad: genérica, señalización específica (km/h).
  - Sentido de la vía: doble sentido, sentido único.
  - Número de calzadas: única, doble, más de dos.
  - Anchura del carril: menos de 3,25 m, entre 3,25 y 3,75 m, más de 3,75.
  - Acera: no, impracticable, si (no elevada), elevada.
  - Arcén: inexistente, menor de 1,5 m, de 1,5 a 2,49 m, de 2,5 m o más.
  - Elementos de balizamiento: paneles direccionales, hitos de arista, captafaros.
  - Elementos de separación de sentidos: sólo línea longitudinal de separación, cebreado, mediana, barrera de seguridad, zona peatonal o ajardinada, otro, ninguno.
  - Barrera de seguridad:
    - Lateral ascendente, lateral descendente, mediana sentido ascendente, mediana sentido descendente.
    - No, metálica, hormigón, otro, protección motorista.

- Elementos del tramo: puente, viaducto o paso superior, túnel, paso inferior, estrechamiento de sección, resaltos reductores de velocidad, badén, apartadero, ninguno.
- Trazado en planta: llano, rampa > 5%, cambio brusco de rasante, se desconoce.
- Marcas viales: inexistentes o borradas, sólo separación de carriles, separación de carriles y borde de calzada, sólo borde de calzada.
- Características del margen: despejado, árboles, otros elementos naturales rígidos, edificaciones, postes, carteles publicidad, otros elementos artificiales rígidos, otros obstáculos.
- Delimitación de la calzada: bordillo, bolardos o vallas de protección, setos, marcas viales, barrera seguridad, isleta o refugio, zona peatonal (ajardinada/bulevar), otra, sin delimitar.

**1.1.2. Registro de Vehículos implicados en el accidente.** Contiene la información del formulario específica de cada vehículo (todos aquellos que se hayan visto implicados en el AT), incluyendo el código identificador del accidente en el que estuvo implicado. La información incluida en este registro es la siguiente:

- Información del vehículo: año de matriculación, antigüedad del vehículo, marca, modelo, nacionalidad, si tiene o no seguro y si la ITV es correcta, caducada o se desconoce.
  - Tipo de vehículo: turismo, furgoneta, todo terreno, bicicleta, ciclomotor, motocicleta hasta 125 cc, motocicleta > 125 cc, quad ligero, quad no ligero, cuadriciclo ligero, cuadriciclo no ligero, autocaravana, maquinaria de obras y servicios, maquinaria agrícola, microbús ≤ 17 ocup., autobús, autobús articulado, tranvía, camión rígido o tractocamión (cabeza tractora) indicando el tonelaje y si lleva transporte especial o mercancías peligrosas (indicando cual), vehículo articulado, tren/metro, otros vehículos sin motor otros vehículos con motor, sin especificar.
  - Remolque: remolque, caravana, semirremolque u otro tipo.
  - Anomalías previas: ninguna, neumáticos muy desgastados/defectuosos, reventón, dirección, frenos u otras.
- Circunstancias del vehículo: nº de ocupantes, uso del alumbrado reglamentario, fugado o incendiado.

- Si hay accidente en nudo: posición respecto a la vía, aproximación al nudo, sentido de circulación.
- Si hay más de un vehículo implicado y circulando en la misma vía: indicar si circulaban por calzadas diferentes, por la misma o se desconoce.
- Disco tacógrafo (si es obligatorio): se indica si funciona correctamente, se ha manipulado, no lo incluye el vehículo cuando debería o se desconoce. Se anotan también los tiempos de descansos, si se han respetado o se han superado las horas de conducción.
- Área más dañada del vehículo: frontal izquierdo, frontal centro, frontal derecho, delante no especificado, posterior derecho, posterior centro, posterior izquierdo, detrás no especificado, lado derecho, lado izquierdo, parte superior, sin daños o se desconoce.
- Maniobra del vehículo previa al accidente: siguiendo trayectoria recta, tomando curva a la derecha, tomando curva a la izquierda, adelantando por la derecha, adelantando por la izquierda, cambiando al carril de la derecha, cambiando al carril de la izquierda, circulando marcha atrás, circulando en U o 180° o cambio de sentido, circulando en paralelo, cruzando la calzada, incorporándose a la circulación, incorporándose a una vía de mayor nivel que queda a la derecha, incorporándose a una vía de mayor nivel que queda a la izquierda, esperando en una señal de prioridad/semáforo, atravesando intersección (no girando), siguiendo trayectoria en glorieta, girando o saliendo hacia otra vía que queda a la derecha, girando o saliendo hacia otra vía que queda a la izquierda, retención por imperativo de la circulación, maniobra rápida para salvar obstáculo/vehículo maniobra rápida para salvar a peatón, maniobra rápida para salvar animal, acción de frenado, parado a la derecha, parado a la izquierda, parado en doble fila, estacionando o saliendo del estacionamiento, estacionado a la derecha, estacionado a la izquierda o se desconoce.
- Lugar por el que circulaba el vehículo: carril derecho, carril izquierdo, carril central, carril reversible, arcén habilitado, carril de aceleración, carril de deceleración, carril de trenzado, carril adicional para circulación rápida, carril adicional para circulación lenta, carril habilitado en sentido contrario, carril para cambio sentido/dirección, carril bus, carril VAO, carril tranvía, mediana, cuneta, acera-bici, carril bici, carril bici protegido, pista-bici, arcén, acera-refugio, otro o se desconoce.

**1.1.3. Tres registros que contienen, respectivamente, información sobre los conductores, los pasajeros y los peatones implicados en el accidente.** Hasta el año 2013 inclusive, se trataba de una única base de datos que incluía una variable para especificar el tipo de usuario. A partir de 2014, la información sobre cada tipo de usuario recogida en el formulario está contenida en una base de datos diferente. Para cada persona incluida en el registro se asocia el código del accidente en que se vio involucrado y, en el caso de que sea conductor o pasajero, el del vehículo que ocupaba. La información contenida en estos tres registros es la siguiente (salvo donde se indique, la información se refiere a conductores o a los tres tipos de usuarios):

- Edad.
- Sexo.
- Nacionalidad.
- Provincia de residencia.
- Municipio.
- Asistencia sanitaria: fallecido 24 horas, ingreso superior a 24 horas, ingreso inferior o igual a 24 horas, atención en urgencias sin posterior ingreso, asistencia sanitaria ambulatoria con posterioridad, asistencia sanitaria inmediata en centro de salud o mutua, asistencia sanitaria sólo en el lugar del accidente, sin asistencia sanitaria o se desconoce.
- Informe judicial: muerte natural, suicidio, intento de suicidio, homicidio o intento de homicidio.
- Características del permiso: en vigor, canjeado, inapropiado, caducado, B autorizado 125cc sin A1-A, anulado o suspendido, no lo presenta, no ha tenido nunca, pérdida total de puntos declarada o se desconoce. Indicación del tipo de permiso que posee.
- Accesorios de seguridad: cinturón utilizado o no, casco utilizado o no, casco supuestamente expulsado, se desconoce.
- Otros accesorios de seguridad: brazos, espalda, torso, manos, piernas, pies o prenda reflectante.
- Prueba de alcoholemia: no se realiza prueba, no porque se niega, no porque no puede, prueba en aire o se desconoce. Se indica tasa de alcohol en aire y/o en sangre. Si tiene o no signos de influencia de conducción bajo los efectos del alcohol.
- Prueba de drogas: no se realiza prueba, en saliva, en sangre u otras. Se indica si hay signos de conducir bajo los efectos de las drogas, se indica si el resultado es positivo o negativo.

- Motivo del desplazamiento: transporte profesional de mercancías, taxi, bus urbano, bus escolar, bus en transporte de menores, bus de línea regular, bus de línea discrecional, servicio de limpieza o recogida de basura, servicio de mantenimiento viario, bomberos/policía o ambulancia, in itinere, en misión, ocio y entretenimiento, actividad deportiva particular, estudiante hacia centro de estudios, transporte de menores al colegio, ida/regreso de puentes, festivos, vacaciones, en prácticas de autoescuela, servicio de auxilio en carretera, otras actividades o se desconoce. Solo para peatones: servicio de limpieza o recogida de basura, servicio de mantenimiento viario, bomberos/policía o ambulancia, in itinere, en misión, ocio y entretenimiento, estudiante hacia centro de estudios, transporte de menores al colegio, otras actividades, se desconoce.
- Desplazamiento previsto: local (menos de 50 km), medio (entre 50 km y 200 km), largo (más de 200 km), se desconoce.
- Acción especial del conductor: bajando o subiendo del vehículo, caída en la vía desde el vehículo.
- Presuntas infracciones del conductor: presuntamente no existe infracción, no respetar el stop, no respetar "ceda el paso", no respetar el semáforo, no respetar la norma genérica de prioridad, no respetar el paso de peatones, no respetar las indicaciones de un agente, no respetar otras señales de prioridad de paso, invadir parcialmente el sentido contrario, circular en zigzag, girar o cambiar de sentido incorrectamente, circular marcha atrás de manera incorrecta, adelantar antirreglamentariamente, frenar sin causa justificada, no mantener el intervalo de seguridad, parado o en estacionamiento prohibido o peligroso, no indicar o indicar mal una maniobra, circular en sentido contrario, circular por lugar prohibido, competiciones o carreras, se desconoce.
- Presunta infracción de velocidad del conductor: ninguna, velocidad inadecuada, para las condiciones de la vía, sobrepasar la velocidad establecida, marcha lenta entorpeciendo la circulación, se desconoce.
- Otra infracción del conductor: ninguna, circular sin luz, circular deslumbrando, carga mal acondicionada, exceso de carga, desprendimiento de carga, apertura de puertas sin precaución, exceso de ocupantes, otra infracción, se desconoce.
- Indicar si ha sido o no el responsable.
- Factores que pueden afectar a la atención y presuntos errores:
  - o Atención: uso de teléfono móvil, uso de manos libres, uso de GPS, uso de radio/dvd/ video/auriculares u otro, fumar, actividades simultáneas a la

conducción (comer, beber, buscar objetos...), interacción con los ocupantes, presencia de accidente anterior, mirar el entorno (paisaje, publicidad, señales...), estar pensativo o abstraído, sueño/ cansancio/fatiga, enfermedad súbita/indisposición, no se aprecia ningún factor, se desconoce.

- Errores: no se aprecian errores, no ver una señal, no ver un vehículo/peatón/obstáculo..., no entender una señal de tráfico o confundirla, indecisión/demora o retraso en tomar una decisión, ejecución incorrecta de maniobra o maniobra inadecuada, olvidos (intermitentes, luces...), sin especificar.
- Posición en el vehículo del pasajero: asiento delantero, asiento delantero central, asiento trasero izquierdo, asiento trasero derecho, asiento trasero central, otros asientos o literas, de pie, posición de pasajero, pasajero adicional, se desconoce.
- Acción especial del pasajero: bajando o subiendo del vehículo, caída en la vía desde el vehículo o caída dentro del bus.
- Acción del peatón previa al accidente: saliendo entre vehículos aparcados, en la calzada delante de la parada del bus, cruzando la calzada justo antes de una intersección, cruzando la calzada justo después de una intersección, cruzando la calzada en intersección, cruzando la calzada en sección, caminando o parado en la acera o refugio, caminando por la calzada o arcén, parado en la calzada o arcén, trabajando en la calzada o arcén, reparando el vehículo, servicio de auxilio en carretera, precipitación a la vía (puente, edificio,...), irrumpe en la calzada corriendo/jugando, auxiliando accidente anterior, se desconoce.
- Presunta infracción del peatón: ninguna infracción, no respeta semáforo de peatones, no cruza por paso para peatones, está o camina por la vía antirreglamentariamente, no obedece las indicaciones del agente, otras infracciones, se desconoce.

## **1.2. Accesibilidad y manejo de la información.**

La DGT permite el acceso público a los registros anteriores para obtener informes predefinidos o personalizados, en los que el interesado crea sus propias tablas tras la elección de determinados atributos, variables e indicadores. Sin embargo, si se desea disponer de los datos desagregados por caso, debe mediar una petición expresa por escrito ante la DGT, justificando el motivo de la petición (vinculado a un proyecto de investigación), y previa firma de un

compromiso de confidencialidad y uso responsable de la información por parte de todos los investigadores del grupo solicitante. En caso de obtener la autorización, la DGT envía la base de datos de forma anonimizada, excluyendo todos los ítems que permitan la identificación individual de las personas o los vehículos implicados en cada accidente, aunque manteniendo los datos generales que permitan caracterizarlos.

Si bien el Grupo de Investigación del Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Granada “Epidemiología de las lesiones por tráfico en España” lleva trabajando activamente con los datos de la DGT desde el año 2000, se decidió abordar los objetivos de la presente Tesis Doctoral empleando únicamente los datos de los Registro desde 2014 en adelante, pues en ese año es en el que produce la migración del sistema informático ARENA 1 al sistema ARENA 2. Por desgracia, la estructura y contenidos de los registros diseñados a partir de ambos sistemas difiere en elementos sustanciales, lo que nos aconsejó no emplear los datos del registro anteriores a 2014.

Una vez recibidas las bases de datos (en formato .csv), el paso previo a su análisis consistió en fusionar los datos contenidos en los cinco registros de cada año, para generar una única base de datos que contuviera toda la información completa: las características individuales de cada persona, las propias del vehículo que ocupaba en caso de que fuera conductor o pasajero y las del accidente en el que estuvo implicada. Para la fusión de registros se emplearon los correspondientes códigos de identificación de vehículo y accidente contenidos en las bases de datos originales. Finalmente, el proceso culminó con la fusión de las bases de datos anuales para el período de estudio: 2014 – 2017.

## **2. La metodología de la Exposición Cuasi Inducida.**

Para poder evaluar el impacto de la CSITV y la CSPV en los dos primeros eslabones de la cadena causal de las LPT (exposición y accidentalidad), es necesario disponer de una muestra de conductores/vehículos circulantes representativa del volumen total de conductores/vehículos que han circulado por las vías abiertas al tráfico en España entre 2014 y 2017. Ello es así por las dos siguientes razones:

1. El impacto de la CSITV y la CSPV sobre la intensidad de exposición se obtendría estimando la contribución de ambas infracciones al volumen total de exposición a la circulación o, dicho de otra forma, estimando qué proporción del volumen total de exposición de conductores/vehículos se realiza por parte de conductores/vehículos que circulan con una ITV caducada o ausente y/o con un permiso no válido. Expresado en términos epidemiológicos, se trataría de estimar la prevalencia de la CSITV y de la CSPV entre el total de vehículos/conductores circulantes, lo que, a su vez, requeriría disponer de una muestra representativa de esta última población.
2. El impacto de la CSITV y la CSPV sobre la accidentalidad se obtendría, a partir de un diseño de casos y controles, comparando las frecuencias de exposición a ambas infracciones entre conductores/vehículos que han sufrido/provocado un AT (casos) y una muestra representativa de los conductores/vehículos que no han sufrido/provocado un AT pero que están expuestos a ello (controles), es decir, de una muestra de conductores/vehículos circulantes procedente de la misma población de la que se han obtenidos los casos.

Disponer de esta muestra representativa de vehículos/conductores circulantes no es una tarea fácil. Una aproximación a ello, que permite obtener estimaciones de prevalencia de exposición, así como de fuerza de asociación para cualquier exposición y el riesgo de sufrir/provocar un AT, y que emplea únicamente información de personas/vehículos implicados en AT (obtenida a partir de registros policiales, disponibles en prácticamente todos los países desarrollados), se basa en la metodología de la exposición cuasi-inducida. En los siguientes apartados describimos el fundamento teórico de dicha metodología y la aplicación particular de la misma al Registro de Víctimas de AT que se ha empleado en esta Tesis Doctoral.

## **2.1. Fundamentos teóricos del método.**

El método de exposición cuasi inducida fue propuesto originalmente por Thorpe (Thorpe, 1967). Desde entonces, y en sus diversas variantes, los métodos de exposición inducida y cuasi-inducida se han empleado con frecuencia para el estudio de los factores asociados al riesgo de implicarse o de provocar AT (DeYoung et al., 1997; Hing et al., 2003; Preusser et al., 1998; Rice et al., 2004), dependientes del conductor o del vehículo, cuando no es posible disponer de



estimaciones directas de la intensidad de exposición para cada factor de riesgo considerado. Las diferentes aproximaciones basadas en esta metodología pueden consultarse en los artículos de Carr (1970), Cuthbert (1994), Lyles et al. (1991), Stamatiadis y Deacon (1997) y Chandraratna y Stamatiadis (2009). De forma resumida, el método propuesto por estos últimos autores, conocido como de exposición cuasi-inducida, y que es en el que se basa el empleado en esta Tesis Doctoral, se fundamenta en los siguientes principios (Lardelli-Claret et al., 2006):

- Seleccionar únicamente colisiones de dos vehículos en las que solo uno de los dos conductores implicados es considerado el responsable de la colisión. A estas colisiones se las denomina “colisiones limpias”.
- Los conductores/vehículos identificados como no responsables de estas colisiones limpias pueden considerarse, aproximadamente, una muestra aleatoria de los conductores/vehículos circulantes.
- De la asunción anterior se derivan otras dos:
  1. Entre los conductores/vehículos identificados como no responsables de colisiones limpias, la proporción de conductores/vehículos de categoría  $i$  estima de forma insesgada la prevalencia de exposición a dicha categoría entre el total de conductores circulantes.
  2. Para estimar el riesgo de implicación del conductor/vehículo de la categoría  $i$ , basta con comparar la frecuencia de esta categoría entre los conductores/vehículos responsables de colisiones limpias con la que se observa en la población de conductores/vehículos no responsables. Esta cantidad, conocida como la Razón de Implicación Relativa en un Accidente (RAIR, en sus siglas en inglés: *Relative Accident Involvement Ratio*) del conductor/vehículo de la categoría  $i$  ( $RAIR_i$ ) se estimaría, para las colisiones múltiples ( $RAIR_{i/m}$ ) mediante la siguiente ecuación:

$$RAIR_{i/m} = p_{i/r} / p_{i/nr} [1]$$

Siendo  $p_{i/r}$  la proporción de conductores/vehículos del tipo  $i$  entre los responsables y  $p_{i/nr}$  la proporción de conductores/vehículos del tipo  $i$  entre los no responsables de colisiones entre dos vehículos. Si la intensidad de exposición al riesgo de implicación en un AT fuera similar para las colisiones entre vehículos que para las colisiones simples (aquellas en las que hay un solo vehículo implicado), la expresión [1] también serviría para estimar el exceso de riesgo de provocar accidentes simples asociado al conductor/vehículo de la categoría  $i$  ( $\text{RAIR}_{i/s}$ ): bastaría con reemplazar el numerador de la fórmula [1] por  $p_{i/s}$ , siendo ésta la proporción de conductores/vehículos del tipo  $i$  implicados en accidentes simples. Puesto que la responsabilidad de un accidente es dicotómica, el cociente entre dos RAIR para sendas categorías de conductores/vehículos  $i$  y  $k$  equivale a la odds ratio (OR) de estar implicado en el accidente para el conductor/vehículo  $i$  con respecto al conductor/vehículo  $k$ . Así, las correspondientes ecuaciones para las colisiones limpias y para los accidentes simples serían, respectivamente:

$$\begin{aligned}\text{RAIR}_{i/m}/\text{RAIR}_{k/m} &= (p_{i/r}/p_{i/nr})/(p_{k/r}/p_{k/nr}) \\ &= (p_{r/i}/p_{nr/i})/(p_{r/k}/p_{nr/k}) \\ &= \text{OR}_{i/m},\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{RAIR}_{i/s}/\text{RAIR}_{k/s} &= (p_{i/s}/p_{i/nr})/(p_{k/s}/p_{k/nr}) \\ &= (p_{s/i}/p_{nr/i})/(p_{s/k}/p_{nr/k}) \\ &= \text{OR}_{i/s},\end{aligned}$$

Estas son las premisas teóricas del empleo de la metodología de la exposición cuasi-inducida para estimar OR a partir de muestras de conductores/vehículos implicados en accidentes de tráfico que, bajo un diseño equiparable al de casos y controles, estiman la fuerza de asociación de un conductor/vehículo de categoría  $i$  con respecto a de un conductor/vehículo de referencia  $k$ . Las ventajas y limitaciones teóricas de este planteamiento se verán en el apartado de discusión de la presente Tesis Doctoral.

## 2.2. Aplicación del método de exposición cuasi-inducida en esta Tesis Doctoral.

Para aplicar el método de la exposición cuasi-inducida al Registro de Víctimas de AT o, a fin de dar respuesta a los objetivos que requieren dicha metodología, se han tenido en cuenta las siguientes particularidades:

- Con respecto al concepto de colisión limpia, se ha ampliado su definición para incluir a aquellas colisiones de dos o más vehículos en los que solo uno de los conductores implicados pueda ser considerado responsable de la colisión. Con ello, y siguiendo los planteamientos de estudios más recientes (Voas et al., 2018; Missikpode, 2018), es aún más plausible la equiparación de los conductores no culpables con la población total de conductores circulantes.
- Aunque se ha mantenido la distinción entre las estimaciones de  $OR_{i/m}$  y de  $OR_{i/s}$ , para la CSPV se ha considerado también la estimación de un único valor de OR, combinando las colisiones entre dos o más vehículos con los AT simples. Esta estimación podría considerarse un valor promedio de la asociación entre la CSPV y la odds de provocar un AT en general.
- Aunque en el registro policial existe una variable que recoge, a juicio del policía que investiga el AT, cuál de los conductores implicados es considerado culpable del mismo, para asignar la responsabilidad del AT hemos optado por aplicar un criterio más objetivo, basado en la valoración que la policía hace de las infracciones y errores de conducción cometidos por todos los conductores implicados en cada accidente. Así, en el caso de los accidentes múltiples, etiquetamos como conductor responsable a aquel que ha cometido una infracción o un error de circulación y que se ha implicado en una colisión múltiple en la que ninguno de los otros conductores implicados en el mismo AT ha cometido error o infracción alguna. En el caso de los accidentes simples, siguiendo el criterio original, todos los conductores son considerados culpables del AT. Puesto que la valoración de errores o infracciones previas al AT se hace con anterioridad a la emisión de un juicio de culpabilidad por parte de la policía, asumimos que se trata de una valoración menos subjetiva. En cualquier caso, hemos observado una correlación muy buena entre ambos criterios de clasificación, si bien el que hemos aplicado en esta Tesis Doctoral presenta un número de valores faltantes sensiblemente menor. Por lo

demás, nuestra asunción admite que, en caso de que exista un error de clasificación, éste sesgará hacia el nulo el valor de cualquier estimador de fuerza de asociación, al hacer menos disímiles los dos grupos de comparación (casos y controles).

### **3. Diseños epidemiológicos empleados.**

En sentido estricto, salvo la revisión sistemática (cuya metodología general se describirá al final de este apartado), los restantes trabajos compendiados en esta Tesis Doctoral se basan en el mismo diseño epidemiológico: un estudio observacional retrospectivo basado en el análisis de una serie de casos (conductores y/o vehículos implicados en AT en España, entre 2014 y 2017, recogidos en el Registro de Víctimas de AT). No obstante, el análisis de la serie (y de los subgrupos definidos dentro de la misma), varía significativamente en función del objetivo de cada estudio, de tal forma que se han aplicado análisis propios de diseños transversales de prevalencia, de diseños de casos y controles y de diseños de cohortes. Seguidamente se resumen las características de cada uno de ellos.

#### **3.1. Diseño transversal de prevalencia.**

Para alcanzar los objetivos específicos 2.1.1. y 2.2.1 y, de acuerdo con los fundamentos del método de la exposición cuasi-inducida, se ha estudiado el subgrupo de conductores etiquetados como no culpables de colisiones limpias entre dos o más vehículos. El análisis de esta serie de casos ha sido el propio de un estudio descriptivo transversal retrospectivo. El instante de tiempo  $t$  simultáneo para todos los sujetos de la serie es el momento del accidente. Las variables de desenlace son la CSITV y la CSPV y las variables que permiten definir subgrupos son aquellas relacionadas con el conductor (edad, sexo, nacionalidad, consumo de alcohol, consumo de drogas, uso del cinturón de seguridad) el vehículo (tipo, presencia de defectos, años de antigüedad, número de pasajeros), y el ambiente (año, hora del día, zona, tipo de vía, condiciones de iluminación, condiciones meteorológicas y estado de la superficie).

El análisis de los datos es el propio de un estudio de prevalencia:

- Estimación de la prevalencia de CSITV y CSPV (puntual y mediante Intervalos de Confianza al 95%) en la población total y en los subgrupos de interés.

- Estimación de la fuerza de asociación cruda y ajustada entre la prevalencia de ambas infracciones y las restantes variables del conductor, el vehículo y el ambiente, mediante modelos de regresión logística uni y multivariante.

### **3.2. Diseño de casos y controles.**

Para dar respuesta a los objetivos específicos 2.1.2. y 2.2.2. y de acuerdo con los fundamentos del método de la exposición cuasi-inducida, se han seleccionado las siguientes series de casos:

- Conductores de turismos, furgonetas y vehículos todoterreno, etiquetados como no responsables de colisiones limpias entre dos o más vehículos. Constituirán el grupo control.
- Conductores de turismos, furgonetas y vehículos todoterreno etiquetados como responsables de colisiones limpias entre dos o más vehículos. Constituirán el primer grupo de casos.
- Conductores de turismos, furgonetas y vehículos todoterreno implicados en accidentes de tráfico simples (solo un vehículo implicado). Constituirán el segundo grupo de casos.

Este diseño se aplicó separadamente para la CSITV y la CSPV, consideradas en ambos casos como las variables de exposición. El objetivo era estimar su fuerza de asociación con la probabilidad de estar implicado/provocar un AT. En ambos diseños se consideraron como potenciales variables mediadoras o confusoras las mismas definidas en el diseño de prevalencia, ya comentado.

El análisis de los datos es el propio de un diseño de casos y controles: se trata de cuantificar la diferente frecuencia de exposición de casos (conductores responsables del AT) y controles (conductores inocentes), de forma cruda y tras ajustar por el efecto de potenciales confusores. Para ello se emplearon dos estrategias de análisis:

1. Cuando consideramos un único grupo de casos, se emplearon modelos de regresión logística uni y multivariantes para obtener, respectivamente, OR crudas y ajustadas (y sus correspondientes intervalos de confianza).
2. Cuando diferenciamos dos grupos de casos (lo que ocurrió en el trabajo 2, para estudiar separadamente la asociación entre la CSPV y el riesgo de provocar AT simples y colisiones entre vehículos), aplicamos modelos de regresión multinomial, que nos permiten obtener estimaciones separadas de Razones de Riesgos Relativos (RRR) para cada grupo de casos (conductores responsables de AT y conductores responsables de colisiones limpias), frente a un único grupo control (conductores no responsables de colisiones limpias) y cada motivo de CSPV.

### **3.3. Diseño de cohortes.**

Para dar respuesta a los objetivos específicos 2.1.3. y 2.2.3. se ha aplicado el análisis propio de un diseño de cohortes. Para el objetivo 2.1.3. la cohorte estuvo constituida por los conductores de turismos, furgonetas o vehículos todoterreno implicados en AT y considerados responsables de los mismos, mientras que, para el objetivo 2.2.3, se incluyó en la cohorte a los conductores de turismos, furgonetas o vehículos todoterreno etiquetados como no responsables de las colisiones limpias en las que estuvieron implicados. Ambas series de casos son tratadas como cohortes fijas retrospectivas, cuyo instante 0 de inclusión en la cohorte es el momento en el que ocurrió el AT y cuyo período de seguimiento son los 30 días posteriores al AT. La variable de exposición fue la CSPV (para el objetivo 2.1.3.) y la CSITV (para el objetivo 2.2.3.). En ambos diseños el desenlace fue la gravedad de las lesiones sufridas por el conductor, cuyas categorías originales eran: ileso, lesiones leves (no se requirió hospitalización de más de 24 horas); lesiones graves (se requirió hospitalización de más de 24 horas) y muerte en los 30 días posteriores al AT. Adicionalmente, para el objetivo 2.1.3. también se consideró como desenlace la gravedad intrínseca de AT: tras excluir las lesiones del conductor responsable, los AT se estratificaron en tres niveles de gravedad: bajo (no se requirió hospitalización de más de 24 horas para ninguna otra persona implicada); medio (al menos otra persona implicada requirió hospitalización de más de 24 horas) y alto (al menos otra persona murió en los 30 días posteriores al AT).

En todos los modelos se consideraron, como posibles mediadores o confusores de la asociación entre cualquiera de las dos infracciones y la gravedad, el resto de variables del conductor, el vehículo y el ambiente ya definidas en el apartado 3.1.

Para analizar los datos de estos diseños, además de estimar las incidencias de los desenlaces considerados en función de la exposición a cada infracción (puntual y por Intervalos de Confianza al 95%), se aplicaron los siguientes modelos para estimar la fuerza de asociación entre ellas y el desenlace:

- Cuando el desenlace se dicotomizó (comparando la muerte más la lesión grave frente al resto) se aplicaron modelos de regresión logística. Asumiendo una baja frecuencia de desenlace (menor al 2%) se puede asumir que la estimación de fuerza de asociación resultante (OR), es un estimador insesgado del Riesgo Relativo (RR). La razón de no utilizar modelos de regresión log binomial (que dan directamente estimaciones de RR) es que para algunos modelos ajustados no se alcanzaba la convergencia del modelo.
- Cuando se consideraron como desenlace las variables originales de gravedad (con tres o cuatro categorías, según los estudios), se aplicaron modelos de regresión logística multinomial, que permiten obtener estimaciones de RRR para cada nivel del desenlace en comparación con un desenlace basal (en nuestro caso la gravedad baja o gravedad media) sin el requerimiento de una asociación de magnitud constante entre la exposición y niveles crecientes del desenlace.

#### **3.4. Revisión Sistemática.**

En la sección de resultados en la que se incluye este trabajo (el número 6), se describe en detalle la metodología aplicada para realizar la revisión sistemática que, junto con el trabajo número 5, trata de dar respuesta al objetivo específico 2.2.2. Baste aquí reseñar los siguientes aspectos generales de la misma:

- Se realizó tras comprobar que los estudios originales previos mostraban una elevada heterogeneidad y que las dos revisiones previas realizadas ya eran bastante antiguas (la última, de 2014), no eran sistemáticas y adolecían de importantes defectos.

- Se trataron de seguir las recomendaciones de la declaración PRISMA (Hutton et al., 2016).
- Una vez identificadas las fuentes de heterogeneidad en los estudios incluidos en la revisión, se decidió no hacer un metanálisis con los estimadores de asociación obtenidos en cada estudio.

Como se ha indicado al inicio de esta sección, las particularidades del diseño y el análisis de los siete trabajos incluidos en esta Tesis Doctoral se describen en detalle en la sección de métodos de cada uno. Todos los análisis se han realizado con las distintas versiones del paquete estadístico Stata, adquiridas por el Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública de la Universidad de Granada durante el período de estudio (versiones 14, 15 y 16).





---

## **VI. RESULTADOS**



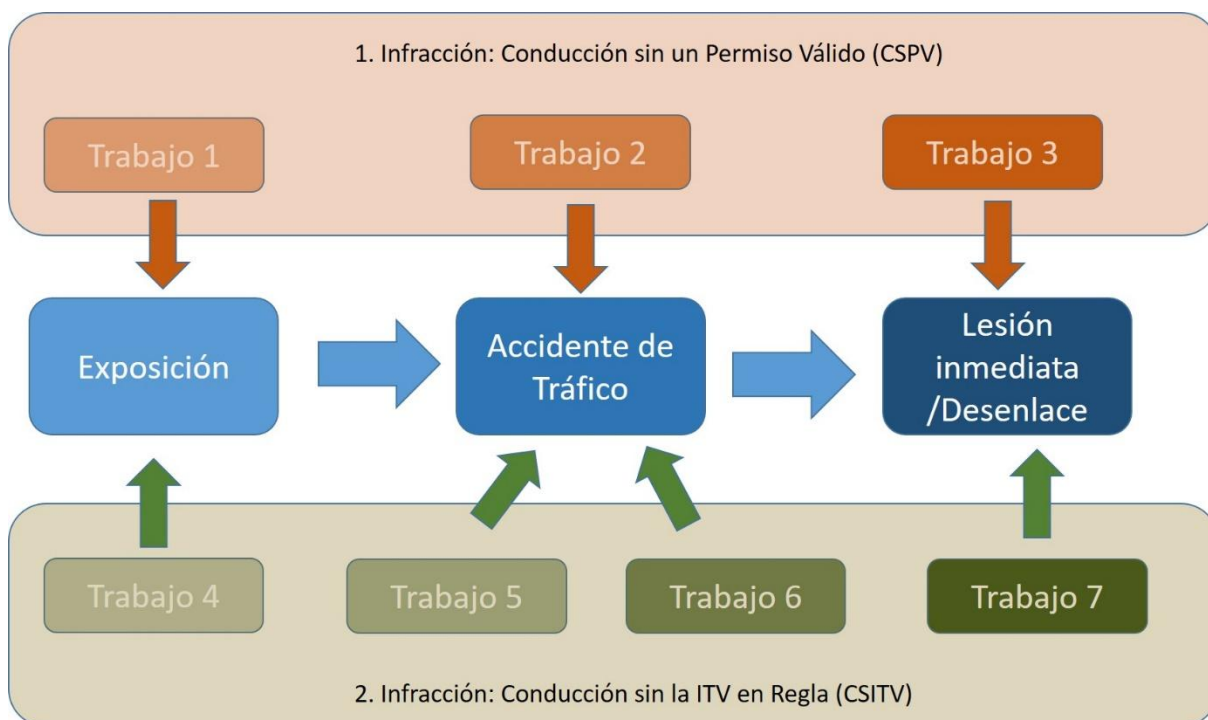
## VI. RESULTADOS

En esta sección presentamos los siete trabajos realizados en el ámbito de la sub-línea de investigación ya mencionada al inicio de la introducción, y que se basa en valorar y cuantificar el papel de las dos infracciones administrativas consideradas (la CSPV y la CSITV) en la cadena causal de las lesiones por tráfico. Como ya hemos comentado, dada la imposibilidad de deslindar los dos últimos eslabones de dicha cadena (lesividad inmediata y desenlace final), vamos a considerarlos conjuntamente. Por lo demás, el orden de presentación de los trabajos en esta sección responde a dos criterios:

- 1º) Presentamos en primer lugar los trabajos realizados para la CSPV (Trabajos 1, 2 y 3) y después, los realizados para la CSITV (Trabajos 4, 5, 6 y 7).
- 2º) Dentro de cada infracción, presentamos los trabajos ordenados en función del eslabón de la cadena causal sobre el que actúan: Exposición → Accidentalidad → Lesividad/Desenlace.

La siguiente figura representa de forma gráfica el orden de presentación de los siete trabajos.

Figura 15. Estructura de la presentación de los trabajos de la Tesis Doctoral.



El orden de presentación de los trabajos también coincide con el de los objetivos específicos de esta Tesis Doctoral (presentados en la Sección IV), pero no con el orden de su realización, que comprende desde enero de 2017 a diciembre de 2021, ni tampoco, para aquellos trabajos finalmente publicados en revistas periódicas impactadas, con la secuencia cronológica de su publicación.

De los siete trabajos realizados en el momento de redactar esta memoria, cuatro (el número 2, el número 4, el número 6 y el número 7) ya se han publicado como artículos originales en revistas periódicas, y se presentan editados en el formato de la revista correspondiente. Con respecto a los restantes tres trabajos, el número 3, tras haber sido rechazado en dos revistas, ha sido enviado para su publicación al *Journal of Transportation Safety & Security*. En cuanto a los trabajos 1 y 5, han sido rechazados en cuatro y una revista, respectivamente. En ambos casos, y por las razones que se expondrán en el preámbulo de cada trabajo, el grupo de investigación ha decidido no enviarlos de momento a ninguna otra revista. Los tres trabajos no publicados se presentan editados en el mismo formato que el resto de la memoria, en la versión que se envió a la última revista.

Independientemente de su estado de publicación, todos los trabajos contienen las secciones habituales de introducción, métodos, resultados, discusión y referencias. En cada una de ellas se describen en detalle los aspectos particulares de las correspondientes secciones generales de esta Tesis para cada uno de sus objetivos específicos, y sirven por tanto de complemento a dichas secciones generales.

## **1. Trabajos que valoran el papel de la CSPV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico**

### **1.1. Trabajo 1: Prevalencia y factores asociados a la CSPV en España, 2014-2017.**

Este trabajo trata de dar respuesta al objetivo específico 2.1.1. Su embrión fue un Trabajo de Fin de Grado realizado por un alumno de 6º curso del Grado de Medicina de la Universidad de Granada (Chakir el Maraoui) y que fue tutorizado por el doctorando y por uno de los Directores de esta Tesis. En dicho trabajo se estudiaba la prevalencia de la CSPV en 2014 y 2015. Posteriormente el doctorando completó el estudio, añadiéndole los datos del Registro de Víctimas de AT para los años 2016 y 2017, aplicando un proceso de imputación múltiple a los datos faltantes, incluyendo variables adicionales a los modelos multivariantes iniciales y redactando el trabajo en formato de artículo original para su envío a una revista.

El trabajo se ha enviado a cuatro revistas internacionales del área de conocimiento y en todas ha sido rechazado sin pasar a revisores. Entendemos que las razones de ello no son su falta de validez interna, sino el hecho de que se trata de un estudio descriptivo, cuyo ámbito de aplicación no va más allá de la población de conductores circulantes de España. Por lo demás, como se podrá comprobar tras la lectura del texto, la prevalencia estimada para la CSPV y sus distintas causas es baja, y no se detectan claros patrones de asociación de dicha prevalencia con otros factores de riesgo de la cadena causal de las LPT. Asumimos que todo ello ha conducido a que los editores de las revistas a las que se ha enviado el trabajo no lo hayan considerado interesante para sus potenciales lectores. Indudablemente, creemos que este trabajo sí sería de interés para una revista del área de conocimiento (accidentes, lesiones por causa externa, lesiones por tráfico) de ámbito nacional, pero por desgracia no hay ninguna revista impactada que reúna estas características. Hemos aplazado la decisión sobre la difusión de este trabajo hasta que se complete la presentación y defensa de esta Tesis Doctoral, pero creemos que la opción más razonable será enviarlo a la Dirección General de Tráfico, por si estiman pertinente difundirlo por sus canales habituales de divulgación (publicarlo como informe en su página web o como artículo de su Revista “Tráfico”).

## **PREVALENCIA Y FACTORES ASOCIADOS A LA CONDUCCIÓN SIN UN PERMISO VÁLIDO EN ESPAÑA, 2014-2017**

### **Resumen**

**Objetivo:** estimar la prevalencia de los motivos por las que se circula en España sin un permiso de circulación válido, así como cuantificar la asociación de estas circunstancias con otros factores o marcadores de riesgo.

**Método:** estudio transversal a partir del Registro Nacional de Víctimas de AT (2014-2017). Asumiendo el planteamiento de la exposición cuasi-inducida se analizó la prevalencia de conducción sin permiso de circulación válido y sus distintos motivos para toda la muestra y por subgrupos de edad y sexo. Posteriormente, se calcularon Odds Ratio ajustadas para el resto de variables potencialmente relacionadas.

**Resultados:** prevalencia del 0,96% para la conducción sin permiso válido. Tener el permiso caducado fue el motivo más frecuente (0,56%). En conductores de 18-24 años la infracción más frecuente fue no presentarlo (0,22%). Todas las infracciones fueron más frecuentes en varones, excepto tener el permiso caducado. Los factores de riesgo más importantes que se asocian a nuestra variable independiente son: conducir bajo efectos del alcohol (ORa: 8,12) u otras drogas (ORa: 27,45) con no presentarlo, no llevar cinturón de seguridad con nunca haberlo tenido (ORa: 9,03) o conducir un vehículo con inspección técnica caducada con permiso anulado (ORa: 5,49).

**Conclusiones:** la baja prevalencia de conducción sin permiso de circulación no apoya la necesidad de reforzar estrategias para reducir la circulación de este colectivo en España. Al igual que lo observado en otros países, este colectivo se asocia a una mayor prevalencia de implicación en prácticas de conducción de riesgo.

### **Palabras clave**

Accidentalidad en tráfico; factores de riesgo; permiso de circulación válido; exposición cuasi-inducida

## Introducción

Diversos estudios han constatado que la conducción sin un permiso de conducir válido (CSPV), ya sea por no haberlo obtenido nunca, porque esté caducado, o porque esté suspendido o anulado, se asocia a un incremento en el riesgo de provocar AT<sup>1-8</sup>. Aunque, a priori, el papel de la CSPV como marcador de un mayor riesgo de accidente es muy diferente en función de la causa de esta infracción<sup>1,2</sup>, se ha comprobado que, en general, la CSPV se relaciona con una mayor frecuencia de adopción de otras prácticas de conducción de riesgo, tales como el exceso de velocidad, la conducción bajo los efectos del alcohol u otras drogas, de noche, o sin el uso del cinturón de seguridad<sup>2,8-10</sup>.

Dando por cierta la asociación entre CSPV y accidentalidad, a la hora de poner en marcha estrategias de actuación enfocadas a reducir el impacto de este marcador de riesgo, sería esencial conocer su prevalencia en la población de conductores circulantes: incluso una asociación de muy elevada magnitud entre CSPV y accidentalidad no justificaría priorizar la adopción de medidas encaminadas a su control si el volumen de conductores que circularan sin un permiso válido fuera muy pequeño.

Por desgracia, la estimación de la prevalencia de CSPV es difícil<sup>1,2</sup>. La mayoría de estudios revisados arrojan estimaciones obtenidas de bases de datos policiales de conductores implicados en accidentes, especialmente los más graves o fatales<sup>1,2,9-11</sup>, pero no en muestras representativas de los conductores circulantes. Otros abordajes, como el empleo de encuestas a muestras de conductores<sup>7</sup>, o el empleo de datos procedentes de controles policiales a pie de carretera<sup>8</sup> no están exentos de sesgos (de información en el primer caso, y de selección en el segundo).

En España no se ha realizado ningún estudio destinado a estimar la prevalencia de CSPV, por lo que desconocemos la magnitud del problema sobre el que cabría plantearse actuar. Por otra parte, tampoco podemos confirmar que la CSPV, estratificada en función de sus diferentes causas, se asocie a otros factores o marcadores de una mayor accidentalidad por tráfico o a una mayor gravedad de los mismos. Para cubrir ambas carencias se ha planteado el presente estudio que, mediante un diseño basado en la metodología de la exposición cuasi-inducida, tiene por objetivo estimar la prevalencia de las diferentes causas por las que se circula en España sin un permiso de circulación válido (conducir sin llevarlo en el vehículo, sin haberlo obtenido nunca, con un permiso inapropiado, caducado, anulado o suspendido, o con una pérdida total de puntos), así como cuantificar la magnitud de la asociación de cada una de estas circunstancias



con otros reconocidos factores o marcadores de riesgo de la accidentalidad por tráfico y/o de su gravedad.

## **Métodos**

Se ha realizado un estudio transversal, a partir de la serie retrospectiva de casos originalmente constituida por todos los conductores implicados en AT con víctimas ocurridos entre los años 2014 a 2017 e incluidos en el Registro Nacional de Víctimas de AT de la Dirección General de Tráfico. Se trata de un registro de ámbito nacional, que incluye los datos contenidos en el formulario de AT con víctimas recogidos en la escena del accidente por los diferentes cuerpos policiales encargados de investigar los AT con víctimas en España. A partir de la aplicación ARENA2, dichos datos son codificados e incluidos en el registro. En el presente estudio no se incluyeron los datos suministrados por Cataluña y el País Vasco para los años 2014 y 2015 que no se remitieron a la DGT utilizando dicha aplicación. A partir de esta población inicial se aplicaron, de forma consecutiva, los siguientes criterios de selección:

- Se incluyeron únicamente aquellos conductores de cualquier tipo de vehículo implicados en una colisión con otro vehículo en movimiento. En consecuencia, se excluyeron los accidentes simples (un solo vehículo implicado) y las colisiones con peatones.
- Se excluyeron aquellos conductores para los que no se dispusiera de información en el registro sobre la comisión o no de infracciones y errores en la conducción previos al accidente.
- Se incluyeron únicamente aquellos conductores implicados en colisiones en las que solo uno de los conductores hubiera cometido alguna infracción o error en la conducción (“colisiones limpias”).
- A partir del subgrupo de conductores definido tras emplear el criterio anterior, se seleccionaron aquellos conductores que, estando implicado en colisiones limpias, no hubieran cometido ningún error o infracción previa a la colisión.

- Finalmente, dentro del subgrupo anterior se seleccionaron únicamente los conductores de turismos, furgonetas y vehículos todo terreno para los que se dispusiera de información sobre si conducían o no con un permiso válido. Este último subgrupo estuvo constituido por 51.656 conductores y constituyó nuestra muestra final de estudio.

De acuerdo con el planteamiento de la exposición cuasi-inducida<sup>12,13</sup>, asumimos que los conductores pasivamente implicados en una colisión entre dos o más vehículos constituyen una muestra representativa de los conductores circulantes en ese lugar y en ese momento. Por lo tanto, la distribución de las características de dichos conductores con respecto a las variables del conductor, del vehículo y del ambiente serán extrapolables a la distribución de las correspondientes características en el total de conductores circulantes. En el caso que nos ocupa, a partir de esta muestra podríamos estimar la prevalencia de circulación en España de CSPV, clasificada en función del motivo, tal y como éste viene recogido en el registro: permiso inapropiado, caducado, anulado o suspendido, no lo presenta, no lo ha tenido nunca o pérdida total de puntos.

Aparte de la CSVP y sus motivos, del citado registro se recogió también información sobre las siguientes variables, todas ellas potencialmente asociadas con dicha prevalencia:

- Variables del conductor: edad (18 a 25 años, 25-34, 35-44, 45-54, 55-64, >64 años), sexo (varón; mujer), nacionalidad (0: española; 1: otro país), uso de cinturón de seguridad (0: Sí; 1: No), test de alcoholemia: (0: No realizado; 1: Negativo; 2: Positivo –cualquier cantidad-), uso de drogas (0: no, no realizado o no consta; 1: sí).
- Variables del vehículo: Tipo de vehículo (turismo, todoterreno, furgoneta), Inspección Técnica del Vehículo (ITV) (0: en regla; 1: caducada), años de antigüedad del vehículo (<5, 5 a 9, 10 a 14, >14), presencia de defectos previos al accidente (0: no; 1: sí), presencia de otros pasajeros aparte del conductor (0: no; 1: sí).
- Variables del ambiente: año, hora a la que se produjo la colisión (0: 12-17 horas; 1: 0-5 horas; 2: 6-11 horas; 3: 18-23 horas), zona (urbana o carretera), tipo de vía (autopista/autovía, carretera convencional, calle, otra).

Análisis: Dado que para muchas de las variables recogidas en el estudio existía un volumen variable de datos faltantes (ver Tabla 1), y puesto que asumimos que una buena parte de ellos

seguían una distribución aleatoria (MAR: *missing at random*), a la base de datos se le aplicó un proceso de imputación múltiple de datos faltantes, siguiendo el método de ecuaciones encadenadas<sup>14,15</sup>. Así se obtuvieron 50 bases de datos completadas, en cada una de las cuales se realizaron los análisis que se describen a continuación. Finalmente, mediante el método propuesto por Rubin<sup>16</sup>, se obtuvo la media de los 50 resultados. El análisis de cada base consistió, en primer lugar, en la estimación de la prevalencia de CSVP y sus distintos motivos para toda la muestra y por subgrupos de edad y sexo. Para cada estimación se obtuvo su correspondiente intervalo de confianza al 95%, asumiendo una distribución binomial y mediante el método exacto. Posteriormente, mediante modelos de regresión logística múltiple, se valoró, para cada motivo de CSPV, su fuerza de asociación con el resto de variables independientes consideradas, a través de la obtención de Odds Ratio ajustadas (ORa), y sus correspondientes intervalos de confianza al 95%. Todos los análisis se realizaron mediante el paquete estadístico Stata (versión 15.0)<sup>17</sup>.

## Resultados

En la Tabla 1 se presenta la distribución de todas las variables en la muestra original (sin imputar). Del total de 51.656 conductores estudiados, 495 conducían sin un permiso válido, lo que representa el 0,96% (I.C. 95%: 0,88-1,05). En la Tabla 2 se muestra la prevalencia de CSPV por cada uno de sus motivos, para toda la muestra y estratificada por grupos de edad y sexo. Dada la baja frecuencia de las categorías “permiso anulado/suspendido” y “pérdida total de puntos”, y asumiendo que se refieren a circunstancias similares, se ha optado por fusionar ambas categorías. El motivo más frecuente de CSPV fue tener el permiso caducado (0,56%; 0,50-0,63), seguido por no presentarlo (0,20%; 0,16-0,24). Como es lógico, esta distribución cambia en los conductores más jóvenes (18-24 años), en los que las infracciones más frecuentes son no presentarlo (0,22%) y no haberlo obtenido nunca (0,10%). Con respecto a las diferencias por sexos, salvo tener el permiso caducado, las restantes infracciones fueron ligeramente más frecuentes en los varones.

La Tabla 3 muestra las ORa para cada uno de los motivos de CSPV. El bajo número de casos para algunos de ellos hace que en varios modelos no se pueda ajustar simultáneamente por todas las variables consideradas y que, en general, los intervalos de confianza de las ORa sean amplios. De forma general, los resultados más destacables son los siguientes:

- La positividad al alcohol se asocia a la conducción con un permiso caducado, inapropiado o anulado.
- La presencia de drogas se asocia a la conducción con un permiso caducado o a no presentar el permiso.
- La conducción con el certificado de inspección técnica del vehículo caducado se asocia a la conducción con un permiso caducado, anulado o a no haber tenido nunca el permiso.
- La nacionalidad extranjera se asocia a no presentar el permiso y a llevar un permiso inapropiado.
- No llevar el cinturón se asocia a no presentar el permiso o a no haberlo tenido nunca.
- Conducir un vehículo de más de 14 años de antigüedad se asocia a conducir con un permiso inapropiado.

## **Discusión**

Los resultados de nuestro trabajo reflejan que, afortunadamente, la prevalencia de CSPV es baja entre los conductores circulantes en España, tanto de forma global (0,96%), como por cualquiera de sus causas. Ya hemos comentado que los estudios al respecto realizados en otros países son escasos, tanto por la dificultad metodológica que entrañan como por el carácter ilegal de aquello que se pretende medir<sup>18</sup>. Por lo demás, la comparabilidad de sus resultados con los nuestros se ve dificultada por las diferencias en la metodología aplicada, en las definiciones de CSPV, así como por el tiempo transcurrido: la estimación más reciente que hemos hallado se refiere a 2010, y la mayoría de estudios se realizaron en la década de los noventa del pasado siglo.

El Departamento de Transporte del Reino Unido llevó a cabo un estudio entre 1999 y 2000 en el que, a través de una encuesta a una muestra representativa de conductores, identificó que, en conjunto, la proporción de horas de CSPV sobre el total de horas conducidas se hallaba en un rango comprendido entre el 0,19% y el 0,64%<sup>6</sup>, valores inferiores a los aportados en nuestro estudio, aunque la definición de CSPV aplicada en su encuesta era menos inclusiva que la nuestra. De hecho, para la conducción sin haber obtenido nunca un permiso, este rango se situó entre el 0,10% y el 0,55%, cifras bastante superiores a las nuestras (0,05%). En otro estudio realizado en Queensland en 2010, a partir de controles policiales aleatorios, Watson et al<sup>8</sup> reportaron una prevalencia de CSPV del 1%, cifra muy similar a la nuestra. También es similar la prevalencia del 1,1% para la CSPV válido obtenida mediante una encuesta administrada a

una muestra aleatoria de conductores, que fue tomada como el grupo control de un estudio de casos y controles realizado por Blow et al. en Auckland (Nueva Zelanda), entre 1998 y 1999<sup>7</sup>. Por su parte, Malenfant et al, también a partir de controles policiales de carretera, aportan una prevalencia de conducción con el permiso suspendido del 1.5% para los conductores residentes en el área de Great Moncton (Canadá), en 1997<sup>19</sup>.

Otros estudios arrojan estimaciones sensiblemente superiores. En particular, destacan los valores comunicados en dos estudios realizados en California empleando también la metodología de la exposición cuasi-inducida. En el primero de ellos, para el período comprendido entre 1987 y 1992, Young et al<sup>3</sup> comunican prevalencias de exposición del 8,8% para la conducción con el permiso suspendido o revocado, y del 4,4% para la conducción sin haber obtenido nunca el permiso. En el segundo, realizado por Brar entre 1987 y 2009, las cifras son ligeramente inferiores (5.8% y 4.1%, respectivamente)<sup>4</sup>.

En consonancia con los reportado en estudios previos<sup>6,10,20,21</sup>, la mayoría de infracciones relacionadas con la CSPV han sido ligeramente más prevalentes en los varones, especialmente para las categorías de permiso inapropiado y no lo presenta. También es consistente la mayor frecuencia de no haber tenido nunca el permiso entre los conductores más jóvenes<sup>21</sup>. De hecho, algunos estudios se orientan en la valoración del problema que entrañan los conductores jóvenes que conducen sin haber obtenido el permiso de conducir y su asociación con otros factores de riesgo de AT y su gravedad<sup>20,22,23,24</sup>.

Como ya se comentó en la introducción, parece existir una coincidencia en la bibliografía revisada acerca de la asociación entre la CSPV y otros factores o grupos de riesgo de la accidentalidad por tráfico y su gravedad (exceso de velocidad, alcohol, conducción nocturna, etc.)<sup>2,6,8-11,19,23</sup> aunque, indudablemente, los CSPV no pueden ser tratados como un grupo homogéneo, pues cada motivo se relacionará con distintos subgrupos de conductores y estilos de conducción<sup>5,18</sup>. Por lo demás, muchas de las asociaciones entre CSPV y otros factores o marcadores de riesgo se han detectado en series de conductores accidentados<sup>2,8,10,11,20,21,23</sup>, lo que lleva aparejado un sesgo de selección, resultante de condicionar las asociaciones anteriores por un desenlace común a todos los factores (el accidente)<sup>25</sup>. Esta situación no se daría en nuestro estudio, al restringir nuestra muestra a los conductores inocentes, siempre que asumamos que estos representan bien a los conductores circulantes. Por el contrario, el bajo número de CSPV identificados en nuestra muestra limita la posibilidad de detectar de forma estadísticamente significativa algunas de las asociaciones observadas en otros estudios, como

la menor edad del conductor o la conducción nocturna<sup>9,10,21</sup>. A pesar de ello, podemos decir que nuestras estimaciones son consistentes con lo reportado en la mayoría de ellos. De todos los factores analizados, el que muestra una asociación más fuerte y consistente con la mayoría de motivos de CSPV es la conducción bajo los efectos del alcohol. Este hecho ha sido ampliamente constatado en la bibliografía para distintos tipos de CSPV<sup>6,7,9-11,21</sup>. Evidentemente, conducir con el permiso anulado o suspendido es uno de los motivos más fuertemente asociados a la conducción bajo los efectos del alcohol, dado que es precisamente esta práctica la que conduce con una elevada frecuencia a la suspensión del permiso y, como se ha constatado en la bibliografía<sup>26</sup>, una elevada proporción de conductores a los que se les ha retirado el permiso por conducir bajo los efectos del alcohol refieren seguir conduciendo.

Otras asociaciones detectadas en nuestro estudio también son consistentes con lo reportado en la bibliografía, como la que existe entre la CSPV y la nacionalidad extranjera<sup>6</sup> o el no uso del cinturón de seguridad<sup>11,24,27</sup>. Por otra parte, es llamativa la asociación entre algunos motivos de CSPV con variables potencialmente asociadas a una mayor accidentalidad dependientes de las características del vehículo, como su mayor antigüedad o tener la ITV caducada, asociaciones que no se han descrito en estudios previos.

Las principales limitaciones de nuestro estudio dependen sobre todo de dos factores: los inherentes a la metodología empleada y a la fuente de información utilizada. Aunque diversos autores han aportado argumentos a favor de la principal asunción implícita en el método de la exposición cuasi-inducida (la representatividad de los conductores inocentes con respecto a los conductores circulantes)<sup>28,29</sup>, su utilidad específica para estimar la prevalencia de CSPV ha sido cuestionada<sup>1,3</sup>. Uno de los argumentos aducidos para ello es el llamado efecto halo: que el conocimiento de que un conductor conduce sin licencia influya en la policía a la hora de etiquetarlo como culpable del accidente, independiente de su comportamiento real en el mismo<sup>3,4</sup>. Sin embargo, en nuestro estudio, la asignación de la culpabilidad de la colisión no se ha basado en el juicio de la misma por parte de la policía, sino en la valoración que ésta ha hecho de las infracciones y los errores de conducción cometidos por los conductores implicados, por lo que asumimos que este efecto halo debe ser de menor magnitud.

Con respecto al registro de víctimas de AT, sabemos que, como cualquier registro policial, tiende a sobreestimar los accidentes más graves. Al margen de ello, la validez de la información para las variables recogidas en el mismo puede ser cuestionable. En el caso de las infracciones

sobre el permiso de conducir, podría plantearse que su indagación fuera más frecuente en los conductores que hubieran cometido otras infracciones, lo que conduciría a una subestimación de su prevalencia en nuestra muestra de conductores inocentes.

En conclusión, la baja prevalencia de CSPV observada en nuestro estudio no apoya la necesidad de reforzar las estrategias ya existentes para reducir la circulación de este colectivo de conductores de riesgo en España, colectivo que, al igual que lo observado en otros países, se asocia a una mayor prevalencia de implicación en otras prácticas de conducción de riesgo, tales como conducir bajo los efectos del alcohol u otras drogas, no usar el cinturón de seguridad o conducir un vehículo con la inspección técnica caducada.

## **Bibliografia**

1. Watson B, Armstrong K, Wilson A, Barraclough P. Crahs involvement patterns of unlicensed drivers: Literature review. Report to Queensland Department of Transport and Main Roads. 2011.
2. Sagberg F. Characteristics of fatal road crashes involving unlicensed drivers or riders: Implications for countermeasures. *Accid Anal Prev.* 2018; 117: 270-275.
3. DeYoung DJ, Peck RC, Helander CJ. Estimating the exposure and fatal crash rates of S/R and unlicensed drivers in California. *Accid Anal Prev.* 1997; 29: 17-23.
4. Brar SS. Estimating the over-involvement of suspended, revoked, and unlicensed drivers as at-fault drivers in California fatal crashes. *J Safety Res.* 2014; 50: 53-58.
5. Gebers MA, DeYoung DJ. An Examination of the Characteristics and Traffic Risk of Drivers Suspended/Revoked for Different Reasons. California Department of Motor Vehicles Research and Development Section. 2002.
6. Knox D, Turner B, Silcock D, Silcock BR, Beuret K, Metha J. Research into unlicensed driving. UK Department of Transport. 2003; 48.
7. Blows S, Ivers R, Connor J, Ameratunga S, Woodward M, Norton R. Unlicensed Drivers and Car Crash Injury. *Traffic Inj Prev.* 2005; 6: 230-234.
8. Watson BC, Armstrong KA, Watson A, Wilson A, Livingstone, Kerrie. A roadside survey of unlicensed driving in Queensland. In Proceedings of Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference 2011, Perth Convention and Exhibition Centre, Perth, WA.
9. Harrison WA. An exploratory investigation of the crash involvement disqualified drivers and motorcyclists. *J Safety Res.* 1997; 28: 213-219.



10. Griffin LI, DeLaZerda S. Unlicensed to kill. Washington, DC: AAA Foundation for Traffic Safety. 2000.
11. Federal Office of Road Safety. Road behaviour of unlicensed motorists involved in fatal crashes. Federal Office of Road Safety, Canberra. 1997.
12. Chandraratna S, Stamatiadis N. Quasi-induced exposure method: evaluation of not-at-fault assumption. *Accid Anal Prev.* 2009; 41: 308–13.
13. Lardelli-Claret, P, Jiménez-Moleon JJ, de Dios Luna-del-Castillo J, García-Martín M, Moreno-Abril O, Bueno-Cavanillas A. Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. *Am. J. Epidemiol.* 2006; 163: 188-195.
14. Van Buuren, S. Multiple imputation of discrete and continuous data by fully conditional specification. *Stat Methods Med Res.* 2007; 16: 219-242.
15. Royston P. Multiple imputation of missing values: further update of ice, with an emphasis on categorical variables. *SJ.* 2009; 9: 466-477.
16. Little RJ, Rubin DB. *Statistical analysis with missing data* (Vol. 793). Hoboken, NJ, US:John Wiley & Sons 2019.
17. Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX: StataCorp LLC; 2017.
18. Watson BC. The road safety implications of unlicensed driving: A survey of unlicensed drivers. Australian Transport Safety Bureau, Civic Square, ACT. 2003.
19. Malenfant JEL, Van Houton R, Jonah B. A study to measure the incidence of driving under suspension in the Greater Moncton area. *Accid Anal Prev.* 2002; 34: 439-447.
20. Hanna CL, Taylor DM, Sheppard MA, Laflamme L. Fatal crashes involving young unlicensed drivers in the U.S. *J Safety Res.* 2006; 37(4): 385-393.

21. Watson B, Armstrong k, Watson A, Barraclough P. Crash involvement patterns of unlicensed drivers and riders in Queensland. Report to the Department of Transport and Main Roads. 2012.
22. Hanna CL, Laflame L, Elling B, Möller J. Unlicensed driving and other related health risk behaviors: A study of Montana high school students. *Accid Anal Prev.* 2014; 54: 26-31.
23. Hanna CL, Hasselberg M, Laflame L, Möller J. Road traffic crash circumstances and consequences among young unlicensed drivers: A Swedish cohort study on socioeconomic disparities. *BMC Public Health.* 2010; 10: 14.
24. Fu J, Anderson CL, Dziura JD, Crowley MJ, Vaca FE. Young unlicensed drivers and passenger safety restraint use in US Fatal crashes: concern for risk spillover effect?. *Ann Adv Automot Med.* 2012; 56: 37-43.
25. Hernán MA, Hernández-Díaz S, Robins JM. A Structural Approach to Selection Bias. *Epidemiology.* 2004;15: 615-625.
26. Lenton S, Ftherson J, Cercarelli R. Recidivist drink drivers' self-reported reasons for driving whilst unlicensed-A qualitative analysis. *Accid Anal Prev.* 2010; 42: 637-644.
27. Kim S, Kim K. Personal, temporal, and spatial characteristics of seriously injured crash-involved seatbelt non-users in Hawaii. *Accid Anal Prev.* 2003; 35: 121-130.
28. Shen S, Pope CN, Stamatiadis N, Zhu M. Validation of not-at-fault driver representativeness assumption for quasi-induced exposure using US national traffic databases. *J Safety Res.* 2019; 71: 243-249.
29. Jiang X, Lyles RW. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid Anal Prev.* 2010; 42: 1352-1358.

Tabla 1. Distribución de las variables recogidas en la muestra de estudio (N=51.656).

<b>Variable</b>	<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Sexo	Varón	32,552	63.02
	Mujer	19,074	36.93
	Sin especificar	30	0.06
Edad	<25	4,961	9.60
	25-34	12,423	24.05
	35-44	14,683	28.42
	45-54	10,102	19.56
	55-64	5,697	11.03
	>64	3,586	6.94
	Sin especificar	204	0.39
	Nacionalidad	Español	50,630
	Extranjero	996	1.93
	No especificado	30	0.06
Test de alcoholemia	No realizado	25,264	48.91
	Negativo	25,855	50.05
	Positivo	327	0.63
	Sin especificar	210	0.41
Uso de drogas	No realizado	51,628	99.95
	/No consta/Negativo		
	Positivo	28	0.05
Uso de cinturón	Sí	43,767	84.73
	No	380	0.74
	Sin especificar	7,509	14.54
Tipo de vehículo	Turismo	45,793	88.65
	Furgoneta	4,583	8.87
	Todoterreno	1,280	2.48
Inspección técnica del vehículo caducada	No	48,769	94.41
	Sí	2,537	4.91
	Sin especificar	350	0.68
Años de antigüedad del vehículo	0-4	9,870	19.11
	5-9	13,229	25.61

	10-14	16,235	31.43
	15 o más	12,291	23.79
	Sin especificar	31	0.06
Defectos del vehículo	No	51,436	99.57
	Sí	215	0.42
	Sin especificar	5	0.01
Otros pasajeros en el vehículo	No	29,819	57.73
	Sí	21,837	42.27
Año	2014	10,480	20.29
	2015	12,916	25.00
	2016	13,784	26.68
	2017	14,476	28.02
Hora de la colisión	00:00-05:00	1,588	3.07
	06:00-11:00	13,153	25.46
	12:00-17:00	21,519	41.66
	18:00-23:00	15,396	29.80
Zona de la colisión	Urbana	21,508	41.64
	Carretera	30,148	58.36
	Autopista/Autovía	11,472	22.21
Tipo de vía	Carretera convencional	18,243	35.32
	Calle	19,761	38.25
	Otra	2,180	4.22

---

Tabla 2. Prevalencia de los distintos motivos de Conducir Sin Permiso Válido, en toda la muestra y por grupos de edad y sexo.

	<b>Inapropiado</b>		<b>Caducado</b>		<b>Anulado</b>		<b>No lo presenta</b>		<b>No lo ha tenido nunca</b>	
	Prev.		Prev.		Prev.		Prev.		Prev.	
	(%)	I.C. 95%	(%)	I.C. 95%	(%)	I.C. 95%	(%)	I.C. 95%	(%)	I.C. 95%
Total	0.08	0.06-0.11	0.56	0.50-0.63	0.08	0.06-0.11	0.20	0.16-0.24	0.05	0.03-0.07
18-24	0.06	0.01-0.18	0.06	0.01-0.18	0.00	-	0.22	0.11-0.40	0.10	0.03-0.24
25-34	0.14	0.07-0.22	0.48	0.37-0.62	0.09	0.04-0.15	0.17	0.10-0.26	0.03	0.00-0.08
35-44	0.06	0.03-0.12	0.57	0.46-0.71	0.10	0.05-0.16	0.12	0.07-0.19	0.07	0.03-0.13
45-54	0.04	0.01-0.10	0.81	0.65-1.00	0.08	0.03-0.16	0.22	0.14-0.33	0.03	0.01-0.09
55-64	0.07	0.02-0.18	0.60	0.41-0.83	0.09	0.03-0.20	0.12	0.05-0.25	0.00	-
>64	0.08	0.02-0.24	0.70	0.45-1.02	0.08	0.02-0.24	0.22	0.09-0.44	0.08	0.02-0.24
Varones	0.10	0.07-0.14	0.55	0.47-0.63	0.09	0.06-0.13	0.22	0.18-0.28	0.06	0.03-0.09
Mujeres	0.04	0.01-0.08	0.58	0.47-0.69	0.06	0.03-0.10	0.13	0.08-0.19	0.04	0.01-0.08

Tabla 3. Odds Ratio ajustadas por cada motivo de Conducir Sin Permiso Válido.

Variable (cat. de referencia)	Categorías de exposición <sup>1</sup>	Permiso caducado			No lo presenta			Permiso inapropiado			Permiso anulado			Nunca lo ha tenido		
		OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%		OR	I.C. 95%	
Sexo (varón)	Mujer	1,08	0,84	1,38	0,74	0,46	1,20	0,40	0,17	0,92	0,72	0,35	1,46	0,86	0,35	2,13
Edad (años) (35 a 44)	18 a 24	0,10	0,03	0,32	1,77	0,82	3,79	0,96	0,26	3,59				1,32	0,44	3,97
	25 a 34	0,81	0,58	1,13	1,28	0,68	2,41	2,44	1,08	5,52	0,89	0,40	1,96	0,48	0,15	1,53
	45 a 54	1,45	1,07	1,97	1,80	0,95	3,40	0,59	0,18	1,95	0,79	0,33	1,89	0,44	0,12	1,62
	55 a 64	1,06	0,70	1,58	1,03	0,42	2,48	0,98	0,30	3,23	0,81	0,29	2,27			
	> 64	1,22	0,77	1,94	1,71	0,73	4,00	0,88	0,23	3,32	0,67	0,19	2,38	1,17	0,31	4,38
Nacionalidad (español)	Extranjeros	0,50	0,16	1,57	10,42	5,80	18,74	13,35	4,87	36,63				3,95	0,84	18,64
Alcohol (prueba no realizada)	negativo	0,86	0,65	1,14	0,45	0,26	0,77	1,69	0,78	3,67	1,01	0,48	2,13			
	positivo	2,77	1,21	6,34	1,07	0,14	8,12	8,87	1,90	41,48	5,67	1,22	26,42			
Drogas (no, no realizada, no consta)	positivo	10,82	1,99	58,73	27,45	3,15	238,83									
Uso cinturón (sí)	No	1,36	0,41	4,48	5,95	2,18	16,23							9,03	1,63	50,15
Algún pasajero (no)	Sí	0,87	0,68	1,11	1,27	0,82	1,97	0,67	0,34	1,30	0,95	0,51	1,78	2,01	0,88	4,55
Tipo de vehículo (turismo)	Furgonetas	0,50	0,30	0,84	0,48	0,17	1,32	1,10	0,42	2,89	0,86	0,30	2,48	1,86	0,61	5,65
	Todo terrenos	0,97	0,48	1,97	0,86	0,21	3,54				0,85	0,11	6,25			
	5-9	1,38	0,94	2,02	1,18	0,64	2,17	0,64	0,14	2,89	1,00	0,32	3,19	0,48	0,11	2,04

Antigüedad del vehículo	10 a 14	1,13	0,78	1,65	0,75	0,40	1,43	1,34	0,40	4,49	1,08	0,36	3,19	0,73	0,22	2,45
(años) (<5 años)	>14	1,32	0,90	1,94	0,93	0,49	1,77	4,74	1,63	13,79	2,53	0,92	6,94	1,60	0,54	4,77
Algún defecto (no)	Sí	1,73	0,58	5,14												
ITV caducada (no)	Sí	4,96	3,66	6,72	1,74	0,79	3,85	1,45	0,51	4,16	5,49	2,62	11,50	4,08	1,47	11,29
Año (2014)	2015	0,73	0,51	1,05	0,28	0,13	0,60	1,41	0,41	4,81	0,92	0,33	2,56	0,53	0,15	1,90
	2016	0,87	0,62	1,22	0,60	0,34	1,07	2,42	0,80	7,27	1,29	0,51	3,27	0,71	0,22	2,23
	2017	0,91	0,65	1,26	0,57	0,31	1,02	3,52	1,23	10,09	1,15	0,45	2,92	0,85	0,29	2,51
Hora del día (12:00 a 17:59)	00:00 a 05:59	1,27	0,70	2,32	0,77	0,23	2,57	1,53	0,34	6,82				1,22	0,27	5,39
	06:00 a 11:59	0,80	0,59	1,07	0,56	0,30	1,06	1,79	0,87	3,70	0,63	0,26	1,54	0,19	0,04	0,85
	18:00 a 23:59	0,79	0,59	1,06	0,87	0,53	1,42	0,69	0,29	1,66	1,31	0,66	2,59	0,29	0,10	0,88
Zona (Urbana)	Carretera	0,92	0,42	2,01	1,44	0,34	6,17	1,80	0,19	17,20						
Tipo de vía (Autopista/Autovía)	Carretera convencional	1,08	0,79	1,48	0,86	0,45	1,66	5,37	1,23	23,37	1,39	0,63	3,08	0,33	0,11	1,02
	Calle	0,72	0,31	1,65	1,51	0,32	7,03	12,37	0,86	177,70				0,66	0,25	1,72
	Otra	0,80	0,37	1,73	1,61	0,48	5,43	10,76	1,61	71,76				0,52	0,06	4,25

## 1.2. Trabajo 2: ¿Se asocia la CSPV a un mayor riesgo de provocar un AT?

Este trabajo trata de dar respuesta al objetivo específico 2.1.2. Tras revisiones mayores, fue aceptado para su publicación en la revista *Accident Analysis and Prevention* el 5 de noviembre de 2020. La referencia del artículo es la siguiente:

Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E. y Lardelli-Claret, P. (2021). Is driving without a valid license associated with an increased risk of causing a road crash?. *Accident Analysis & Prevention*, 149, 105872.

DOI: 10.1016/j.aap.2020.105872. Epub 2020 Nov 13. PMID: 33197794

En 2020, *Accident Analysis and Prevention* tenía un índice de impacto de 4,993 en el *Social Science Citation Index* y ocupaba la posición 1 de 16 en la categoría *Ergonomics* y la 15 de 176 en la categoría *Public, Environmental & Occupational Health* (Q1, D1 en ambas categorías).

En las siguientes páginas presentamos el artículo en su versión publicada.

Reproducido con permiso de la editorial (Elsevier).

[Reproduced with permission from the Publisher (Elsevier)].





## Is driving without a valid license associated with an increased risk of causing a road crash?

Luis Miguel Martín-delosReyes<sup>a,b</sup>, Virginia Martínez-Ruiz<sup>a,c,d</sup>, Mario Rivera-Izquierdo<sup>a,b,d,e,\*</sup>, Eladio Jiménez-Mejías<sup>a,c,d</sup>, Pablo Lardelli-Claret<sup>a,c,d</sup>

<sup>a</sup> Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avenida de la Investigación 11, Edificio A, 8<sup>o</sup> planta, 18016, Granada, Spain

<sup>b</sup> Doctoral Program in Clinical Medicine and Public Health, University of Granada, Spain

<sup>c</sup> Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain

<sup>d</sup> Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs.GRANADA), Spain

<sup>e</sup> Service of Preventive Medicine, Hospital Clínico San Cecilio, Granada, Spain

### ARTICLE INFO

#### Keywords:

Unlicensed  
Suspended  
Revoked drivers  
Road crash  
Risk  
Quasi-induced exposure

### ABSTRACT

The aim of this study was to estimate the association between each cause of driving without a valid license (DWVL) and the risk of causing a road crash, considering driver, vehicle and environmental factors. A case-control study based on data from the Spanish Register of Road Accidents with Victims was carried out between 2014 and 2017. Cases included 28,620 drivers of moving private cars, vans and off-road vehicles involved in single crashes plus 50,100 drivers deemed responsible for clean collisions (i.e. those in which only one driver was labeled as responsible). In accordance with the quasi-induced exposure approach, drivers not responsible for clean collisions comprised the control group (N = 51,656). Logistic and multinomial regression models were used to estimate crude and adjusted Odds Ratios or Relative Risk Ratios between each reason for DWVL and the risk of being a case of all, single and multi-vehicle collisions. A significant association was found between all reasons for DWVL and the risk of causing a road crash. This association was particularly high for drivers with a suspended license and drivers who had never obtained a license. In these subgroups of drivers, the proportion of the relationship explained by high-risk driving behaviors is high. Our results support the need for applying continued strategies to identify and control these subgroups of drivers.

### 1. Introduction

In the past few decades, several investigations have provided evidence of a relationship between driving without a valid license (DWVL) (e.g., unlicensed drivers, driving with a suspended, revoked or expired license) and an increased risk of causing or being involved in a road crash (DeYoung et al., 1997; Knox et al., 2003; Blows et al., 2005a, b; Watson et al., 2011a, b; Brar, 2014; Sagberg, 2018). The recognized association between DWVL and other classic risk factors for road crash, including driving under the influence of alcohol or other drugs, speeding, lower age/inexperience or driving after midnight (Harrison, 1997; Federal Office of Road Safety, 1997; Griffin and DelaZerda, 2000; Malenfant et al., 2002; Knox et al., 2003; Blows et al., 2005b; Hanna et al., 2010, 2013; Watson et al., 2011a, b, 2012; Sagberg, 2018;

Boulagouas et al., 2020), have been usually invoked to explain the above relationship. In addition, there is evidence supporting an association between unlicensed drivers and young male drivers (Griffin and DelaZerda, 2000; Knox et al., 2003; Watson et al., 2011a, b, 2012; Boulagouas et al., 2020).

#### 1.1. Review of the literature

After a careful reading of previous literature on the relationship between DWVL and risk of crash, we have detected a number of issues which should require further investigation:

First, some previous studies did not distinguish between the different reasons for DWVL, which may be problematic (Knox et al., 2003; Blows et al., 2005a,b, Sagberg, 2018; Boulagouas et al., 2020). For instance, it

\* Corresponding author at: Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avda. de la Investigación 11, 18016, Granada, Spain.

E-mail address: [mario.rivera.sspa@juntadeandalucia.es](mailto:mario.rivera.sspa@juntadeandalucia.es) (M. Rivera-Izquierdo).

<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105872>

Received 13 July 2020; Received in revised form 27 October 2020; Accepted 5 November 2020

Available online 13 November 2020

0001-4575/© 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

is clear that driver-related characteristics and the intrinsic risk of causing a road crash will be very different for a driver who never obtained a license, a driver with a suspended license or a driver with an expired license (Watson, 2003, 2011a, b). Moreover, much less attention has been paid in previous research to other -presumably- less serious license-related violations, such as yielding an inappropriate license or not holding a license at the time of the infraction.

Secondly, the design of many previous studies which support the association between DWVL and the risk of road crash precludes an assessment of the strength of the association. This is because they are based solely on case series of drivers involved in road crashes (Harrison, 1997; Griffin and DelaZerda, 2000; Hanna et al., 2006, 2010, 2013; Hasselberg and Laflamme, 2009; Sagberg, 2018) and, thus, they do not take into account the amount of exposure of this subgroup of drivers in relation to the entire population of drivers on the road. At most, these studies are only valid for assessing differences in the prevalence of DWVL among drivers involved in different subtypes of road crashes (e. g., fatal versus non-fatal or single versus multi-vehicle crashes) (Harrison, 1997; Griffin and DelaZerda, 2000; Hasselberg and Laflamme, 2009; Hanna et al., 2010; Watson et al., 2012; Boulagouas et al., 2020). To overcome this limitation, some authors have applied the quasi-induced approach to case series of drivers involved in road crashes, after classifying them according to their responsibility in the crash. This approach assumes that the prevalence of DWVL among drivers who are not responsible for the road crash (non-responsible drivers) is a valid estimate of the prevalence of DWVL among all drivers on the road, thus providing an estimate of exposure (DeYoung et al., 1997; Watson et al., 2012; Brar, 2014). Unfortunately, the number of such studies is small -one in Queensland and two in California- and none have been conducted in Europe. Moreover, some concerns about the methodology applied in these studies raised doubts regarding their internal and external validity. For example, the two studies carried out in California only analyzed fatal crashes. Finally, neither of these studies provided adjusted estimates of the strength of the association between DWVL and the risk of crash, which involves other potentially explanatory factors related to the driver, vehicle or environment. In fact, we only found one study which, using a different approach (a case-control design), provided an estimate of the association between DWVL and the risk of crash adjusted by other risk factors of road crash (Blows et al., 2005b).

### 1.2. Objectives of the study

In an attempt to overcome the above-mentioned limitations, we carried out the present study in order to answer the following two research questions:

What is the strength of the association between each cause of DWVL and the risk of causing a road crash in Spain, from 2014 to 2017, overall and according to the type of crash and its severity?

What is the proportion of the former associations that can be explained by other known risk factors related to the driver, vehicle and environment?

## 2. Methods

### 2.1. Methodological background

We performed a retrospective case-control study based on the quasi-induced exposure method (Chandraratna and Stamatiadis, 2009; Lardelli-Claret et al., 2006). The aim of this method is to estimate the increase in risk of being involved in a road crash associated with different driver- or vehicle-related characteristics, when direct measurements of the intensity of exposure for those characteristics are not available. Briefly, this method assumes that non-responsible drivers involved in clean collisions (those in which only one of the drivers involved was held responsible for the crash) may be considered an approximately random

sample of the population of road users. Therefore, estimating the risk of involvement in a crash for a certain type of driver or vehicle simply requires comparing the frequency of this particular driver or vehicle in the population of responsible drivers with the frequency of the same driver or vehicle in the sample of non-responsible drivers. In the next sections, we will explain the specific adaptation of this method to our objectives.

### 2.2. Study populations and variables

Our source population initially comprised all drivers of moving vehicles involved in road crashes with victims -other than pedestrians- who were included in the Spanish Register of Road Crashes with Victims (SRRCV) between 2014 and 2017. The SRRCV is a nationwide police register maintained by the Spanish National Traffic Directorate that contains all the information about the crash, vehicles, drivers and other individuals involved, collected by the police officer at the scene of the crash. Using specific software (ARENA 2), this information is coded and included in the register. Information from two Spanish Autonomous Communities (Catalonia and the Basque Country) during 2014 and 2015 was not included in the study because the ARENA 2 software was not used to collect data in those regions during that period. To define the subgroups of case and control drivers, we used the information recorded by the police officer and included in the register regarding the type of crash (single/multi-vehicle) and the commission of driving infractions or errors prior to the crash, in the following way:

**Cases:** Drivers of private cars, vans and off-road vehicles who were labeled as responsible for the crash were considered as cases. To allocate the responsibility for the crash, we adopted two criteria, which allowed us to define two subgroups of cases:

All drivers of moving vehicles involved in single crashes (i.e., only one vehicle involved) were considered responsible for the crash (N = 28,620).

For crashes involving two or more moving vehicles (multi-vehicle collisions), a subset of so-called clean collisions was defined, which comprised collisions where only one of the drivers involved had committed a driving infraction or error prior to the crash. In this subgroup, the driver who committed the driving infraction or error was held responsible for the collision and thus allocated to the group of cases (N = 50,100).

**Controls:** Drivers of private cars, vans and off-road vehicles who were considered not responsible for the clean collision because they had not committed any driving infraction or error prior to the crash (N = 51,656). In accordance with the quasi-induced exposure approach, we assumed that drivers who were passively involved in multi-vehicle collisions were representative of all drivers on the road where the crash occurred at that time.

We excluded drivers of vehicles other than private cars, vans and off-road vehicles, as well as drivers for whom information regarding the status of their driving license was not available in the register. In the case of drivers involved in multi-vehicle crashes, we excluded collisions in which information about driving infractions or errors prior to the crash for all drivers involved was not available in the register.

For each case and control driver, the following information was obtained from the register:

**Exposure:** Commission of any of the following infractions related to the driving license: not currently holding a license, never having held a license, holding an inappropriate license, an expired license, a suspended license, or having lost all driving license points (in Spain, when drivers commit a driving violation, a certain number of points are deducted from the driving license depending on the severity of the infraction; if all points are lost, the driving license is revoked).

**Other driver-related risk factors for road crash:** age (18–24, 25–34, 35–44, 45–54, 55–64, 65–74, >74 years old), sex (male; female), nationality (0: Spanish; 1: other), seat belt use (0: yes; 1: no), result of alcohol test: (0: not performed; 1: negative; 2: positive -any amount-),

drug use (0: no, test not performed or information not available; 1: yes).

Vehicle-related risk factors: Type (private car, van or off-road vehicle), expired vehicle inspection certificate (0: no; 1: yes), years from registration (<5, 5–9, 10–14, >14), previous defects (0: no; 1: yes), insured vehicle (0: yes; 1: no), other passengers in the vehicle (0: no; 1: yes).

Environment-related risk factors: year, time of the day (0–5; 6–11; 12–17; 18–23), area (urban or open road), type of road (highway/motorway, conventional road, street, other), light conditions (daylight, sunrise or sunset without artificial light, sunrise or sunset with artificial light, no natural light and artificial lighting on, no natural light and artificial lighting off, without natural or artificial light), weather conditions (good, adverse –which included the following categories of the source register: cloudy, weak rain, heavy rain, hailing, snowing), road surface (normal, altered –which included the following categories: with mud or loose gravel, wet, very wet or flooded, ice-covered, snow-covered, oil-covered, other).

Severity of the crash: low (hospitalization >24 h was not required for any person involved in the crash), high (at least one person involved in the crash required hospitalization >24 h or died within 30 days after the crash).

### 2.3. Analysis

Annex 1 shows that missing values were present in many independent variables. We assumed that these missing values were generated by a combination of at random (missing completely at random –MCAR- or missing at random –MAR-) or not-at-random (MNAR) mechanisms. The relative (and unknown) contribution of both mechanisms differs for each variable. In order to control the bias resulting from MCAR and MAR mechanisms, a multiple imputation procedure was applied for the missing data following the chained equation approach (Van Buuren, 2007; Royston, 2009). This resulted in 50 complete datasets which were individually analyzed and then combined according to the method proposed by Little and Rubin (2019).

To assess the magnitude of the association between each reason for DWVL and the probability of being a case, in a first analysis all cases were considered jointly, and logistic regression models were applied using the status of case (1) or control (0) as the dependent variable. First, we included DWVL as the unique independent variable, with seven categories: each specific license-related infraction plus ‘no infraction’, which was used as the reference category. Exponentiation of the beta coefficients obtained for each infraction allowed us to obtain the crude Odds Ratio (cOR) to estimate the strength of the association between each reason for DWVL and the odds of being a case, along with its corresponding 95 % Confidence Interval (95 % CI). Then, we added all driver-related variables as independent terms of the models and, finally, we included all driver-, vehicle, and environment-related risk factors in order to estimate the adjusted Odds Ratios (aOR) for each reason for DWVL.

In a second analysis, the dependent variable comprised three categories: controls (0), cases implied in single crashes (1) and crashes implied in multiple crashes (2). To model this outcome, we fitted a multinomial logistic model. We used the coefficients of this model to estimate Relative Risk Ratios in order to assess the strength of the association between each cause of DWVL and the relative risk of pertaining to each of the two groups of cases, compared (in both cases) to the risk of being a control. In the same way as described above, crude and adjusted Relative Risk Ratios (cRRR and aRRR, respectively) were obtained for each license-related infraction. Assuming that both cOR and cRRR estimates would yield values further away from the null compared to aOR and aRRR, respectively, we estimated the percent reduction with respect to the crude estimates after adjustment. An interaction term between DWVL and crash severity was tested in all models through the likelihood ratio test. Assuming that some types of license infractions were specifically related to different age groups of drivers, separate analyses were

performed for drivers below 25 and over 64 years old. Finally, a sensitivity analysis was carried out for drivers involved in single crashes, including in the case group only those drivers who committed any prior driving error or infraction. All analyses were performed using [Stata Statistical Software \(v 15.0\) \(2017\)](#).

### 3. Results

Annex 1 shows the distribution of the three subsets of drivers (controls, cases in single crashes and cases in multi-vehicle crashes), according to the study variables. Overall, 2457 drivers (1.9 %) committed any license-related infractions. [Table 1](#) shows the distribution of the causes of DWVL in the entire sample and in each of the three subgroups. The most frequent reason for DWLV was ‘having an expired license’ (0.74 %), followed by ‘not currently holding a license’ (0.36 %). Suspended license and having lost all demerit points were present only in 0.17 % of all drivers involved in a crash included in the study. All infractions were more frequent among the cases, especially in the subgroup of drivers involved in single crashes.

[Table 2](#) displays the crude and adjusted OR (for all cases) and RRR (for single and multi-vehicle cases) for each cause of DWVL, as well as the relative reduction of the adjusted versus crude estimates. A significant association was observed between all causes of DWVL and an increased probability of being a case, both in the crude and adjusted analyses, and for all the cases and each of the two subsets of drivers (those involved in single crashes and those responsible for collisions with other moving vehicles). The strength of the associations was higher for the crude estimates compared to the adjusted ones, and for single crashes compared to collisions with other vehicles.

Having a suspended license was, by far, the cause of DWVL most strongly associated with the risk of causing a road crash (cOR of 17.9 for all crashes, cRRR of 25.6 and 13.6 for single and multi-vehicle collisions, respectively). The magnitude of the estimates significantly decreased after adjusting the crude associations for all driver-, vehicle- and environment-related factors (65.1 % for single crashes and 47.1 % for collisions between vehicles). Most of this reduction was due to driver-related factors; after adjusting only for these variables, the corresponding aRRRs decreased by 50.6 % in single crashes and by 30.6 % in collisions compared to the crude values.

The second infraction most strongly associated with the risk of causing a crash was ‘never having held a license’, with cRRR of 13.5 and 5.2 for single crashes and collisions with other vehicles, respectively. The adjusted value decreased sharply for single crashes (relative reduction of 59.0 %) and, to a lesser extent (33.8 % reduction), for multiple crashes. Driver-related characteristics accounted for most of this reduction.

‘Driving with all license points lost’ and ‘driving with an inappropriate license’ yielded an association with the risk of causing a crash of similar magnitude. The percentages of reduction of the adjusted estimates compared to the crude ones were higher for ‘driving with all license points lost’, especially in single crashes.

‘Not currently holding a license’ was significantly associated with the risk of causing a crash, with a cOR of 2.4 (slightly higher cRRR for single crashes than for collisions with other vehicles). The adjusted estimates yielded lower values, with percent reductions around 20–30 %, mostly related to adjustment for driver-related characteristics.

Finally, ‘driving with an expired license’ was the infraction most weakly associated with the risk of causing a road crash (cRRRs of 1.9 and 1.4 for single and multiple crashes, respectively). These values decreased by a small percentage (24.9 %) in the adjusted analysis for single crashes and even by a smaller amount (7.3 %) in the adjusted analysis for collisions.

No significant interaction was observed between DWLV and the severity of the crash, neither in the univariate models ( $p = 0.45$  in the logistic model and  $p = 0.10$  in the multinomial model) nor in the multivariate models ( $p = 0.64$  in the logistic model and  $p = 0.63$  in the

**Table 1**

Proportion of drivers according to each cause of DWVL in the whole sample and stratified according to each study group.

	Total		Controls		Cases (single-vehicle)		Cases (multi-vehicle)	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Driving with a valid license	127,919	98.12	51,161	99.04	27,693	96.76	49,065	97.93
Driving without a valid license:								
holding an inappropriate license	249	0.19	40	0.08	98	0.34	111	0.22
expired license	964	0.74	288	0.56	288	1.01	388	0.77
suspended license	223	0.17	8	0.02	111	0.39	104	0.21
not currently holding a license	468	0.36	101	0.20	152	0.53	215	0.43
never having held a license	333	0.26	25	0.05	183	0.64	125	0.25
having lost all driving license points	220	0.17	33	0.06	95	0.33	92	0.18
Total	130,376	100	51,656	100.00	28,620	100.00	50,100	100.00

**Table 2**

Crude and adjusted OR and crude and adjusted RRR for the associations between each cause of DWLV and the risk of being a case, and percent of change between adjusted and crude estimates.

Reason for DWVL	Odds Ratios or Relative Risk Ratios and 95 % CI								Percent reduction of adjusted vs. crude estimates		
	cOR	95 % CI		aOR1	95 % CI		aOR2	95 % CI		1-(aOR1/cOR)	1-(aOR2/cOR)
a) All cases											
inappropriate license	3.48	2.48	4.89	3.00	2.11	4.24	2.43	1.70	3.48	13.79	30.17
expired license	1.56	1.36	1.80	1.49	1.29	1.72	1.33	1.15	1.54	4.49	14.74
suspended license	17.91	8.84	36.28	10.50	5.12	21.54	7.82	3.80	16.12	41.37	56.34
not currently holding a license	2.42	1.94	3.02	1.98	1.55	2.52	1.81	1.41	2.32	18.18	25.21
never having held a license	8.21	5.46	12.35	5.15	3.39	7.83	4.28	2.80	6.55	37.27	47.87
having lost all driving license points	3.78	2.61	5.47	2.88	1.96	4.23	2.31	1.56	3.43	23.81	38.89
b) Cases: drivers involved in single crashes											
inappropriate license	4.53	3.13	6.54	3.79	2.58	5.58	2.83	1.88	4.27	16.34	37.53
expired license	1.85	1.57	2.18	1.73	1.46	2.06	1.39	1.15	1.68	6.49	24.86
suspended license	25.62	12.50	52.51	12.67	6.06	26.53	8.94	4.21	19.03	50.55	65.11
not currently holding a license	2.78	2.16	3.58	2.13	1.60	2.84	1.93	1.41	2.64	23.38	30.58
never having held a license	13.52	8.90	20.54	6.98	4.50	10.84	5.55	3.50	8.81	48.37	58.95
having lost all driving license points	5.32	3.58	7.90	3.61	2.37	5.51	2.41	1.53	3.80	32.14	54.70
c) Cases: drivers responsible of clean collisions											
inappropriate license	2.89	2.02	4.15	2.60	1.80	4.09	2.21	1.51	3.21	10.03	23.53
expired license	1.40	1.21	1.64	1.37	1.17	1.60	1.29	1.10	1.51	2.14	7.29
suspended license	13.55	6.60	27.81	9.40	4.54	25.89	7.17	3.44	14.92	30.63	47.08
not currently holding a license	2.22	1.75	2.81	1.89	1.46	2.13	1.76	1.35	2.29	14.86	20.72
never having held a license	5.21	3.39	8.01	4.05	2.62	6.26	3.45	2.21	5.38	22.26	33.78
having lost all driving license points	2.91	1.95	4.33	2.51	1.67	3.76	2.21	1.46	3.34	13.75	24.05

cOR and cRRR: Crude Odds Ratio and Crude Relative-Risk Ratio. aOR1 and cRRR1: Odds Ratio and Relative Risk Ratio adjusted only by driver-related variables (age, sex, nationality, alcohol use, drug use, seat belt use). aOR2: and cRRR2 Odds Ratio and Relative-Risk Ratio adjusted by all variables.

multinomial model). When drivers who did not commit any error or driving infraction were excluded from the subgroup of cases comprised by drivers involved in single crashes, all the OR estimates for this subgroup increased only slightly (data not shown).

In the specific analysis of younger drivers (aged less than 25 years old), only two reasons for DWVL were associated with a higher odds of causing a road crash: 'never having held a license' (cOR = 8.9) and 'driving with an inappropriate license' (cOR = 3.8). Table 3 shows the OR and RRR estimates for both infractions. Crude RRR values were

higher for single crashes but decreased in the adjusted estimates, mainly owing to driver-related variables, especially for 'never having held a license'. The analysis of the subgroup of older drivers (>64 years old) (Table 4) showed that the only license-related infraction significantly associated with the odds of causing a crash was 'having an expired license', with a cOR of 1.6, slightly higher for single crashes than for collisions with other vehicles (in which not statistical significance was achieved). The corresponding adjusted estimates showed lower values, only reaching statistical significance for single crashes. The relative

**Table 3**

Crude and adjusted OR and crude and adjusted RRR for the associations between holding an inappropriate license and never having held a license and the risk of being a case in drivers aged less than 25 years old, and percent of change between adjusted and crude estimates.

Reason for DWVL	Odds Ratios or Relative Risk Ratios and 95 % CI								Percent reduction of adjusted vs. crude estimates		
	cOR	95 % CI		aOR1	95 % CI		aOR2	95 % CI		1-(aOR1/cOR)	1-(aOR2/cOR)
a) All cases											
inappropriate license	3.84	1.17	12.63	2.95	0.87	9.98	2.20	0.64	7.57	23.18	42.71
never having held a license	8.91	3.63	21.85	5.25	2.11	13.07	4.79	1.90	12.08	41.08	46.24
b) Cases: drivers involved in single crashes											
inappropriate license	5.26	1.55	17.90	3.87	1.08	13.82	2.83	0.75	10.69	26.43	46.20
never having held a license	13.51	5.46	33.44	6.70	2.64	17.03	6.64	2.51	17.56	50.41	50.85
c) Cases: drivers responsible of clean collisions											
inappropriate license	2.67	0.74	9.58	2.27	0.63	8.23	1.86	0.51	6.86	14.98	30.34
never having held a license	5.09	1.99	13.02	3.99	1.55	10.27	3.68	1.41	9.61	21.61	27.70

cOR and cRRR: Crude Odds Ratio and Crude Relative-Risk Ratio. aOR1 and aRRR1: Odds Ratio and Relative Risk Ratio adjusted only by driver-related variables (sex, nationality, alcohol use, drug use, seat belt use). aOR2: and aRRR2 Odds Ratio and Relative-Risk Ratio adjusted by all variables.

**Table 4**

Crude and adjusted OR and crude and adjusted RRR for the associations between driving with an expired license and the risk of being a case in drivers aged more than 64 years old, and percent of change between adjusted and crude estimates.

Reason for DWVL	Odds Ratios or Relative Risk Ratios and 95 % CI								Percent reduction of adjusted vs. crude estimates	
	cOR	95 % CI	aOR1	95 % CI	aOR2	95 % CI	1-(aOR1/cOR)	1-(aOR2/cOR)		
a) All cases										
Expired license	1.59	1.02 2.47	1.41	0.90 2.20	1.39	0.88 2.20	11.32	12.58		
b) Cases: drivers involved in single crashes										
Expired license	cRRR	95 % CI	aRRR1	95 % CI	aRRR2	95 % CI	1-(aRRR1/cRRR)	1-(aRRR2/cRRR)		
Expired license	2.07	1.26 3.38	1.68	1.01 2.78	1.81	1.07 3.07	18.84	12.56		
c) Cases: drivers responsible of clean collisions										
Expired license	cRRR	95 % CI	aRRR1	95 % CI	aRRR2	95 % CI	1-(aRRR1/cRRR)	1-(aRRR2/cRRR)		
Expired license	1.33	0.83 2.15	1.25	0.77 2.02	1.20	0.73 1.95	6.02	9.77		

cOR and cRRR: Crude Odds Ratio and Crude Relative-Risk Ratio. aOR1 and aRRR1: Odds Ratio and Relative Risk Ratio adjusted only by driver-related variables (sex, nationality, alcohol use, drug use, seat belt use). aOR2: and aRRR2 Odds Ratio and Relative-Risk Ratio adjusted by all variables.

decrease was low in all cases, mainly due to driver-related factors. In fact, for single crashes, the aRRR adjusted only for these variables was lower than the aRRR adjusted for all the variables.

**4. Discussion**

In accordance with most previous research, our study confirms the existence of a strong association between DWVL and the risk of causing a road crash (DeYoung et al., 1997; Knox et al., 2003; Blows et al., 2005a, b; Watson et al., 2011a, 2012; Brar, 2014; Sagberg, 2018). Table 5 summarizes the main characteristics and findings of these previous

studies. Several differences in the design and/or analysis of these studies (briefly described in the last column of Table 5) hinder direct comparison with our estimates of association. The marked changes that we found in the magnitude of the associations depending on the type of license-related infraction (with the highest estimate for suspended drivers and the lowest for driving with an expired license) are consistent with the results of the study by Watson et al. (2012), which is the only one that provides separate estimates of association for each type of license-related infraction.

We found that the strength of association between DWVL and the risk of causing a crash is greater for single crashes, which is also consistent

**Table 5**

Main characteristics and results of previous studies addressing the association between license-related infractions and the risk of road crash or crash-related injuries.

Reference	Setting	Study design	Population/s	Type of license-related infraction assessed	Estimate/s of the association	Possible sources of heterogeneity with our results
DeYoung et al. (1997)	California, 1987–1992	Quasi-induced exposure, comparing at-fault (cited for a traffic violation) vs innocent drivers	Drivers involved in two-vehicle fatal crashes	Suspended/revoked license (SR) and Unlicensed drivers (UD)	Odds of overinvolvement as at-fault drivers: 3.7 for SR 4.9 for UD	- Only fatal crashes - Only crashes involving two vehicles - Definition of at-fault drivers
Knox et al. (2003)	Great Britain, 2000–2001	Comparison between proportion of crashes involving unlicensed drivers and proportion of hours driven by unlicensed drivers	National Postal Survey of Potential Unlicensed Drivers and Police Accident Records	Unlicensed drivers (including never held a license, provisional license holders, disqualified drivers and revoked license)	Relative Crash Risk: From 2.7 to 8.9	- Joint estimate for all unlicensed drivers. - Self-assessment of unlicensed driving
Blows et al. (2005a)	North Island of New Zealand, 1998–1999	Cross-sectional. Baseline survey of a prospective cohort	Prospective cohort of blood donors aged at least 16	Unlicensed driving (including never held a license and held a disqualified or suspended license)	Prevalent ratio of driver injury: Crude: 2.0 Adjusted: 1.3 Crude Odds Ratio: 12.1	- Cross-sectional design - No representative sample - Self-report of license status and previous injuries - Joint estimate for all unlicensed drivers
Blows et al. (2005b)	Auckland, 1998–1999	Case-Control study	Drivers involved in crashes resulting in hospitalizations or deaths and a random sample of the study base of drivers	Unlicensed drivers (including those who never held a car license or whose license was disqualified or suspended)	Adjusted Odds Ratio: 3.9	- Self-assessment of unlicensed driving - Different set of adjustment variables
Watson et al. (2012)	Queensland, 2003–2008	Quasi-induced exposure, comparing at-fault (as identified by the police) vs innocent drivers)	Database of serious road crashes (resulting in any death or hospitalization)	All unlicensed drivers (AU): - Never licensed (NL) - Disqualified/suspended (DS) - Other unlicensed (OU) - Inappropriate license (IL) - Expired license (EL)	Crude Odds Ratios: 3.02 for AU 9.47 for NL 2.85 for DS 3.17 for OU 2.54 for IL 2.15 for EL	- Motorcyclists included - DS license included loss of all demerit points
Brar (2014)	California, 1987–2009	Quasi-induced exposure, comparing at-fault (based on law enforcement officer's determination) vs innocent drivers	Drivers involved in two-vehicle fatal crashes	Suspended/revoked license (SR) and Unlicensed drivers (UD)	Odds of overinvolvement as at-fault drivers: 2.60 for SR 2.73 for UD	- Only reports crude estimates - Only fatal crashes - Only crashes involving two vehicles - Definition of at-fault drivers

with most previous studies (Harrison, 1997; Griffin and DelaZerda, 2000; Hasselberg and Laflamme, 2009; Hanna et al., 2010; Watson et al., 2011a, 2012). However, we could not confirm a stronger association for the most serious or fatal crashes that some authors previously reported (Harrison, 1997; Knox et al., 2003; Hanna et al., 2010; Watson et al., 2012; Boulagouas et al., 2020). The association observed in previous studies between unlicensed driving and non-use of seat belt by the driver (Federal Office of Road Safety, 1997; Kim and Kim, 2003), or even by other passengers in the vehicle (Fu et al., 2012) may partially explain the association between DWVL and crash severity. Furthermore, our study confirms the relationship between younger drivers, never having obtained a driving license and a higher risk of causing a road crash, which was suggested in previous research (Griffin and DelaZerda, 2000; Knox et al., 2003). In our study, the estimated cOR value for this increased risk was 8.9 for all crashes (cRRR of 13.5 for single ones).

It seems clear that DWVL is a marker of low frequency but high risk for road crashes. Our adjusted estimates reveal that, for many license-related infractions, a significant amount of this increase can be explained by other high-risk driving behaviors associated with DWVL. However, the proportion of increase explained by these risk factors is highly dependent on the specific license-related infraction, being high for suspended drivers, never-licensed drivers and drivers with all their driving license points lost. On the other hand, this proportion is low for drivers not holding a license and, especially, for drivers with an expired license. This pattern is consistent with some previous findings. For example, Blows et al. (2005a, b) observed a high percentage of reduction (68 %) in the OR estimate for unlicensed driving after adjustment for -mainly- driver-related variables. In addition, Griffin and delaZerda (2000) found that, among unlicensed drivers involved in fatal crashes, the proportion of drivers with other factors associated with an increased risk of crash (e.g., driving under the influence of alcohol or at night) was significantly higher for revoked or suspended drivers than for other categories of unlicensed driving, such as driving with an expired license. Moreover, Watson et al. (2012) found that expired license holders were the group least likely to be involved in a crash related to alcohol or drugs. It would be tempting to try to estimate the specific contribution of each risk factor to the increased risk of crash related to DWVL. Nevertheless, in our opinion this is not feasible because these risk factors are clearly not independent; in fact, they are strongly interrelated. Finally, it is evident that another important proportion of the increased risk of crash associated with different causes of DWVL is related to other factors not considered in the present study. It is conceivable that most of them could be linked to a wide range of high-risk driving behaviors. For instance, Retting et al. (1999) found an association between DWVL and red light runners.

Regarding the implications of our results for road safety, the association found between DWVL and the increased risk of road crash is somewhat counterbalanced by the low frequency of this type of drivers in our roads. As shown in Table 1, the overall frequency of DWVL in our control group is roughly 1 %, a percentage similar to previous reports (Blows et al., 2005a, b; Watson et al., 2011a). Furthermore, the infractions yielding the strongest association with the risk of causing a road crash ('suspended license and never having held a license), are extremely infrequent in our population. On the other hand, the most frequent type of infraction (expired license) yields the weakest association with this risk. Therefore, the total amount of crashes attributable to this kind of drivers in Spain seems to be quite low. However, it should be advisable to combine our estimates of association with direct estimates of the prevalence of each type of DWVL in order to obtain a more accurate estimate of the proportion of crashes, which could be potentially prevented by controlling these groups of high-risk drivers. Moreover, further studies should be performed in order to verify or refute the association between DWVL and the severity of the crash. In any case, the strong, consistent and plausible associations between DWVL and the risk of road crash found in our study support the need to control this group of high-risk drivers in order to maintain their low frequency in our roads.

The main limitations of our study are mostly dependent on two factors: the methodological approach and the source of information. Although several authors have provided empirical support for the main assumption of the quasi-induced approach, i.e., the representativeness of innocent drivers involved in clean collisions with respect to the population of drivers on the road (Jiang and Lyles, 2010; Shen et al., 2019), the usefulness of this method for estimating the association between DWVL and the risk of crash has been questioned (DeYoung et al., 1997; Watson et al., 2011a, 2012). For example, it has been argued that the quasi-induced approach may overestimate the number of unlicensed driver on the road because, even in cases where unlicensed drivers are considered the innocent party in the crash, they may be more likely to contribute to a crash than innocent licensed drivers. This would lead to an underestimation of the strength of the association between DWVL and the risk of crash. However, this could be compensated by the "halo effect", which refers to the fact that the police officer's awareness that a driver involved in a crash was driving without a valid license may influence the attribution of responsibility for the crash to that driver (DeYoung et al., 1997; Sagberg, 2018). We tried to minimize this bias by not using the information on whether or not the driver was responsible for the crash as recorded by the police. Instead, we used an indirect approach based on whether or not the driver committed any driving infractions or errors, assuming that these variables are less affected by the halo effect. Finally, whether our sample of innocent drivers can be used as valid controls for the subgroup of crashes comprised by drivers involved in single crashes is also questionable. In the best-case scenario, our group of innocent drivers could be representative of a random sample of drivers on the road in the time and space in which collisions between two or more vehicles occur, but it seems clear that these space-time characteristics may be different for single crashes. We tried to minimize this bias by adjusting our estimates for the environment-related variables which may differ between these two types of crashes (i.e., area, type of road or time of day), but this adjustment is certainly not complete.

On the other hand, we are aware that, as with any other police register of road crashes, the Spanish Register tends to overestimate the most serious crashes. In addition, the accuracy of the information provided by the police for some variables may be questionable. Regarding DWVL, it could be argued that the police tend to inquire about the status of the driving license more often to those drivers who have previously committed another driving infraction, leading to an underestimation of the prevalence of DWVL in our sample of innocent drivers. However, this does not seem likely when a crash is being investigated, especially if it is serious. Finally, we are also aware that our multiple imputation procedure reduces the bias related to MCAR and MAR mechanisms, but it does not affect the bias generated by MNAR, which could be high for certain variables such as alcohol use.

In conclusion, in line with previous research, our study provides evidence of the relationship between some causes of DWVL and the risk of causing a road crash, especially for drivers with a suspended license and never-licensed drivers. In these subgroups of drivers, the proportion of the relationship that can be explained by other risk factors -especially those related to high-risk driving behaviors- is high. These results support the need for continued application of three sets of strategies focused on: 1) Maintaining the checking of the driver's license status on road users in routine police surveillance, in order to identify this subgroup of drivers and remove them from the road (either temporarily or permanently, depending on the type of infraction); 2) Preventing these drivers from returning to driving before being reevaluated (e.g., vehicle impoundment), and 3) Passive (e.g., ignition interlock devices or speed limiters) and active measures (driving education and training programs) focused on correcting the high-risk behaviors of these drivers, allowing them to return to safe driving, whenever possible. A detailed review of these measures and their effectiveness and benefit-cost estimates can be found in previous reports (Voas et al., 1997; DeYoung, 1999; Griffin and DelaZerda, 2000; Watson, 2003; Knox et al., 2003; Baldock et al., 2012;

Sagberg, 2018; Demmel et al., 2019).

### CRedit authorship contribution statement

**Luis Miguel Martín-delosReyes:** Conceptualization, Formal analysis, Methodology, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Virginia Martínez-Ruiz:** Formal analysis, Methodology, Supervision, Writing - review & editing. **Mario Rivera-Izquierdo:** Formal analysis, Methodology, Writing - original draft, Writing - review & editing. **Eladio Jiménez-Mejías:** Formal analysis, Funding acquisition, Methodology, Writing - review & editing. **Pablo Lardelli-Claret:** Conceptualization, Formal analysis, Methodology, Supervision, Writing - original draft, Writing - review & editing.

### Declaration of Competing Interest

The authors report no declarations of interest.

### Acknowledgements

We thank the Spanish Traffic Directorate for giving us access to the SRRCV, the Cátedra de Docencia e Investigación SEMERGEN-UGR for supporting this work, and Antonio Jesús Láinez-Ramos-Bossini for improving the use of English of the manuscript.

### Appendix A. Supplementary data

Supplementary material related to this article can be found, in the online version, at doi:<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105872>.

### References

- Baldock, M., Royals, J., Raftery, S., Bailey, T., Lydon, M., 2012. Developing Measures to Reduce the Incidence of Unlicensed Driving. Austroads Project No. RS1704. Centre for Automotive Safety Research. The University of Adelaide.
- Blows, S., Ameratunga, S., Ivers, R.Q., Lo, S.K., Norton, R., 2005a. Risky driving habits and motor vehicle driver injury. *Accid. Anal. Prev.* 37, 619–624.
- Blows, S., Ivers, R., Connor, J., Ameratunga, S., Woodward, M., Norton, R., 2005b. Unlicensed drivers and car crash injury. *Traffic Inj. Prev.* 6, 230–234.
- Boulagouas, W., García-Herrero, S., Chaib, R., Febres, J.D., Mariscal, M.A., Djebabra, M., 2020. An investigation into unsafe behaviors and traffic accidents involving unlicensed drivers: a perspective for alignment measurement. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 6743.
- Brar, S.S., 2014. Estimating the over-involvement of suspended, revoked, and unlicensed drivers as at-fault drivers in California fatal crashes. *J. Saf. Res.* 50, 53–58.
- Chandraratna, S., Stamatiadis, N., 2009. Quasi-induced exposure method: evaluation of not-at-fault assumption. *Accid. Anal. Prev.* 41, 308–313.
- Demmel, S., Freeman, J., Larue, G.S., Rakotonirainy, A., 2019. Evaluation of in-vehicle technologies to prevent unlicensed driving in Queensland and Victoria. *Accid. Anal. Prev.* 127, 210–222.
- DeYoung, D.J., 1999. An evaluation of the specific deterrent effects of vehicle impoundment on suspended, revoked, and unlicensed drivers in California. *Accid. Anal. Prev.* 31, 45–53.
- DeYoung, D.J., Peck, R.C., Helander, C.J., 1997. Estimating the exposure and fatal crash rates of S/R and unlicensed drivers in California. *Accid. Anal. Prev.* 29, 17–23.
- Federal Office of Road Safety, 1997. Road Behaviour of Unlicensed Motorists Involved in Fatal Crashes. Federal Office of Road Safety, Canberra.
- Fu, J., Anderson, C.L., Dziura, J.D., Crowley, M.J., Vaca, F.E., 2012. Young unlicensed drivers and passenger safety restraint use in US Fatal crashes: concern for risk spillover effect? *Ann. Adv. Automot. Med.* 56, 37–43.
- Griffin, L.I., DeLaZerda, S., 2000. Unlicensed to Kill. AAA Foundation for Traffic Safety, Washington, DC.
- Hanna, C.L., Taylor, D.M., Sheppard, M.A., Laflamme, L., 2006. Fatal crashes involving young unlicensed drivers in the U.S. *J. Saf. Res.* 37, 385–393.
- Hanna, C.L., Hasselberg, M., Laflame, L., Möller, J., 2010. Road traffic crash circumstances and consequences among young unlicensed drivers: a Swedish cohort study on socioeconomic disparities. *BMC Public Health* 10, 14.
- Hanna, C.L., Laflame, L., Elling, B., Möller, J., 2013. Unlicensed driving and other related health risk behaviors: a study of Montana high school students. *Accid. Anal. Prev.* 54, 26–31.
- Harrison, W.A., 1997. An exploratory investigation of the crash involvement disqualified drivers and motorcyclists. *J. Saf. Res.* 28, 213–219.
- Hasselberg, M., Laflamme, L., 2009. How do car crashes happen among young drivers aged 18–20 years? Typical circumstances in relation to license status, alcohol impairment and injury consequences. *Accid. Anal. Prev.* 41, 734–738.
- Jiang, X., Lyles, R.W., 2010. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid. Anal. Prev.* 42, 1352–1358.
- Kim, S., Kim, K., 2003. Personal, temporal, and spatial characteristics of seriously injured crash-involved seatbelt non-users in Hawaii. *Accid. Anal. Prev.* 35, 121–130.
- Knox, D., Turner, B., Silcock, D., Silcock, B.R., Beuret, K., Metha, J., 2003. Research into Unlicensed Driving. UK Department of Transport, p. 48.
- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleon, J.J., de Dios Luna-del-Castillo, J., García-Martín, M., Moreno-Abril, O., Bueno-Cavanillas, A., 2006. Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. *Am. J. Epidemiol.* 163, 188–195.
- Little, R.J., Rubin, D.B., 2019. *Statistical Analysis with Missing Data*, Vol. 793. US: John Wiley & Sons, Hoboken, NJ.
- Malenfant, J.E.L., Van Houton, R., Jonah, B., 2002. A study to measure the incidence of driving under suspension in the Greater Moncton area. *Accid. Anal. Prev.* 34, 439–447.
- Retting, R.A., Ulmer, R.G., Williams, A.F., 1999. Prevalence and characteristics of red light running crashes in the United States. *Accid. Anal. Prev.* 31, 687–694.
- Royston, P., 2009. Multiple imputation of missing values: further update of ice, with an emphasis on categorical variables. *Stata J.* 9, 466–477.
- Sagberg, F., 2018. Characteristics of fatal road crashes involving unlicensed drivers or riders: implications for countermeasures. *Accid. Anal. Prev.* 117, 270–275.
- Shen, S., Pope, C.N., Stamatiadis, N., Zhu, M., 2019. Validation of not-at-fault driver representativeness assumption for quasi-induced exposure using US national traffic databases. *J. Saf. Res.* 71, 243–249.
- Stata Statistical Software: Release 15, 2017. StataCorp LLC, College Station, TX.
- Van Buuren, S., 2007. Multiple imputation of discrete and continuous data by fully conditional specification. *Stat. Methods Med. Res.* 16, 219–242.
- Voas, R.B., Tippetts, A.S., Lange, J.E., 1997. Evaluation of a method for reducing unlicensed driving: the Washington and Oregon license plate sticker laws. *Accid. Anal. Prev.* 29, 627–634.
- Watson, B., 2003. The Road Safety Implications of Unlicensed Driving: a Survey of Unlicensed Drivers. Centre for Accident Research and Road Safety (CARRS-Q) Queensland University of Technology. Australian Transport Safety Bureau.
- Watson, B., Armstrong, K., Wilson, A., Barraclough, P., 2011a. Crash Involvement Patterns of Unlicensed Drivers: Literature Review. Report to Queensland Department of Transport and Main Roads.
- Watson, B.C., Armstrong, K.A., Watson, A., Wilson, A., Livingstone, K., 2011b. A roadside survey of unlicensed driving in Queensland. In: Proceedings of Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference 2011. Perth Convention and Exhibition Centre, Perth, WA.
- Watson, B., Armstrong, K., Watson, A., Barraclough, P., 2012. Crash Involvement Patterns of Unlicensed Drivers and Riders in Queensland. Report to the Department of Transport and Main Roads.

### **1.3. Trabajo 3: Estimando y comprendiendo la asociación entre las infracciones del permiso de conducir y la gravedad de los AT.**

Este trabajo trata de dar respuesta al objetivo específico 2.1.3. Tras la buena acogida que *Accident Analysis and Prevention* dispensó al trabajo 2, decidimos enviar el trabajo 3 a la misma revista, dado que era la continuación natural del trabajo anterior. En su respuesta, el editor nos indicó que los contenidos del trabajo no eran lo suficientemente relevantes como para dedicarles el espacio de un *full-length article*, pero que estaría dispuesto a considerar su publicación como un *brief-article*. La decisión del grupo de investigación fue aceptar la sugerencia. Tras enviar la versión resumida a la misma revista, se nos solicitó enviar una nueva versión con cambios mayores. Acometidos éstos, la versión revisada fue finalmente rechazada por el editor, dado que uno de los tres revisores no quedó convencido con la nueva versión, planteando (para nuestra sorpresa) nuevas objeciones que no había expuesto en su revisión original.

Ante esta situación, decidimos devolver el artículo a su formato original de *full-length article* (con las mejoras introducidas a partir de las sugerencias aportadas por los revisores de *Accident Analysis and Prevention*) y enviarlo a otra revista (cuyo nombre preferimos mantener en el anonimato). El trabajo fue rechazado por el *handling editor* a partir de los comentarios de los dos revisores que adjuntamos a continuación:

*Reviewer Comments:*

*Reviewer 1*

*The article analyzes the relationship between infractions related to driving license and the severity of traffic accidents, using the data from the National Register for Road Accident Victims in Spain. This is an interesting topic that can have important practical implications in the field of traffic and road accidents prevention in Spain. In general, it is a good study, which I believe can be improved through some small changes.*

*The introduction should be complemented with information on the main causes of accidents. Inadequate behaviors and infractions of drivers are related to more than 90%*



*of crashes, therefore data on the importance of this issue should be provided (as it has been widely demonstrated).*

*Moreover, I suggest emphasizing on the characteristics and numbers of Spain, in order to contextualize readers on the country where the study was carried out. Thus, the number of references is scarce, and many more studies must be included to complement this section (e.g. doi:10.3389/fpsyg.2019.01531).*

*The methodology is adequately explained, I would only suggest including aspects related to the data processing (statistical package used, etc.), and the ethical aspects of the research.*

*The discussion must explain the results and contrast them with other similar studies. In this sense, I recommend including multiple references to complement the presented information. Moreover, there are some aspects that could be discussed. For instance, the relatively low number of users who drive without a currently legal license in Spain could be related to the perception of citizens about norms and their degree of efficacy (e.g. doi: 10.1080/23311886.2017.1393855). A degree of consciousness and risk perception could be due to the differences between drivers with and without a license. Thus, in emerging countries in which users without a license frequently drive, it is found that this is a mediating variable in remembering traffic campaigns and in the perception of their importance (doi: 10.3390/en14185792).*

*Lastly, I suggest that, in the conclusions, in addition to showing the main findings of the study, the practical and theoretical implications of the research should be included.*

*Reviewer 2*

*The study aims to measure and understand the association between license-related infractions and road crash severity by applying a multinomial logit model. The topic is okay. But the writing is bad. It is very difficult to read the paper. The decision of the reviewer is rejection. There are too many improvement space. The detailed issues are shown as follows:*

*(1) It is very hard to read some sentences. For example, in the second paragraph of the Background: “Second, except again the study by Watson et al. [8], the remaining did not report estimates of strength of association, neither crude nor adjusted by other driver-, vehicle- and crash related characteristic which may confound the associations found.”*

*(2) Table 1 describing your data has no upper or lower lines.*

*(3) As the data shown in Table 1, there are so many records with missing information (unknown). Why the authors don't delete these records?*

*(4) The structure of the Multinomial logit model is a mess. The authors should refer to more papers on how to show the model structure clearly.*

Actualmente, el trabajo acaba de ser enviado a la Revista *Journal of Transportation Safety & Security*. A continuación, lo presentamos en el formato en el que se envió a la mencionada revista.

## **Measuring and understanding the association between license-related infractions and road crash severity**

Luis Miguel Martín-delosReyes<sup>a,b</sup>, Pablo Lardelli-Claret<sup>a,c,d</sup>, Mario Rivera-Izquierdo<sup>a,d\*</sup>, Eladio Jiménez-Mejías<sup>a,c,d</sup> and Virginia Martínez-Ruiz<sup>a,c,d</sup>

*<sup>a</sup>Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avenida de la Investigación 11, Edificio A, 8<sup>a</sup> planta, 18016 Granada, Spain;*

*<sup>b</sup>Doctoral Program in Clinical Medicine and Public Health, University of Granada, Spain;*

*<sup>c</sup>Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Spain;*

*<sup>d</sup>Instituto de Investigación Biosanitaria ibs.GRANADA, Granada, Spain.*

\* Mario Rivera-Izquierdo, [mariorivera@ugr.es](mailto:mariorivera@ugr.es), Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avda. de la Investigación 11, 18016 Granada, Spain.

ORCID:

Luis Miguel Martín-delosReyes: 0000-0002-2163-354X

Pablo Lardelli-Claret: 0000-0003-0261-0585

Mario Rivera-Izquierdo: 0000-0001-6159-6037

Eladio Jiménez-Mejías: 0000-0002-7638-7681

Virginia Martínez-Ruiz: 0000-0001-6512-8935

**Word count:** 2361 words.

## **Measuring and understanding the association between license-related infractions and road crash severity**

The relationship between license-related infractions (LRIs) and the severity of road crashes has been scarcely addressed in previous research. This study estimates the association between each LRI and the severity of driver injuries and the partial severity of the crash (i.e., crash severity after excluding the severity of the driver's own injuries) in a cohort comprising 78,720 drivers who were considered responsible for crashes in the Spanish National Register for Road Traffic Accident Victims, from 2014 to 2017. Adjusted Relative Risk Ratios for each LRI and severity level were obtained through multinomial logistic regression models. Age- and sex-adjusted estimates revealed an increased severity for almost all LRIs. Additional adjustment for seat belt use showed a decrease in the magnitude of the associations, particularly regarding driver injury severity, suggesting that part of these associations was related to increased vulnerability of the driver. Adjustment for other vehicle- and environment-related variables showed a further decrease in the associations but remained significant for 'never having obtained a license' and other specific LRIs. These results support the need for maintaining police surveillance and legal measures to identify these subgroups of drivers, remove them from the road and adopt strategies for their safe return to driving.

Keywords: Unlicensed drivers; Revoked license; Expired license; Suspended license; Road crash; Severity.

### **1. Introduction**

There is a wide consensus regarding the association between several license-related infractions (LRI), such as driving without having ever obtained a license or with a suspended or revoked license, and a higher risk of provoking a road crash or being involved in it (DeYoung, Peck, & Helander, 1997; Knox et al., 2003; Blows et al., 2005a; Blows et al., 2005b; Watson et al., 2011; Watson et al., 2012; Brar, 2014; Sagberg, 2018;

Martín-delosReyes et al., 2021). However, there are fewer studies focused on the relationship between LRI and the severity of the crash, although some previous papers suggest that the aforementioned relationship is stronger for most severe crashes (Harrison, 1997; Knox et al., 2003; Hanna et al., 2010; Watson et al., 2012). If this was true, it would reinforce the conceptualization of license-offender drivers (LOD) as a high-risk group of road users (not only because they provoke more crashes but also because these crashes are more severe). For example, Harrison et al. (1994) found in Victoria (Australia) that disqualified drivers were overrepresented in more serious crashes (2.4% in fatal crashes, 1.4% in serious injury crash and 0.07% in other injury crashes). In the United Kingdom, Knox et al. (2003) reported that, in 2000, the proportion of crashes for which an unlicensed driver was found guilty was higher when the crash led to any death or seriously injured person (2.2%), than when it did not (1.7%). In a sample of young drivers involved in road crashes in Sweden from 1998 to 2004, Hanna et al. (2010) found that among the unlicensed drivers the proportion of severe injuries of the driver and other persons involved in the crash was higher than among the licensed drivers. In another study from 2003-2008, Watson et al. reported in Queensland (Australia) a higher relative involvement of LOD in fatal crashes (8.9%) and serious injury crashes (5.1%), compared with 3.1% for minor injury crashes and 3.8% for property damage. They also found that the risk of being involved in a more severe crash (relative to a minor crash) was significantly higher for all the categories of unlicensed drivers (suspended, never licensed, expired or driving with inappropriate license), compared to licensed drivers (Watson et al., 2012).

Apart from the absence of recent studies addressing this topic, several limitations affect the studies cited above. First, only the last one (Watson et al., 2012) analysed

separately on the same design each specific type of LRI, which allows an internal comparison of their estimates of association. Second, except, again, the study by Watson et al. (2012), the remaining studies did not report estimates of strength of association, neither crude nor adjusted by other driver-, vehicle- and crash related characteristic which may confound the associations found. Finally, we have not found any study aimed to explore possible reasons for this association. Regarding this point, at least two explaining hypotheses could be raised:

- LOD would provoke crashes intrinsically more severe. This could happen if LRIs were a marker of risky-driving behaviors related with higher crash severity (for example, an association between unlicensed drivers and speeding has been reported) (Federal Office of Road Safety, 1997; Watson et al., 2012). Besides, it is possible that LOD tend to drive more frequently in environments or with vehicles with a greater propensity to provoke more casualties and/or more severe injuries. For example, it has been reported an association between some LRI and crashes occurring at night (Harrison, 1997; Watson et al., 2012). In the study conducted in the UK (Knox et al., 2003), the number of casualties in road crashes and the proportion of passengers among them was higher when an unlicensed driver was involved.
- LOD could be more vulnerable to the energy released in the crash. After taking into account age and sex of the driver, the main responsible for this possible higher vulnerability would be non-seat belt use. The association between LRI and a higher frequency of non-seat belt use has been observed in some previous reports (Federal Office of Road Safety, 1997; Kim & Kim, 2003; Fu et al., 2012; Hanna et al., 2013), favoring the plausibility of this second hypothesis.

Taking into account the above considerations, the aim of our study is twofold: first, we will try to confirm and quantify the association between each specific type of LRI and crash severity. If these associations are detected, our second aim is to provide empirical evidence for or against possible causal explanations: a higher intrinsic severity of crashes involving LOD, or a higher vulnerability of these drivers related to their fewer frequency of seat belt use.

## 2. Methods

A cohort study was designed using data from the Spanish National Register for Road Traffic Accident Victims (Dirección General de Tráfico) between 2014 and 2017. After excluding crashes that lacked information regarding the license status of the driver, the sample comprised 78,720 drivers of private cars, vans or off-road vehicles who were considered responsible for the crashes in which they were involved. Specifically, 28,620 drivers were involved in single crashes, and 50,100 were responsible for clean collisions (i.e., collisions between two or more vehicles in which only one of the drivers had committed a driving infraction or error prior to the crash and could therefore be responsible for the collision). Two outcomes were considered. First, driver injury severity (low, hospitalization >24 hours was not required; medium, hospitalization >24 hours was required; and high, death within 30 days after the crash). Second, partial crash severity: after excluding the injuries of the responsible driver, crashes were stratified into three severity levels (low, hospitalization >24 hours was not required for any other person; medium, at least one other person required hospitalization >24 hours; and high, at least one other person died). The exposure was the commission of any of the following LRIs:

‘not currently holding a license’, ‘never having held a license’, holding an ‘inappropriate license’, ‘expired license’, ‘suspended license’, or ‘having lost all points on the driving license’. Other driver-, vehicle- and crash-related variables were also recorded (see Table 1 for details).

Multinomial logistic regression models were applied using the `mlogit` command of Stata (StataCorp LLC, 2017). In our study, we have a dependent variable  $y$  with three outcomes: 1 (low), 2 (medium) and 3 (high injury severity) and a vector of  $X$  explanatory variables (each type of LRI, age, sex, seat belt use and so on), with their corresponding  $\beta$  coefficients. For each outcome (for example, for  $y=1$ ), the model is as follows:

$$\Pr(y = 1) = \frac{e^{X\beta(1)}}{e^{X\beta(1)} + e^{X\beta(2)} + e^{X\beta(3)}}$$

To identify the model, we set one  $\beta$  to 0 (in our case  $\beta(1) = 0$ ). Then, the remaining coefficients  $\beta(2)$  and  $\beta(3)$  measure the change relative to the  $y=1$  group. For example, the relative probability of  $y = 2$  (medium severity) to the base outcome (low severity) is:

$$\frac{\Pr(y = 2)}{\Pr(y = 1)} = e^{X\beta(2)} \quad (1)$$

The ratio between two (1) equations for a one-unit change (for example, from 0 – no-, to 1 –yes), in one explanatory variable  $x_i$  of the vector  $X$  (for example, ‘never having held a license’) is  $e^{\beta_i(2)}$ . This is what we called the Increase in Risk of Medium Severity (IRM) of the crash or driver injuries compared to low severity. Comparing  $\Pr(y = 3)$  (high severity) to  $\Pr(y = 1)$  for the same one unit change in  $x_i$  we obtain the corresponding Increase in Risk of High Severity (IRH).



First, models were built including LRI, age and sex as covariates. Then, we repeated the analysis adding seat belt use to the models. Finally, the remaining variables measured were included.

### 3. Results

Table 1 displays the distribution of all the variables. Regarding responsible drivers, 4.3% required hospitalization >24 hours and 1.4% died. The partial crash severity was medium and high in 4.6% and 0.9% of all crashes, respectively. LRIs were committed by 2.5% of the responsible drivers. The most frequent LRI was driving with an expired license (0.86%).

Table 2 shows the association between each LRI and the severity of the injuries suffered by the driver. Except for holding an inappropriate license, all LRIs adjusted for age and sex were associated with a higher risk of medium severity injuries (IRM estimates), and all but holding an inappropriate or expired license also increased the risk of high severity injuries (IRH estimates). The strength of the associations was higher for never having held a license, having lost all points on the driving license and holding a suspended license. All estimates decreased when seat belt use was included in the model, especially for IRH. For most LRIs, this decrease was more pronounced when the rest of the variables were included in the model, but even in this case, IRM was significantly greater than 1 for all LRIs except for inappropriate license and suspended license. In contrast, no significant IRH estimates were obtained for any LRI after full adjustment.

Table 3 shows the association between each LRI and partial crash severity. Only ‘never having held a license’ showed an association with medium severity adjusted for age and sex. For IRH, significant associations were observed for all LRIs except for expired license and not currently holding a license. The highest IRH values were obtained for inappropriate license and never having held a license. After additional adjustment for seat belt use, values of IRM remained practically unchanged, while some values for IRH decreased moderately. When the remaining variables were included, no significant IRM values were obtained for any LRI. However, inappropriate license and never having held a license maintained a significant association with high partial severity crashes.

## **4. Discussion**

Our results suggest that LRIs are related to crashes of greater intrinsic severity and to more severe injuries suffered by the responsible driver. Never having held a license is the LRI most strongly associated with both outcomes. Having lost all points on the driving license is also strongly associated with driver injury severity, while inappropriate license is also related to crashes of higher partial severity. These results are consistent with most previous studies (Harrison, 1997; Knox et al., 2003; Hanna et al., 2010; Watson et al., 2011), although we can only make a direct comparison of our results with those of Watson et al. (2012), because only this study provides separate estimates for specific types of LRI. In their study, the Odds Ratio of being involved in a serious casualty crash (relative to a minor crash) of LOD compared to licensed drivers (adjusted by age, sex, and type of vehicle) was 2.12 for inappropriate license, 1.61 for never licensed, 1.49 for disqualified/suspended drivers, 1.45 for other unlicensed, and 1.32 for expired license. However, the estimate for inappropriate license is not comparable to ours, because their study also comprised riders of motorcycles (associated with a high rider’s severity of

injuries and in which driving with an inappropriate license is particularly frequent).

Adjustment for seat belt use mainly decreases driver injury severity, suggesting that part of the association between crash severity and LRIs found in previous studies may be related to an increased vulnerability of the driver likely dependent on a higher frequency of seat belt non-use. As we stated in the introduction, this association has been previously documented (Federal Office of Road Safety, 1997; Kim & Kim, 2003; Fu et al., 2012; Hanna et al., 2013). Furthermore, the decrease in the magnitude of almost all associations after adjustment for the remaining variables suggests that an important part of the association between LRIs and severity depends on the relationship between the former and other risk factors related to the vehicle and driving environment, in agreement with previous studies (Harrison, 1997; Knox et al., 2003; Watson et al., 2012).

The main drawback of our study lies in the under-reporting of less severe and single crashes in the Register, which, in both circumstances, could be even higher if the involved driver has committed a LRI. Another potential limitation is the possible lack of validity of our strategy for attributing driver responsibility in multi-vehicle crashes. Using the commission or driving errors or infractions by the driver, we are assuming that, in most collisions in which only one of the drivers has committed them, the probability that he or she would be the responsible driver of the collision is very high. However, this procedure forces us to exclude from the analysis other type of crashes (those involving pedestrians or those in which neither errors nor infractions were documented by the police for any involved driver), which reduces the external validity of our results. It is also possible the presence of the halo effect (DeYoung, Peck, & Helander, 1997), i.e., the police officer's awareness that a driver involved in a crash was driving without a valid

license may influence the attribution of driving errors or infractions. If this is true, some of the LODs included in our study would not be responsible of the multivehicle crashes in which they were involved. Finally, the volume of missing data has been negligible for all but one important variable: seat belt use, with a proportion of missing data of 15.1%. To deal with this problem, we have adopted a conservative strategy: to add these missing data to the category of drivers using seat belts. Doing so, we are minimizing the magnitude of the reduction that the adjustment by seat belt use can produce on our estimates of the association between LRI and crash severity, hindering our ability to verify the starting hypotheses.

## **5. Conclusion**

Our results confirm the association between several LRIs and higher crash severity, particularly for never having obtained a license. Although part of these associations can be explained by attributing the LOD for causing crashes of higher intrinsic severity, other part could be related to an increased vulnerability of LOD due to their fewer frequency of seat belt use. These results, along with the higher risk of crash in these drivers observed in previous studies, reinforce their consideration as a high-risk group for road safety. Consequently, our study supports the need to maintain police surveillance and legal measures aimed at identifying LOD, removing them from the road and adopting strategies for their safe return to driving when possible.

## Acknowledgements

We wish to thank the Spanish National Traffic Directorate (Dirección General de Tráfico) for granting us access to the Spanish National Register for Road Traffic Accident Victims database, and Dr. Láinez-Ramos-Bossini for improving the English writing of the manuscript.

## Funding

This work was supported by the Cátedra de Docencia e Investigación SEMERGEN-UGR, University of Granada, Spain. The funding source had no involvement in the study design, analysis and interpretation of data or the decision to submit the article for publication.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

## References

- Blows, S., Ameratunga, S., Ivers, R.Q., Lo, S.K., Norton, R. (2005a). Risky driving habits and motor vehicle driver injury. *Accident Analysis and Prevention*, 37, 619–624.
- Blows, S., Ivers, R., Connor, J., Ameratunga, S., Woodward, M., Norton, R. (2005b). Unlicensed Drivers and Car Crash Injury. *Traffic Injury Prevention*, 6, 230–234.
- Brar, S.S. (2014). Estimating the over-involvement of suspended, revoked, and unlicensed drivers as at-fault drivers in California fatal crashes. *Journal of Safety Research*, 50, 53–58.
- DeYoung, D.J., Peck, R.C., Helander, C.J. (1997). Estimating the exposure and fatal crash rates of S/R and unlicensed drivers in California. *Accident Analysis and Prevention*, 29, 17–23.
- Federal Office of Road Safety, 1997. Road behaviour of unlicensed motorists involved in fatal crashes. In Canberra: Federal Office of Road Safety.
- Fu, J., Anderson, C.L., Dziura, J.D., Crowley, M.J., Vaca, F.E. (2012). Young unlicensed drivers and passenger safety restraint use in US Fatal crashes: concern for risk spillover effect? *Annals of Advances in Automotive Medicine*, 56, 37–43.

Hanna, C.L., Hasselberg, M., Laflame, L., Möller, J. (2010). Road traffic crash circumstances and consequences among young unlicensed drivers: A Swedish cohort study on socioeconomic disparities. *BMC Public Health*, 10, 14.

Hanna, C.L., Laflame, L., Elling, B., Möller, J. (2013). Unlicensed driving and other related health risk behaviors: A study of Montana high school students. *Accident Analysis and Prevention*, 54, 26–31.

Harrison WA., 1997. An exploratory investigation of the crash involvement disqualified drivers and motorcyclists. *Journal of Safety Research*, 28, 213–219.

Knox, D., Turner, B., Silcock, D., Silcock, B.R., Beuret, K., Metha, J. (2003). Research into unlicensed driving. In UK: Department of Transport, 48.

Kim, S., Kim, K. (2003). Personal, temporal, and spatial characteristics of seriously injured crash-involved seatbelt non-users in Hawaii. *Accident Analysis and Prevention*, 35, 121–130.

Martín-delosReyes, L.M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E., Lardelli-Claret, P. (2021). Is driving without a valid license associated with an increased risk of causing a road crash? *Accident Analysis and Prevention*, 149, 105872.

Sagberg, F. (2018). Characteristics of fatal road crashes involving unlicensed drivers or riders: Implications for countermeasures. *Accident Analysis and Prevention*, 117, 270–275.

StataCorp LLC., 2017. Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX.

Watson, B., Armstrong, K., Wilson, A., Barraclough, P. (2011). Crash involvement patterns of unlicensed drivers: Literature review. Report to Queensland Department of Transport and Main Road.

Watson, B., Armstrong, K., Watson, A., Barraclough, P. (2012). Crash involvement patterns of unlicensed drivers and riders in Queensland. Report to the Department of Transport and Main Roads.



## Tables

Table 1. Distribution of driver-, vehicle- and crash-related variables in the sample.

Variable	Categories	All Responsible Drivers N=78,720		Drivers responsible of single crashes N=28,620		Drivers responsible of multi-vehicle crashes N=50,100	
		N	%	N	%	N	%
Driver Injury Severity	Low (none or minor injuries)	74,241	94.31	25,607	89.47	48,634	97.07
	Medium (hospitalization>24 h)	3,349	4.25	2,313	8.08	1,036	2.07
	High (Fatal)	1,130	1.44	700	2.45	430	0.86
Type of License Related Infraction (LRI)	None	76,758	97.51	27,693	96.76	49,065	97.93
	Inappropriate license	209	0.27	98	0.34	111	0.22
	Expired license	676	0.86	288	1.01	388	0.77
	Suspended license	215	0.27	111	0.39	104	0.21
	Not currently holding a license	367	0.47	152	0.53	215	0.43
	Never having held a license	308	0.39	183	0.64	125	0.25
	Having lost all points on the driving license	187	0.24	95	0.33	92	0.18
Sex	Male	53,462	67.91	18,977	66.31	34,485	68.83
	Female	25,205	32.02	9,625	33.63	15,580	31.10
Age	Unknown	53	0.07	18	0.06	35	0.07
	18-24	12,627	16.04	5,758	20.12	6,869	13.71
	25-34	18,761	23.83	6,993	24.43	11,768	23.49
	35-44	17,389	22.09	5,781	20.20	11,608	23.17
	45-54	12,768	16.22	4,236	14.80	8,532	17.03
	55-64	7,916	10.06	2,610	9.12	5,306	10.59
	65-74	5,392	6.85	1,895	6.62	3,497	6.98
	>74	3,595	4.57	1,263	4.41	2,332	4.65
Seat Belt use	Unknown	272	0.35	84	0.29	188	0.38
	Yes	64,999	82.57	24,602	85.96	40,397	80.63
	No	1,831	2.33	1,293	4.52	538	1.07
Type of vehicle	Unknown	11,890	15.10	2,725	9.52	9,165	18.29
	Private car	68,356	86.83	25,127	87.80	43,229	86.29
	Van	7,823	9.94	2,446	8.55	5,377	10.73
Years since registration	Off-road	2,541	3.23	1,047	3.66	1,494	2.98
	<5	11,721	14.89	2,845	9.94	8,876	17.72
	5-9	17,857	22.68	6,075	21.23	11,782	23.52
	10-14	25,406	32.27	9,792	34.21	15,614	31.17
	>14	23,582	29.96	9,786	34.19	13,796	27.54
Previous defects	Unknown	154	0.20	122	0.43	32	0.06
	No	77,108	97.95	27,502	96.09	49,606	99.01
	Yes	1,571	2.00	1,085	3.79	486	0.97
	Unknown	41	0.05	33	0.12	8	0.02

Expired vehicle inspection certificate	No	72,463	92.05	26,292	91.87	46,171	92.16
	Yes	5,380	6.83	1,963	6.86	3,417	6.82
	Unknown	877	1.11	365	1.28	512	1.02
Other Passengers	No	55,572	70.59	17,420	60.87	38,152	76.15
	Yes	23,148	29.41	11,200	39.13	11,948	23.85
Partial Crash Severity	Low	74,328	94.42	27,183	94.98	47,145	94.10
	Medium	3,651	4.64	1,126	3.93	2,525	5.04
	High	741	0.94	311	1.09	430	0.86
Zone	Urban	28,016	35.59	3,909	13.66	24,107	48.12
	Open roads	50,704	64.41	24,711	86.34	25,993	51.88
Type of road	Highway/Motorway	15,593	19.81	7,508	26.23	8,085	16.14
	Conventional road	33,537	42.60	16,045	56.06	17,492	34.91
	Street	25,511	32.41	3,202	11.19	22,309	44.53
Hour of the day	Other	4,079	5.18	1,865	6.52	2,214	4.42
	0-5	6,069	7.71	4,326	15.12	1,743	3.48
	6-11	20,863	26.50	7,761	27.12	13,102	26.15
	12-17	30,020	38.14	9,747	34.06	20,273	40.47
	18-23	21,768	27.65	6,786	23.71	14,982	29.90
Light conditions	Daylight	54,726	69.52	17,544	61.30	37,182	74.22
	Sunrise or sunset, without artificial light	3,056	3.88	1,434	5.01	1,622	3.24
	Sunrise or sunset, with artificial light	1,836	2.33	411	1.44	1,425	2.84
	No natural light and artificial lighting on	9,113	11.58	2,750	9.61	6,363	12.7
	No natural light and artificial lighting off	1,043	1.32	494	1.73	549	1.10
	Without natural or artificial light	8,946	11.36	5,987	20.92	2,959	5.91

Table 2. Increase in the Risk of Medium and High Severity (IRM and IRH, respectively) estimates of the association between each type of License Related Infraction (LRI) committed by responsible drivers and the Driver Injury Severity.

Type of LRI <sup>1</sup>	Percentage of outcomes	Adjusted for age and sex			Adjusted for age, sex, and seat belt use			Adjusted for all variables <sup>2</sup>		
	Medium severity	IRM	95% CI		IRM	95% CI		IRM	95% CI	
<b>Increase in Risk of Medium Severity of Driver Injuries (IRM)<sup>1</sup></b>										
no infraction (reference)	4.14	1.00			1.00			1.00		
inappropriate license	5.74	1.28	0.69	2.35	1.27	0.68	2.35	1.16	0.62	2.19
expired license	8.43	2.17	1.65	2.85	1.86	1.40	2.47	1.58	1.17	2.12
suspended license	7.91	2.01	1.22	3.31	1.44	0.85	2.42	1.03	0.60	1.77
not currently holding a license	7.08	1.97	1.30	2.97	1.57	1.03	2.41	1.60	1.02	2.49
never having held a license	11.36	3.11	2.18	4.45	1.98	1.35	2.89	1.78	1.18	2.69
having lost all points on the driving license	12.30	3.28	2.11	5.09	2.39	1.50	3.81	1.81	1.11	2.95
<b>Increase in Risk of High Severity of Driver Injuries (IRH)<sup>1</sup></b>	<b>High severity</b>	<b>IRH</b>	<b>95% CI</b>		<b>IRH</b>	<b>95% CI</b>		<b>IRH</b>	<b>95% CI</b>	
no infraction (reference)	1.39	1.00			1.00			1.00		
inappropriate license	1.44	1.04	0.33	3.25	1.02	0.32	3.30	1.00	0.31	3.24
expired license	1.92	1.35	0.78	2.36	0.90	0.50	1.61	0.77	0.43	1.40
suspended license	5.12	3.52	1.90	6.51	1.72	0.88	3.37	1.24	0.62	2.48
not currently holding a license	2.72	2.29	1.21	4.33	1.38	0.70	2.71	1.51	0.75	3.05
never having held a license	4.87	4.58	2.70	7.78	1.92	1.08	3.42	1.84	0.99	3.42
having lost all points on the driving license	4.28	3.36	1.64	6.88	1.70	0.79	3.68	1.25	0.56	2.78

1: Reference categories: Exposure: No LRI committed. Outcome: None or low severity injuries (not requiring hospitalization for >24 h).

2: Estimates adjusted for age, sex, seat belt use, type of vehicle, years from vehicle registration, vehicle defects, expired inspection vehicle certificate, presence of passengers, type of crash, zone, type of road, hour of the day and light conditions.

Table 3. Increase in the Risk of Medium and High Severity (IRM and IRH, respectively) estimates of the association between each type of License Related Infraction (LRI) committed by responsible drivers and Partial Crash Severity.<sup>1</sup>

Type of LRI <sup>2</sup>	Percentage of outcomes	Adjusted for driver's age and sex			Adjusted for driver's age, sex, and seat belt use			Adjusted for all variables <sup>3</sup>		
	Medium severity	IRM	95% CI		IRM	95% CI		IRM	95% CI	
<b>Increase in Risk of Crashes of Medium Partial Severity (IRM)</b>										
no infraction (reference)	4.61	1.00			1.00			1.00		
inappropriate license	6.22	1.38	0.79	2.43	1.38	0.79	2.43	1.16	0.62	2.15
expired license	5.33	1.21	0.86	1.70	1.18	0.84	1.65	1.24	0.88	1.75
suspended license	6.05	1.31	0.75	2.30	1.23	0.70	2.17	1.38	0.78	2.44
not currently holding a license	4.63	1.06	0.64	1.76	1.02	0.61	1.69	1.10	0.65	1.87
never having held a license	7.47	1.56	1.01	2.41	1.43	0.92	2.21	1.38	0.87	2.19
having lost all points on the driving license	5.35	1.13	0.60	2.15	1.06	0.56	2.01	0.98	0.51	1.88
<b>Increase in Risk of Crashes of High Partial Severity (IRH)</b>										
	High severity	IRH	95% CI		IRH	95% CI		IRH	95% CI	
no infraction (reference)	0.92	1.00			1.00			1.00		
inappropriate license	4.31	4.88	2.48	9.58	4.89	2.49	9.62	4.35	2.15	8.78
expired license	0.89	0.98	0.44	2.20	0.88	0.39	1.98	0.77	0.31	1.87
suspended license	2.33	2.50	1.03	6.11	2.00	0.81	4.91	2.20	0.88	5.52
not currently holding a license	0.27	0.33	0.05	2.37	0.28	0.04	2.03	0.33	0.05	2.37
never having held a license	3.25	3.71	1.96	7.02	2.72	1.42	5.22	2.13	1.04	4.36
having lost all points on the driving license	2.67	2.86	1.17	7.00	2.28	0.93	5.62	1.71	0.67	4.35

1: Partial crash severity does not take into account the severity of the injuries suffered by the driver (only the severity of other persons implied in the crash).

2: Reference categories: Exposure: No LRI committed. Outcome: Low partial severity crashes (without any person dead or hospitalized for >24 h apart from the responsible driver).

3: Estimates adjusted for age, sex, seat belt use, type of vehicle, years from vehicle registration, vehicle defects, expired inspection vehicle certificate, presence of passengers, type of crash, zone, type of road, hour of the day and light conditions.

## **2. Trabajos que valoran el papel de la CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico.**

### **2.1. Trabajo 4: Prevalencia y factores asociados con la conducción en España de un vehículo con el certificado de la Inspección Técnica caducada.**

Este trabajo trata de dar respuesta al objetivo específico 2.2.1. Tras ser rechazado, sin pasar a revisores, en varias revistas internacionales del área de conocimiento (asumimos que por las mismas razones que motivaron el rechazo del trabajo 1), el editor de la revista *Energies* nos invitó a enviar un manuscrito original relacionado con la temática: "*Optimization and Integration of Ground Vehicle Systems*" para incluirlo en un número especial de la revista. Realizado el envío, el editor nos consultó sobre la pertinencia de publicarlo en otra revista del mismo grupo editorial (*International Journal of Environmental Research and Public Health*), propuesta a la que accedimos. Finalmente, el trabajo fue aceptado en dicha revista tras revisiones menores el 21 de diciembre de 2021.

La referencia del artículo es la siguiente:

Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Pulido-Manzanero, J., Jiménez-Mejías, E. y Lardelli-Claret, P. (2022). Prevalence of and factors associated with driving a vehicle with timed-out inspection certificate in Spain. *International journal of environmental research and public health*, 19(1), 98. DOI: 10.3390/ijerph19010098.

En 2020, la revista *International Journal of Environmental Research and Public Health* tenía un índice de impacto de 3,390 en el *Social Science Citation Index* y ocupaba la posición 42 de 176 en la categoría *Public, Environmental & Occupational Health* (Q1).

En las siguientes páginas presentamos el artículo en su versión publicada.

Reproducido con permiso de la editorial (MDPI). Artículo publicado en acceso libre.

[Reproduced with permission from the Publisher (MDPI). Article published under Open Access policy].



Article

# Prevalence of and Factors Associated with Driving a Vehicle with Timed-Out Inspection Certificate in Spain

Luis Miguel Martín-delosReyes <sup>1</sup> , Virginia Martínez-Ruiz <sup>1,2,3</sup> , Mario Rivera-Izquierdo <sup>1,3,\*</sup> , José Pulido-Manzanero <sup>2,4</sup> , Eladio Jiménez-Mejías <sup>1,2,3</sup> and Pablo Lardelli-Claret <sup>1,2,3</sup>

<sup>1</sup> Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avenida de la Investigación 11, Edificio A, 8<sup>a</sup> Planta, 18016 Granada, Spain; luismiguelmr@ugr.es (L.M.M.-d.); virmrui@ugr.es (V.M.-R.); eladiojimenez@ugr.es (E.J.-M.); lardelli@ugr.es (P.L.-C.)

<sup>2</sup> Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), 28029 Madrid, Spain; josepuli@ucm.es

<sup>3</sup> Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs.GRANADA), 18012 Granada, Spain

<sup>4</sup> Department of Public Health & Maternal and Child Health, Complutense University of Madrid, 28040 Madrid, Spain

\* Correspondence: mariorivera@ugr.es; Tel.: +34-958-242964

**Abstract:** This study aimed to estimate the prevalence of vehicles on the road with a timed-out vehicle inspection certificate (TOVIC) and the associations of driver, vehicle, and environmental factors with this infraction. A quasi-induced exposure approach was used in this cross-sectional study to analyze a case series comprising 51,305 drivers passively involved in clean collisions (only one infractor driver involved) between two or more vehicles registered in the Spanish National Register of Road Crashes with Victims from 2014 to 2017. The prevalence of TOVIC was estimated in the whole sample and in subgroups defined by the variables considered. Multivariate logistic regression modeling was used to obtain adjusted odds ratios for the association between TOVIC and each category of the variables. The prevalence of TOVIC was low, although significant differences were found for certain subcategories of drivers, vehicles, and environmental factors. Significant positive adjusted associations were found between TOVIC and license-related infractions, vans (compared to cars), vehicle age, and vehicle defects. Several vehicle-related factors potentially associated with a high risk of involvement in a crash were clearly related with TOVIC, which suggests the need for measures to control this non-negligible number of high-risk vehicles on the road.

**Keywords:** periodic vehicle inspection; timed-out certificate; cross-sectional; risk factors



**Citation:** Martín-delosReyes, L.M.; Martínez-Ruiz, V.; Rivera-Izquierdo, M.; Pulido-Manzanero, J.; Jiménez-Mejías, E.; Lardelli-Claret, P. Prevalence of and Factors Associated with Driving a Vehicle with Timed-Out Inspection Certificate in Spain. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2022**, *19*, 98. <https://doi.org/10.3390/ijerph19010098>

Academic Editors: Paul B. Tchounwou and Francisco Alonso

Received: 18 October 2021

Accepted: 21 December 2021

Published: 23 December 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Vehicle-related factors are one of the three main groups of determinants (along with driver- and environment-related ones) classically considered in epidemiological studies of injuries caused by road crashes [1]. The contribution attributable to vehicle-related factors to the total number of road crashes has been estimated between 3% and 19% in developed countries [2,3] and 27% in developing countries [4]. This relationship justifies the implementation of periodic vehicle inspection programs aimed at detecting technical defects. Therefore, they have been imposed in different countries and regions [3–7]. For example, in Spain, periodic vehicle inspection, known as the Inspección Técnica de Vehículos (ITV), has been mandatory since 1985 [8]. These inspection programs are assumed to improve the environment by preventing pollutant-emitting vehicles from using the roads, and also to increase road safety. Regarding this second outcome, periodic inspections make it possible to promptly detect (and correct) a number of vehicle defects that are known to be related with a higher risk of crashes or a higher risk of crash-related injuries (e.g., defects affecting tires, steering, brakes, lights, safety measures, etc.) [3,5,6]. The current effect of vehicle inspections on the reduction in the numbers of road crashes relies on two factors.

First, the strength of the causal association between vehicle inspection and the risk of causing a road crash is theoretically mediated by the effectiveness of inspections in reducing vehicle defects. There is a well-known relationship between the lack of compulsory inspection and the presence of defects in vehicles [6,9,10]. Moreover, some studies have observed an association between vehicle defects and the risk of road crashes [2,11,12]. However, and somewhat surprisingly, the results of previous studies designed to determine the impact of periodic inspection programs on the risk of road crashes or crash-related injuries did not show confirmative results. The first systematic review conducted on this topic in 2000 [3] concluded that most studies published before this review were too old to address the impact of periodic inspections on current vehicles, whose characteristics had changed considerably in the meantime, as evidenced by the increased warranty periods offered by car companies. In 2014, the review conducted by Jarosinski [5] suggested the existence of an underestimation of the effects of vehicle technical defects in the causal chain of road traffic injuries, because most previous studies were based on police registers, which may be affected by several sources of bias. The most recent review (2021) [7] also revealed several drawbacks in most studies [13–15], along with a large heterogeneity in their designs and results, which prevented drawing a definite conclusion regarding a causal relationship between periodic inspections and road safety.

Second, the prevalence of vehicles on the road which have not passed compulsory vehicle inspection or with a timed-out vehicle inspection certificate (TOVIC) is also an important consideration in efforts to reduce road crashes. This issue has not been well addressed in previous studies [3,16], because of difficulties in collecting information about the presence or validity of inspection certificates from representative samples of vehicles on the road.

To date, there is a lack of valid data regarding the proportion of TOVIC vehicles on roadways in Spain. However, vehicle inspection status is noted for all vehicles involved in road crashes, and TOVIC is among the infractions recorded systematically by the traffic police at crash scenes. Thus, the objectives of the present study were, first, to estimate the proportion of TOVIC vehicles on Spanish roads and, second, to identify driver, vehicle, and environmental factors associated with this offence.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Study Design and Population

We designed a cross-sectional study based on a retrospective case series initially comprising all 337,625 drivers of cars, vans and all-terrain vehicles involved in road crashes that did not involve pedestrians. The data for all cases were from the Spanish National Register of Road Crashes with Victims and were obtained for the years 2014–2017 with the ARENA2 application. This app was designed by the Spanish Traffic Directorate to provide a record of all information recorded by local, regional, and national police officers at the scene of the crash regarding the characteristics of the crash, the vehicles and the people (drivers, passengers and pedestrians) involved [17]. It has been operative since 2014 and includes all road crashes with victims occurring in Spain, except for those that occurred between 2014 and 2015 in the autonomous regions of Catalonia and the Basque Country (which were excluded for the study).

From this source population, we selected those 51,305 drivers of cars, vans, and all-terrain vehicles that were passively involved in so-called clean collisions between two or more moving vehicles (regardless of the types of other vehicles involved), defined as collisions in which only one of the involved drivers committed a driving error or a driving infraction, whereas the other (passively involved) drivers did not. According to the assumptions implicit in the quasi-induced exposure [18,19], drivers (and their vehicles) passively involved in multiple-vehicle collisions can be considered a representative sample of all drivers on the road. The distribution of all driver- and vehicle-related variables in this subgroup of road users should thus resemble that for the whole dynamic population of drivers on the road and therefore at risk of causing or being involved in a road crash.

## 2.2. Study Variables

We analyzed the following three groups of variables, all obtained from the National Register of Road Crashes (see the categories of each variable in Tables 1 and 2):

- Driver-related variables: driver's age group, sex, nationality, alcohol use, drug use, driving license status, seatbelt use.
- Vehicle-related variables: TOVIC, presence of vehicle defects, type of vehicle, years after registration, number of passengers.
- Environment-related variables: year, time of day, zone, type of road, light conditions, weather conditions and road surface.

**Table 1.** Distribution of variables in the sample, prevalence of TOVIC in each category, and adjusted odds ratios for the association between TOVIC and each category of driver-related variables.

Variable	Category	N	%	Prevalence of TOVIC <i>p</i> (%) 95% CI		aOR ***	95% CI	
Age *	18–24	4935	9.62	5.30	4.66, 5.92	0.91	0.76	1.08
	25–34	12,350	24.07	5.43	5.03, 5.83	1.09	0.97	1.24
	35–44	14,580	28.42	4.90	4.55, 5.25	1	Reference	
	45–54	10,041	19.57	4.75	4.33, 5.17	0.91	0.79	1.04
	55–64	5652	11.02	4.40	3.85, 4.92	0.80	0.68	0.95
	65–74	2686	5.24	4.09	3.35, 4.84	0.71	0.57	0.90
	>74	873	1.7	5.49	3.40, 7.01	0.87	0.63	1.21
	Unknown	188	0.37	4.26	1.85, 8.21			
Sex **	Male	32,310	62.98	5.26	5.02, 5.50	1	Reference	
	Female	18,968	36.97	4.40	4.11, 4.69	0.87	0.79	0.96
	Unknown	27	0.05	7.41	0.91, 24.29			
Nationality	Spanish	50,395	98.23	4.95	4.76, 5.13	1	Reference	
	Foreign	888	1.73	4.95	3.53, 6.38	0.99	0.71	1.39
	Unknown	22	0.04	0				
Driving license **	Yes	50,241	97.93	4.81	4.62, 4.99	1	Reference	
	No, or not valid	1064	2.07	11.47	9.55, 13.38	2.56	2.04	3.21
Alcohol use **	No test performed	25,055	48.84	5.30	5.02, 5.57	1	Reference	
	Negative test	25,719	50.13	4.57	4.32, 4.83	0.98	0.88	1.09
	Positive test	326	0.64	7.06	4.27, 9.83	1.40	0.89	2.21
	Unknown	205	0.4	5.37	2.71, 9.40			
Drug use	No/Not tested/Not recorded	51,278	99.95	4.94	4.76, 5.13	1	Reference	
	Yes	27	0.05	7.14	0.90, 23.50	0.93	0.20	4.32
Safety belt use **	Yes	43,499	84.79	4.68	4.48, 4.87	1	Reference	
	No	377	0.73	4.51	2.41, 6.61	0.75	0.45	1.25
	Unknown	7429	14.48	6.52	5.96, 7.10			

\* Chi-squared test:  $p < 0.05$ . \*\* Chi-squared test:  $p < 0.01$ . \*\*\* aOR: Adjusted odds ratio for the association between TOVIC and each category of the other variables. To obtain aOR estimates we included in the logistic regression model TOVIC plus all other study variables and excluded from the model all records with unknown values for any variable.



**Table 2.** Distribution of variables in the sample, prevalence of TOVIC in each category, and adjusted odds ratios for the association between TOVIC and each category of vehicle- and environmental-related variables.

Variable	Category	N	%	Prevalence of TOVIC <i>p</i> (%) 95% CI		aOR ***	95% IC	
Type of Vehicle **	Car	45,474	88.63	4.65	4.46, 4.84	1	Reference	
	Van	4560	8.89	7.79	7.01, 8.56	1.80	1.58	2.06
	All-terrain	1271	2.48	5.27	4.04, 6.50	1.09	0.82	1.45
Vehicle defects **	None	51,088	99.58	4.86	4.68, 5.05	1	Reference	
	Any	212	0.41	24.06	18.29, 29.82	5.58	3.94	7.90
	Unknown	5	0.01	20.00	0.01, 71.6			
Passengers	Driver only	29,624	57.74	5.02	4.77, 5.26	1	Reference	
	Any other	21,681	42.26	4.85	4.56, 5.13	0.96	0.87	1.05
Vehicle age	One-year increase	Mean: 10.10	SD: 5.75			1.07	1.06	1.08
	Unknown	20	0.09	0				
Year	2014	10,370	20.21	4.98	4.56, 5.39	1	Reference	
	2015	12,820	24.99	4.72	4.35, 5.09	0.93	0.81	1.07
	2016	13,699	26.7	4.95	4.59, 5.31	0.91	0.80	1.04
	2017	14,416	28.1	5.12	4.76, 5.48	0.94	0.82	1.07
Zone **	Urban	21,327	41.57	5.48	5.18, 5.79	1	Reference	
	Open road	29,978	58.43	4.56	4.33, 4.80	1.90	1.33	2.72
Type of Road **	Highway/Motorway	11,390	22.2	4.42	4.05, 4.80	1	Reference	
	Conventional road	18,160	35.4	4.46	4.16, 4.76	0.94	0.84	1.06
	Street	19,588	38.18	5.63	5.31, 5.95	2.02	1.39	2.93
	Other roads	2167	4.22	5.54	4.57, 6.50	1.44	1.11	1.85
Time of day * (24-h clock)	0–5	1573	3.07	6.17	4.98, 7.36	0.94	0.84	1.06
	6–11	13,070	25.48	4.79	4.42, 5.16	1	0.89	1.13
	12–19	21,369	41.65	4.76	4.48, 5.05	1	Reference	
	20–24	15,293	29.81	5.20	4.85, 5.56	1.03	0.90	1.18
Light conditions	Daylight	38,570	75.18	4.78	4.57, 4.99	1	Reference	
	Dawn/Dusk without artificial lighting	1663	3.24	4.93	3.89, 5.97	0.97	0.75	1.26
	Dawn/Dusk with artificial lighting	1388	2.71	5.40	4.21, 6.59	1.14	0.86	1.50
	Dark with artificial lighting on	5874	11.45	5.55	4.96, 6.14	1.15	0.97	1.38
	Dark with artificial lighting off	648	1.26	5.56	3.79, 7.32	1.33	0.92	1.92
Weather Conditions **	Dark without artificial lightning	3162	6.16	5.53	4.74, 6.33	1.16	0.96	1.42
	Good	42,995	83.8	5.17	4.96, 5.38	1	Reference	
	Adverse	8102	15.79	3.74	3.33, 4.15	0.82	0.68	1
Road surface **	Unknown	208	0.41	5.77				
	Normal	45,022	87.75	5.14	4.94, 5.35	1	Reference	
	Altered	6205	12.09	3.55	3.09, 4.01	0.74	0.60	0.93
	Unknown	78	0.15	2.56	0.31, 8.96			

\* Chi-squared test:  $p < 0.05$ . \*\* Chi-squared test:  $p < 0.01$ . \*\*\* aOR: Adjusted odds ratio for the association between TOVIC and each category of the other variables. To obtain aOR estimates we included in the logistic regression model TOVIC plus all other study variables and excluded from the model all records with unknown values for any variable.

### 2.3. Analysis

The distribution of each variable was determined for the entire sample. The prevalence of driving with a TOVIC and its 95% confidence interval (95% CI) were estimated for the whole sample and for categories of the other variables. Logistic regression modeling was used to obtain adjusted odds ratios (aOR) to estimate the adjusted association between

TOVIC and the remaining study variables. All analyses were performed with Stata software version 15 (StataCorp, College Station, TX, USA) [20].

### 3. Results

The prevalence of TOVIC in the whole sample was 4.94% (95% CI: 4.76–5.13). Tables 1 and 2 summarize the distribution of vehicles and drivers across categories of the remaining variables, as well as the prevalence of TOVIC in each category. The prevalence of TOVIC was extremely high among drivers who drove without license or with a non-valid license. It was also slightly higher in the younger (from 18 to 35 years old) and older (more than 74 years old) drivers, in male drivers and in drivers who tested positive for alcohol and drugs. It was also higher for drivers for whom no information was recorded regarding safety belt use (Table 1). Regarding vehicle- and environment-related variables (Table 2), the prevalence of TOVIC was much higher in vehicles with physical defects identified by the police. It was also higher for vans and all-terrain vehicles compared to cars. Regarding the zone and the type of road, the prevalence of TOVIC was higher in accidents that occurred on urban areas compared to open roads, higher on streets or other roads (i.e., those different from highways, conventional roads, or streets) compared to highways, motorways, or conventional roads, and higher when both weather conditions and road surface were good or normal, compared to adverse or altered, respectively. It was also lower from 6:00 to 19:00 h and in daylight compared to darkness.

Tables 1 and 2 also show the aOR values for each category of all variables included in the logistic regression model. Regarding driver-related variables, an independent association with higher prevalence of TOVIC was observed for driving without a valid license, whilst lower prevalence was found for ages between 55 and 74 years old and female sex. Vans, older vehicles, and especially vehicles with defects were related to higher prevalence of TOVIC. Finally, the environmental circumstances significantly related to higher prevalence of TOVIC were open roads (compared to urban areas), streets and other roads (compared to highways/motorways or conventional roads), and non-altered road surfaces.

### 4. Discussion

The prevalence of TOVIC in Spain between 2014 and 2017 was low. Assuming the validity of the quasi-induced exposure approach, it was only 4.94% among all vehicles on the road. Unfortunately, there are no earlier studies with which we can compare this figure, either in Spain or in other developed countries. As noted in the Introduction, without the quasi-induced approach, attempts to estimate the prevalence of TOVIC would require data from routine checks of random samples of vehicles on the road, a regulatory procedure not currently used in Spain.

Most unadjusted differences observed in the prevalence of TOVIC across subgroups of other variables appeared to be interrelated (e.g., the high prevalence of TOVIC in males and in older ages, as older drivers in Spain are mainly men). Therefore, the most noteworthy findings were obtained in the adjusted analysis, which allows to assess the independent relationship between TOVIC and other variables. For example, applied to driver-related variables, TOVIC was strongly associated with driving without a valid driving license. If license-related infractions are markers of other high-risk driving styles, as previous studies suggest [21–23], high-risk vehicles can be assumed to be associated with high-risk drivers. The same reasoning could be applied for male drivers, also related with TOVIC. A higher frequency of riskier driving patterns has been reported among male compared to female drivers [24–26]. Therefore, the association between male sex and TOVIC might indirectly point to riskier drivers driving riskier vehicles. The same pattern is suggested by the association between TOVIC and alcohol use, although it did not reach statistical significance.

It is noteworthy that, after adjustment for other variables, the association between elderly drivers and TOVIC disappeared, confirming the explaining role of male sex on this association in the crude (unadjusted) analysis. A similar phenomenon can explain the asso-

ciations between TOVIC and the place of the crash. In the crude analysis, higher prevalence of TOVIC was observed in urban areas (for the variable zone of the crash) and in streets (for the variable type of road), but these two variables are strongly correlated. Therefore, the adjusted OR estimates yielded a different pattern, revealing an independent relationship between a higher prevalence of TOVIC in open roads, streets, and non-conventional roads (i.e., neither highways, motorways, nor two lane-conventional-roads). This pattern is not surprising, if those who drive with a TOVIC tried to elude police controls, much more frequent on these types of roads, or perhaps if they tend to drive in a lesser risky environment. This later hypothesis could also explain the inverse relationship between TOVIC, and both altered road surfaces and (although it did not reach statistical significance) adverse weather conditions. Regarding these weather conditions, it should be also considered that the prevalence of TOVIC was high when this factor was not collected.

Regarding vehicle-related factors, this analysis showed a clear pattern of association between TOVIC and three subgroups of vehicles: vans, older vehicles, and vehicles with defects. Some of these associations are consistent with those reported in previous studies. For example, the association between the lack of systematic vehicle inspection and vehicle defects has been described previously [6,9]. In addition, Spanish legislation currently requires the frequency of periodic inspections to increase as vehicles become older. It is thus unsurprising that, as reported by others [2], vehicle aging is related with a higher frequency of TOVIC. Previous studies suggested that older vehicles [12,13], vans [27,28], the presence of vehicle defects [2,29], and not passing a mandatory inspection [2,14,30,31] are factors independently related with a higher risk of causing a road crash.

The validity of our estimates relies on two assumptions. First, we assume that the quasi-induced approach is a valid method for the present analysis. Several studies have shown that in general, this assumption holds reasonably well [18,19]. A further consideration is that we imputed drivers' responsibility for causing a crash based on whether they did or did not commit a driving error or infraction, although this imputation may also be questioned in some cases. In a collision between two or more vehicles in which only one of the drivers committed an error or infraction, the likelihood that this driver was the one who caused collision is very high. However, this assumption may not always hold, especially if the information collected by police officers at the scene of the crash was incomplete or inaccurate.

Second, we assumed that all information recorded by the police at the crash scene was correct. Because TOVIC is an objective variable, information bias was unlikely. However, police officers may, hypothetically, tend to search for (and find) more vehicle-related anomalies, such as TOVIC or vehicle defects for infractor than for non-infractor drivers. This could lead to underestimation of the prevalence of TOVIC in the latter subgroup of drivers, whom we considered to be representative of all drivers on the road. An additional potential source of bias is the accuracy (or otherwise) of other driver-related variables, such as alcohol or drug use and safety belt use. It should be noted that information for this last variable was missing in a large proportion of police accident reports. Although the reason for this is unknown, it may be related with the legal and economic consequences (i.e., loss of insurance coverage) of driving without a safety belt. It was therefore not surprising that according to most records with unknown values for some variables, the infractor drivers were in fact not using their safety belt when the crash occurred.

Third, it is possible that current prevalence of TOVIC and the magnitude of its association with the factors analyzed in the present study has changed since the study period (2014–2017). Finally, it would be quite interesting to analyze the association between TOVIC and other driver-related factors not recorded in the Spanish Register (i.e., physical conditions, fitness, etc.).

## 5. Conclusions

The prevalence of TOVIC was not high among vehicles circulating on the Spanish roads between 2014 and 2017 (less than 5%). Although this prevalence did not substantially

change across categories of most driver- and environment-related variables, extremely high values were obtained for small subgroups of drivers potentially related to a high risk of being involved or causing a road crash (i.e., drivers with a timed-out driving license). Several environment-related factors, such as driving in open roads, streets, and non-conventional roads, where police controls are less frequent, were also associated with TOVIC. Males were also more frequently associated with this infraction in the adjusted estimations. Furthermore, as revealed by the multiple logistic regression models, the fact that TOVIC is positively and independently related to vans, older vehicles, and vehicles with defects implies the existence of a non-negligible volume of high-risk vehicles circulating on Spanish roads which merits attention by policymakers. Therefore, the results obtained in our study support the need to keep these at-risk vehicles off the road. To achieve this goal, routine police checks should be increased, especially for older vans with TOVIC and vehicle defects.

**Author Contributions:** Conceptualization, P.L.-C., E.J.-M., L.M.M.-d. and V.M.-R.; methodology, P.L.-C.; formal analysis, L.M.M.-d. and P.L.-C.; investigation, M.R.-I. and J.P.-M.; resources, M.R.-I., J.P.-M. and L.M.M.-d.; writing, P.L.-C., V.M.-R., E.J.-M., M.R.-I., J.P.-M. and L.M.M.-d. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research received no external funding.

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** Data from this study should be requested to the Spanish Traffic Directorate (Dirección General de Tráfico).

**Acknowledgments:** We wish to thank the Spanish Traffic Directorate (Dirección General de Tráfico) for allowing access to their database of traffic accidents with victims, and K. Shashok for editing the use of English in the manuscript.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Elvik, R.; Vaa, T.; Hoye, A.; Sorensen, M. *The Handbook of Road Safety Measures*; Emerald Group Publishing: Bingley, UK, 2009.
2. Cuerden, R.W.; Edwards, M.J.; Pittman, M.B. *Effects of Vehicle Defects in Road Accidents*; Transport Research Laboratory, IHS Press: Wokingham, UK, 2011.
3. Rechnitzer, G.; Haworth, N.; Kowadlo, N. *The Effect of Vehicle Roadworthiness on Crash Incidence and Severity*; Monash University, Accident Research Centre: Clayton, Australia, 2000.
4. Taneerananon, P.; Chanwannakul, T.; Suanpaga, V.; Khompratya, T.; Kronprasert, N.; Tanaboriboon, Y. An Evaluation of the Effectiveness of Private Vehicle Inspection Process in Thailand. *J. East Asia Soc. Transp. Stud.* **2005**, *6*, 3482–3496.
5. Jarosiński, W. Periodic Technical Inspections of Vehicles and Road Traffic Safety with the Number of Road Accidents Involving Fatalities. *Ekspluat. Niezawodn. Maint. Reliab.* **2014**, *16*, 105–111.
6. Cairns, S.; Rahman, S.; Anable, J.; Chatterton, T.; Wilson, R.E. *Vehicle Inspections—From Safety Device to Climate Change Tool*; MOT Project Working Paper: Wokingham, UK; TRL: Wokingham, UK, 2017; ISBN 978-1-912433-11-7.
7. Martín-delosReyes, L.M.; Lardelli-Claret, P.; García-Cuerva, L.; Rivera-Izquierdo, M.; Jiménez-Mejías, E.; Martínez-Ruiz, V. Effect of Periodic Vehicle Inspection on Road Crashes and Injuries: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 6476. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. *Real Decreto 2344/1985*; Gobierno de España: Madrid, Spain, 1985.
9. Christensen, P.; Elvik, R. Effects on Accidents of Periodic Motor Vehicle Inspection in Norway. *Accid. Anal. Prev.* **2007**, *39*, 47–52. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
10. Mohan, D.; Tiwari, G.N. *Injury Prevention and Control*; CRC Press: London, UK, 2014.
11. Peden, M. *Informe Mundial Sobre Prevención de Los Traumatismos Causados Por el Tránsito*; Pan American Health Organization: Washington, DC, USA, 2004; pp. 1–599.
12. Coşciug, A.; Ciobanu, S.M.; Benedek, J. The Safety of Transnational Imported Second-Hand Cars: A Case Study on Vehicle-to-Vehicle Crashes in Romania. *Sustainability* **2017**, *9*, 2380. [[CrossRef](#)]
13. Blows, S.; Ivers, R.Q.; Woodward, M.; Connor, J.; Ameratunga, S.; Norton, R. Vehicle year and the risk of car crash injury. *Inj. Prev.* **2003**, *9*, 353–356. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
14. Blows, S.; Ivers, R.Q.; Connor, J.; Ameratunga, S.; Norton, R. Does Periodic Vehicle Inspection Reduce Car Crash Injury? Evidence from the Auckland Car Crash Injury Study. *Aust. N. Z. J. Public Health* **2003**, *27*, 323–327. [[CrossRef](#)]

15. Fossier, S. An Experimental Evaluation of the Effects of Periodic Motor Vehicle Inspection on Accident Rates. *Accid. Anal. Prev.* **1992**, *24*, 599–612. [[CrossRef](#)]
16. Keall, M.D.; Newstead, S. An Evaluation of Costs and Benefits of a Vehicle Periodic Inspection Scheme with Six-Monthly Inspections Compared to Annual Inspections. *Accid. Anal. Prev.* **2013**, *58*, 81–87. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
17. Dirección General de Tráfico, Ministerio del Interior. *ARENA 2 Manual de Usuario*; DGT: Madrid, Spain, 2011.
18. Chandraratna, S.; Stamatiadis, N. Quasi-induced exposure method: Evaluation of not-at-fault assumption. *Accid. Anal. Prev.* **2009**, *41*, 308–313. [[CrossRef](#)]
19. Jiang, X.; Lyles, R.W. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid. Anal. Prev.* **2010**, *42*, 1352–1358. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. StataCorp, LLC. *Stata Statistical Software: Release 15*; StataCorp, LLC: College Station, TX, USA, 2017.
21. Havârneanu, G.M.; Havârneanu, C.E. When norms turn perverse: Contextual irrationality vs. rational traffic violations. *Transp. Res. Part F Traffic Psychol. Behav.* **2012**, *15*, 144–151. [[CrossRef](#)]
22. Iversen, H.; Rundmo, T. Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Pers. Individ. Differ.* **2002**, *33*, 1251–1263. [[CrossRef](#)]
23. Ulleberg, P.; Rundmo, T. Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Saf. Sci.* **2003**, *41*, 427–443. [[CrossRef](#)]
24. González-Iglesias, B.; Gómez-Fraguela, J.A.; Luengo-Martín, M.Á. Driving anger and traffic violations: Gender differences. *Transp. Res. F Traffic Psychol. Behav.* **2012**, *15*, 404–412. [[CrossRef](#)]
25. Laapotti, S.; Keskinen, E.; Rajalin, S. Comparison of young male and female drivers' attitude and self-reported traffic behaviour in Finland in 1978 and 2001. *J. Saf. Res.* **2003**, *34*, 579–587. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Cordellieri, P.; Baralla, F.; Ferlazzo, F.; Sgalla, R.; Piccardi, L.; Giannini, A.M. Gender effects in young road users on road safety attitudes, behaviors and risk perception. *Front. Psychol.* **2016**, *7*, 1412. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Martín-de-los Reyes, L.M.; Martínez-Ruiz, V.; Lardelli-Claret, P.; Moreno-Roldán, E.; Molina-Soberanes, D.; Jiménez-Mejías, E. Asociación del tipo de vehículo con el riesgo de provocar una colisión entre vehículos. *Gac. Sanit.* **2021**, *34*, 350–355. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
28. Ramírez, B.A.; Ayuso, J.P.; McWilliams, J.M.M.; Alonso, F.J.; Crespo, A.F.; Izquierdo, F.A. Van Traffic Accident Analysis. A Holistic Approach. In Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress, Beijing, China, 27–20 November 2012; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2013.
29. Moodley, S.; Allopi, D.R. *An Analytical Study of Vehicle Defects and Their Contribution to Road Accidents*; SATC: Pretoria, South Africa, 2008.
30. Das, S.; Geedipally, S.R.; Dixon, K.; Sun, X.; Ma, C. Measuring the Effectiveness of Vehicle Inspection Regulations in Different States of the U.S. *Transp. Res. Rec.* **2019**, *2673*, 208–219. [[CrossRef](#)]
31. Poitras, M.; Sutter, D. Policy Ineffectiveness or Offsetting Behavior? An Analysis of Vehicle Safety Inspections. *South. Econ. J.* **2002**, *68*, 922–934.

## **2.2. Trabajo 5: La conducción de un vehículo con el certificado de inspección técnica caducado: influencia en el riesgo de AT y en la gravedad de las lesiones a través de una aproximación observacional analítica.**

Este trabajo trataba originalmente de dar respuesta a los objetivos específicos 2.2.2. y 2.2.3, aunque, finalmente, por las razones que se comentarán seguidamente, lo incluimos como un trabajo que trata de dar respuesta al objetivo 2.2.2. Aunque en esta Tesis figura como el trabajo 5, realmente fue el primer trabajo que se acometió dentro de la sub-línea de investigación. Una vez realizado, optamos por enviarlo a *Accident Analysis and Prevention*. El editor decidió rechazar el trabajo, debido a las consideraciones mayores efectuadas por los tres revisores, que reproducimos en los siguientes párrafos:

*Reviewer: 1*

*The paper is good and well-presented. But you have not been able to Control for differences in behaviour between cases and controls. Single vehicle accidents (cases) are often closely related to speed, for which you have no data.*

*Reviewer: 2*

*The aim of this paper is to quantify the association between driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate and the risks of road crash and crash severity in Spain from 2014 to 2017. To this purpose, a case-control study and a cohort study were performed, based on data from the Spanish National Register of Road Crashes. The subject of the research is worthy of investigation.*

*However, what the authors indicate as a possible interpretation of results is instead the main limitation of the study, which makes the results inconclusive. It is obvious that risk driving behaviour is a probable confounder in the relationship between driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate and the risks of road crash (and crash severity). Confounding may be partially or entirely responsible of the association; the “real” association could be, in theory, also negative. Without taking into account this important confounder, it is not possible to draw conclusions from the study. Having found a positive association does not make much sense if it is not possible to interpret it.*

Reviewer: 3

*The paper is generally well-written and presented and the authors provide a good list of limitations. Because the limitations are so strong, this seems to preclude any discussion of implications for policy, for example, because the interpretation of the findings is so uncertain.*

Puede comprobarse que los tres revisores apuntan, en sus consideraciones mayores, hacia la misma dirección: la información empleada es insuficiente para deslindar qué parte de las asociaciones obtenidas pueden ser explicadas por variables relacionadas con el comportamiento de los conductores, que actuarían como confusoras de la asociación entre una ITV caducada y una mayor accidentalidad y/o lesividad. En consecuencia, las asociaciones observadas no son válidas para estimar el efecto específico de la ITV caducada sobre accidentalidad o gravedad, ni pueden por tanto tener implicaciones prácticas en el ámbito de la seguridad vial.

Tras reflexionar sobre las críticas recibidas, el grupo de investigación entendió que eran acertadas. Ello nos llevó a replantearnos si era posible, a partir de la misma fuente de información (el Registro de Víctimas de AT), cambiar el diseño del estudio a fin de soslayar la falta de suficiente información en el registro acerca de los confusores dependientes de los conductores. Dicha reflexión, que continuamos en la actualidad, condujo en su momento a las siguientes actuaciones:

1. Con respecto a la asociación entre ITV caducada y gravedad, hallamos una estrategia alternativa de diseño que, a nuestro juicio, ofrecía una solución parcial al problema planteado. Este nuevo planteamiento dio lugar a un nuevo trabajo (trabajo 7), que fue enviado y aceptado para su publicación en *Traffic Injury Prevention*.
2. Por el contrario, con respecto a la asociación entre ITV caducada y accidentalidad, no hemos sido capaces de hallar una estrategia alternativa de diseño que permita solventar el problema. Por ello, hemos de asumir que, en relación con la accidentalidad, nuestro estudio adolece de los mismos problemas detectados en el resto de estudios observacionales que, con el mismo objetivo, se han publicado hasta la fecha. En esta situación, nuestras decisiones han sido las siguientes:

- Aplazar, durante un tiempo, el envío a una nueva revista del trabajo original realizado sobre la asociación entre ITV caducada y accidentalidad (una vez suprimida del mismo la sección dedicada al estudio de la asociación entre ITV caducada y gravedad), a la espera de encontrar una solución al problema ya comentado. En caso de no hallarla, asumimos que, en la nueva versión del trabajo que enviemos a publicar, deberemos ser aún más cautos en la interpretación de nuestros resultados de lo que lo fuimos en la versión original.
- Puesto que nuestro estudio no ha mejorado sustancialmente la validez de las estimaciones de los estudios precedentes, nuestra propuesta para dar respuesta al objetivo 2.2.2 se complementa con la realización de una revisión sistemática de los estudios previos. Para ello llevamos a cabo el Trabajo 6, ya publicado.

En las siguientes páginas presentamos la versión del Trabajo 5 que en su día se envió a la revista *Accident Analysis and Prevention* y que recibió las críticas ya mostradas anteriormente. Es importante enfatizar que, a nuestro juicio, solo debería ser valorada la parte del trabajo en la que se cuantifica la asociación entre ITV caducada y accidentalidad, pues estamos convencidos de que el diseño que hemos aplicado en el trabajo 7 da una respuesta más válida a la asociación entre ITV caducada y gravedad. A fin de diferenciar todo lo referente a esta segunda parte, el texto y tablas de las secciones de métodos, resultados y discusión que se refieren a ella se han marcado en cursiva. No obstante, en un ejercicio de transparencia, hemos optado por presentar el trabajo completo, tal y como fue enviado en su día a la revista.



## **Driving with an expired vehicle inspection certificate: influence on the risk of road crashes and injury severity through analytical observational approach**

### **Abstract**

**Objectives:** The aim of this study was to quantify the association between driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate (DEVIC) and the risks of road crash and crash severity in Spain from 2014 to 2017.

**Design:** We designed two studies: A case–control study was performed to obtain crude and adjusted odds ratios between DEVIC and the risk of road crash, comparing the prevalence of DEVIC between subsets 1) (cases) and 3) (controls). A cohort study investigated the relationship between DEVIC and injury severity, comparing the incidence of minor injuries, major injuries and deaths between DEVIC and non-DEVIC drivers in all three subsets.

**Setting:** Drivers of four-wheeled motor vehicles selected from the Spanish National Register of Road Crashes with Victims.

**Participants:** From these population, three subsets of drivers were selected: 1) drivers involved in single crashes (n=31 290), 2) responsible drivers of clean collisions (only one driver of multi-vehicle collisions committed any traffic infraction or error) (n=50 781), and 3) non-responsible drivers involved in the same clean collisions defined above (n=52 131).

**Results:** A moderate association was shown between DEVIC and the risk of being involved in a crash (adjusted Odds Ratio = 1.41; 95%CI: 1.31–1.52). The cohort study revealed that DEVIC was not clearly related to the severity of injuries. Only for major injuries a weak association was found (adjusted Relative Risk = 1.16; 95%CI: 1.02–1.32).

**Conclusions:** The impact of periodic vehicle inspection on reducing the risk of road crash involvement or crash severity appeared to be moderate in Spain.

## INTRODUCTION

Vehicle-related factors are one of the three main groups of determinants (along with driver-related and environmental factors) classically investigated in epidemiological research on injuries caused by road crashes.[1] Estimates of their attributable contribution to the total number of road crashes range from 3% to 19%.[2,3] This causal relationship is the main justification for implementing periodic vehicle inspection programs, a legal requisite in many countries for allowing vehicles to be driven on public roadways. These programs are assumed to improve both the environment (by restricting the use of pollutant-emitting vehicles) and road safety. Regarding this second assumption, periodic inspections facilitate the early detection and correction of vehicle defects (e.g., tires, steering, brakes, lights, safety devices) related to a higher risk of involvement in a crash or a higher risk of crash-related injuries [3-6].

Unfortunately, there is a scarcity of studies in recent years aimed to assess the impact of periodic inspection programs on the risk of roads crashes or the risk of crash-related injuries. Furthermore, the results of studies performed in past decades are inconsistent. An early study by Schroer and Peyton [7] found lower crash rates in inspected vehicles compared to non-inspected ones, but non-random assignment raised doubts about the comparability of the two subgroups. Some years later, Fosser [8] undertook a somewhat similar comparison but with random assignment of vehicles to each group, and did not detect any relationship between inspection and crash rates. Using an indirect approach, White [9] concluded that vehicle inspections were useful after observing that the probability of crashes increased with the time elapsed since the most recent inspection. More recently, a case-control study by Blows *et al.* [10] showed that among vehicles without a currently valid inspection certificate, the odds of being involved in a crash resulting in injuries were greater than in vehicles with a valid certificate. However, a limitation of this study was that information regarding exposure was self-reported. In their pre-post study, Christensen and Elvik [11] observed no effect of vehicle inspection on accident rates. Most recently, Keall and Newstead [12] evaluated the effect of doubling the frequency of inspections from annual to biannual on crash-related injury rates. They reported a small decrease in these rates (8%) in vehicles that had been inspected more frequently – a finding that supports the usefulness of vehicle inspections. In the most recent study published,[13] it was reported that US states with vehicle inspection programs showed a smaller number of crashes involving vehicles with safety-related defects than the states without inspection, but the ecological design prevent from a causal interpretation of this association.

In summary, the effect of periodic vehicle inspections on the risk of road crashes remains uncertain up to date. Furthermore, it is interesting to note that the outcomes assessed in previous studies were crash rates or crash-related injuries, but none of them considered the effect of vehicle inspection on the severity of the injuries sustained by drivers involved in the crashes.

In Spain, periodic vehicle inspection has been mandatory since 1985 (Real Decreto 2344, 1985) for cars more than 4 years old (i.e., 4 years after the purchase and registration of a new vehicle). For vehicles purchased more than 4 years previously, inspections are required every 2 years, and for vehicles more than 10 years old, yearly inspections are required. Driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate (DEVIC) is an administrative infraction verified and recorded by the Spanish police in routine road checks and in all cars involved in road crashes. If inspections lead to a decrease in the prevalence of vehicle defects potentially related with the risk of road crashes, it could be hypothesized that DEVIC status is associated with this risk. Moreover, if vehicles with defects which could have been detected and corrected through mandatory vehicle inspection are involved in crashes that lead to more severe injuries, an association between DEVIC status and crash severity would also be foreseeable. The aim of the present study was to test these two hypotheses.

## **METHODS**

### **Data source**

Our data source was the Spanish National Register of Road Crashes with Victims, which provided records from 2014 to 2017. This nationwide police-based register is maintained by the Spanish Traffic General Directorate [14], and contains information recorded by the police at the scene of the crash regarding the characteristics of the crash, the vehicles and the persons involved. Our study population was defined on the basis of three variables contained in this register: the type of vehicle(s) involved, the type of crash, and the commission of any driving error or infraction prior to the crash. The study population thus comprised three subsets of drivers of four-wheeled motor vehicles (cars, vans and all-terrain) as detailed below:

Group 1: Drivers involved in single crashes in which only one moving vehicle was involved (n=31,290 drivers).

Group 2: Infractor drivers involved in clean collisions, i.e., those between two or more moving vehicles (frontal, front–lateral, lateral, rear, or multiple collisions) in which only one of the involved drivers committed any driving error or traffic infraction immediately prior to the crash (n=50,781 drivers involved in as many clean collisions).

Group 3: Non-infractor drivers involved in the 50,781 clean collisions in group 2 (n=52,131 drivers).

## **Study design**

From this source population we designed two studies:

First, to investigate the relationship between DEVIC and the risk of involvement in a road crash we used a case–control study design. Ideally, this study should have compared the prevalence of DEVIC between two groups of drivers and vehicles sampled from the same population of drivers and vehicles on the road: involved (cases) and not involved in road crashes (controls). However, we did not have access to a random sample of drivers not involved in road crashes. To overcome this drawback, we assumed that most non-infractor drivers involved in clean collisions (group 3) were innocent drivers; therefore, in accordance with the quasi-induced exposure approach [15], they could be considered a representative sample of all drivers of moving vehicles on the road, and thus constituted our control group. We used group 1 drivers as cases, assuming the plausibility that some of the crashes involving only one moving vehicle were related with DEVIC.

*Second, to investigate the relationship between DEVIC and injury severity we considered the fixed cohort of drivers in all three groups to compare the incidence of minor injuries, major injuries and deaths (within 30 days after the crash) between exposed (DEVIC), and non-exposed (non-DEVIC) drivers.*

## Study variables

Values for all variables were obtained from the National Register of Road Crashes with Victims, and analysed in the three subgroups:

- Driver-related variables: outcome severity (no injuries, minor injuries not requiring hospitalization, major injuries requiring hospitalization, death), age group (less than 25, 25–34, 45–54, 55–64, 65–75, 75 years or more), sex (male, female), nationality (Spanish, other), alcohol use (no test performed, negative test, positive test), drugs use (no/no test performed/not recorded, yes), driving without a valid license (no, yes), seat belt use (yes, no).

- Vehicle-related variables: DEVIC (no, yes), type of vehicle (car, van, all-terrain), years since registration, previous defects (no, yes), presence of other passengers (no, yes).

- Environment-related variables: year, month, time of day (0:00-5:00, 6:00-11:00, 12:00-17:00, 18:00-23:00), province (each of the 50 administrative units in which Spain is divided), zone (urban or open road), type of road (highway or motorway, conventional road, street, other), road surface (normal, altered), light conditions (daylight, twilight without artificial lighting, twilight with artificial lighting, dark with artificial lightning on, dark with artificial lightning off, dark without artificial lighting), meteorological conditions (normal, adverse).

## Analysis

As shown in Table 1, several variables had missing and unknown values, with an especially high frequency in group 1 (single crashes). We noted that for any given variable with missing values, the odds of occurrence of a missing value were related to the observed values for the categories of the other study variables. This observation supported our assumption that at least part of these missing values followed a missing-at-random distribution, which made them eligible for imputation through a multiple imputation procedure [16]. We therefore used multiple imputation for the entire dataset with the multiple chained equation method [17-19]. We built 50 datasets in which missing values were replaced with a value chosen randomly from the range of probable values obtained with the chained equations. All analyses described below were done separately for each of these 50 files, and their results were combined with Rubin's method [20].

Analysis in the case–control study: In the first step we designed a simple logistic regression model to obtain the crude odds ratio (cOR) between DEVIC and the odds of being involved in a single crash. In the second step, a multivariate model was fitted by adding to DEVIC all driver-, vehicle- and environment-related variables. This allowed us to obtain an adjusted OR estimate (aOR) for the association between DEVIC and the odds of being involved in a single crash.

*Analysis in the cohort study: A multinomial logistic model was fitted to the data. The dependent variable was severity of the injuries sustained by the driver (none, minor injuries, major injuries, or death). With “No injuries” as the reference category, the model was used to estimate the relative risk (RR) of DEVIC for each of the other three outcomes. Simple and multivariate models were fitted to obtain crude and adjusted RR (cRR and aRR, respectively), and for the latter estimates all remaining variables were included in the model.*

Ninety-five percent confidence intervals (95%CI) were obtained for each estimate. All analyses were done with Stata version 15 software (Stata Statistical Software: Release 15. College Station, TX: StataCorp LLC; 2017).

## **Patient and public involvement**

Patients or the public were not involved in the design, or conduct, or reporting, or dissemination plans of our research.

## **RESULTS**

Table 1 shows the categories of each variable, as well as their distribution across the three main subgroups of drivers and crashes selected for analysis: drivers involved in single crashes (group 1), infractor drivers involved in clean collisions with other vehicles (group 2), and non-infractor drivers involved in the same clean collisions (group 3). The prevalence of DEVIC in the whole sample was 6.0% but was 4.9% in group 3 (controls).

Table 1. Distribution of driver-, vehicle- and environment-related variables in the entire sample and the three subgroups of drivers.

1.1. Driver-related variables

Variable	Category	Total		Drivers involved in single crashes		Infraction drivers in clean collisions		Non-infractor drivers in clean collisions	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Severity	No injuries	62,779	46.78	3,650	11.67	37,269	73.39	21,860	41.93
	Minor injuries	65,754	49.00	24,455	78.16	12,029	23.69	29,270	56.15
	Major injuries	4,338	3.23	2,453	7.84	1,051	2.07	834	1.60
	Death	1,331	0.99	732	2.34	432	0.85	167	0.32
Sex	Male	88,663	66.07	20,776	66.40	34,987	68.90	32,900	63.11
	Female	45,380	33.81	10,476	33.48	15,716	30.95	19,188	36.81
	Unknown	159	0.12	38	0.12	78	0.15	43	0.08
Age (years)	18-24	18,227	13.58	6,308	20.16	6,927	13.64	4,992	9.58
	25-34	32,012	23.85	7,618	24.35	11,887	23.41	12,507	23.99
	35-44	32,915	24.53	6,360	20.33	11,750	23.14	14,805	28.40
	45-54	23,417	17.45	4,600	14.70	8,633	17.00	10,184	19.54
	55-64	13,945	10.39	2,821	9.02	5,377	10.59	5,747	11.02
	65-74	8,281	6.17	2,027	6.48	3,528	6.95	2,726	5.23
	>74	4,615	3.44	1,374	4.39	2,353	4.63	888	1.70
	Unknown	790	0.59	182	0.58	326	0.64	282	0.54
Nationality	Spanish	128,202	95.53	28,111	89.84	49,048	96.59	51,043	97.91
	Foreign	3,638	2.71	1,041	3.33	1,595	3.14	1,002	1.92
	Unknown	2,362	1.76	2,138	6.83	138	0.27	86	0.16
Driving license	Yes	126,540	94.29	27,562	88.09	48,401	95.31	50,577	97.02
	No, or not valid	3,836	2.86	1,058	3.38	1,699	3.35	1,079	2.07
	Unknown	3,826	2.85	2,670	8.53	681	1.34	475	0.91
Alcohol use	Not tested	62,957	46.91	13,215	42.23	24,358	47.97	25,384	48.69

	No	61,013	45.46	12,476	39.87	22,586	44.48	25,951	49.78
	Yes	7,537	5.62	3,966	12.67	3,244	6.39	327	0.63
	Unknown	2,695	2.01	1,633	5.22	593	1.17	469	0.90
Drug use	No/Not tested	133,835	99.73	31,109	99.42	50,623	99.69	52,103	99.95
	/Not recorded								
	Yes	367	0.27	181	0.58	158	0.31	28	0.05
Seat belt use	Yes	111,512	83.09	26,655	85.19	40,798	80.34	44,059	84.52
	No	2,408	1.79	1,434	4.58	568	1.12	406	0.78
	Unknown	20,282	15.11	3,201	10.23	9,415	18.54	7,666	14.71

## 1.2. Vehicle-related variables

Variable	Category	Total		Drivers involved in single crashes		Infraction drivers in clean collisions		Non-infraction drivers in clean collisions	
		N	%	N	%	N	%	N	%
DEVIC	No	122,638	91.38	27,140	86.74	46,482	91.53	49,016	94.02
	Yes	8,101	6.04	2,091	6.68	3,458	6.81	2,552	4.90
	Unknown	3,463	2.58	2,059	6.58	841	1.66	563	1.08
Type of vehicle	Car	117,644	87.66	27,570	88.11	43,848	86.35	46,226	88.67
	Van	12,662	9.44	2,613	8.35	5,430	10.69	4,619	8.86
	All-terrain	3,896	2.90	1,107	3.54	1,503	2.96	1,286	2.47
Age of vehicle (years)	0-4	21,936	16.35	3,053	9.76	8,949	17.62	9,934	19.06
	5-9	31,528	23.49	6,383	20.40	11,854	23.34	13,291	25.50
	10-14	42,407	31.60	10,362	33.12	15,732	30.98	16,313	31.29
	>14	36,664	27.32	10,383	33.18	13,918	27.41	12,363	23.72
	Unknown	1,667	1.24	1,109	3.54	328	0.65	230	0.44
Passengers in the	Only the driver	87,515	65.21	18,646	59.59	38,728	76.26	30,141	57.82



vehicle	Other	46,040	34.31	11,998	38.34	12,052	23.73	21,990	42.18
	passengers								
	Unknown	647	0.48	646	2.06	1	0.00	0	0.00
Vehicle	None	130,207	97.02	28,071	89.71	50,248	98.95	51,888	99.53
defects	Any	1,822	1.36	1,110	3.55	492	0.97	220	0.42
	Unknown	2,173	1.62	2,109	6.74	41	0.08	23	0.04

### 1.3. Environment-related variables

Variable	Category	Total		Drivers involved in single crashes		Infraction drivers in clean collisions		Non-infraction drivers in clean collisions	
		N	%	N	%	N	%	N	%
Year	2014	28,235	21.0	7,394	23.6	10,36	20.4	10,48	20.1
			4		3	0	0	1	1
	2015	32,643	24.3	7,015	22.4	12,64	24.8	12,98	24.9
			2		2	1	9	7	1
2016		36,326	27.0	8,623	27.5	13,72	27.0	13,98	26.8
			7		6	2	2	1	2
2017		36,998	27.5	8,258	26.3	14,05	27.6	14,68	28.1
			7		9	8	8	2	6
Month	January	10,375	7.73	2,682	8.57	3,802	7.49	3,891	7.46
	February	9,803	7.30	2,439	7.79	3,663	7.21	3,701	7.10
	March	10,730	8.00	2,454	7.84	4,084	8.04	4,192	8.04
	April	10,592	7.89	2,470	7.89	4,026	7.93	4,096	7.86
	May	11,262	8.39	2,515	8.04	4,352	8.57	4,395	8.43
	June	11,833	8.82	2,545	8.13	4,576	9.01	4,712	9.04
	July	12,285	9.15	2,962	9.47	4,662	9.18	4,661	8.94
	August	11,558	8.61	2,913	9.31	4,296	8.46	4,349	8.34
	September	11,202	8.35	2,450	7.83	4,275	8.42	4,477	8.59
	October	11,621	8.66	2,625	8.39	4,434	8.73	4,562	8.75
	November	11,648	8.68	2,560	8.18	4,405	8.67	4,683	8.98
	December	11,293	8.41	2,675	8.55	4,206	8.28	4,412	8.46
Time of day	0-5	8,194	6.11	4,793	15.3	1,786	3.52	1,615	3.10
					2				
	6-11	35,010	26.0	8,499	27.1	13,24	26.0	13,26	25.4
			9		6	9	9	2	4
12-19		52,793	39.3	10,57	33.8	20,52	40.4	21,69	41.6
			4	6	0	1	1	6	2
20-24		38,205	28.4	7,422	23.7	15,22	29.9	15,55	29.8
			7		2	5	8	8	4
Zone	Urban	51,800	38.6	5,308	16.9	24,63	48.5	21,86	41.9
			0		6	0	0	2	4

Type of road	Open road	82,402	61.4	25,980	83.0	26,151	51.5	30,269	58.0
	Highway/Motorway	27,876	20.7	8,191	26.1	8,144	16.0	11,541	22.1
	Conventional road	52,504	39.1	16,612	53.1	17,590	34.6	18,296	35.1
Light conditions	Street	47,332	35.2	4,406	14.0	22,817	44.9	20,109	38.5
	Other roads	6,490	4.84	2,075	6.63	2,230	4.39	2,185	4.19
	Daylight	95,873	71.4	19,064	60.9	37,639	74.1	39,172	75.1
Light conditions	Dawn/Dusk without artificial lighting	4,914	3.66	1,583	5.06	1,646	3.24	1,685	3.23
	Dawn/Dusk with artificial lighting on	3,285	2.45	447	1.43	1,434	2.82	1,404	2.69
	Dark with artificial lighting on	15,854	11.8	3,334	10.6	6,507	12.8	6,013	11.5
	Dark with artificial lighting off	1,820	1.36	584	1.87	569	1.12	667	1.28
Weather conditions	Dark without artificial lightning	12,456	9.28	6,280	20.0	2,986	5.88	3,190	6.12
	Good	107,831	80.3	21,449	68.5	42,776	84.2	43,606	83.6
	Adverse	24,641	18.3	8,815	28.1	7,630	15.0	8,196	15.7
Road Surface	Unknown	1,730	1.29	1,026	3.28	375	0.74	329	0.63
	Normal	112,544	83.8	22,186	70.9	44,719	88.0	45,639	87.5
	Altered	21,010	15.6	8,898	28.4	5,819	11.4	6,293	12.0
	Unknown	648	0.48	206	0.66	243	0.48	199	0.38

## Case-control study

The cOR was 1.48 for the association between DEVIC and the odds of being involved in a single crash (95%CI: 1.34–1.63;  $p < 0.001$ ). After adjusting this association for all remaining driver-, vehicle-, and environment-related variables (Table 2), the aOR was 1.41 (95%CI: 1.31–1.52;  $p < 0.001$ ). Table 2 also shows the aOR between these variables and involvement in a single crash. The risk of single crashes was higher for extreme age groups, females, foreign drivers, use of alcohol or drugs, driving without a valid license, and not using a seat belt. For vehicle-related variables, the risk increased with the time elapsed since registration, and was higher for all-terrain vehicles, vehicles with defects, and vehicles without any other passengers apart from the driver. Regarding environment-related variables, the risk of being involved in single crashes decreased in more recent years, and was higher in summer, during the night, in poor light conditions, on open roads, on altered road surfaces, and during adverse weather conditions.

Table 2. Adjusted odds ratios (aOR) for the association between involvement in a single crash and driver-, vehicle- and environment-related variables.

2.1. Driver- and vehicle-related variables

Variable	Category	aOR	95%CI	
Age (years)	18-24	3.02	2.85	3.21
	25-34	1.36	1.29	1.43
	35-44	1	Reference	
	45-54	1.08	1.02	1.14
	55-64	1.21	1.14	1.29
	65-74	2.07	1.92	2.24
	>74	3.92	3.53	4.35
Sex	Male	1	Reference	
	Female	1.21	1.16	1.25
Nationality	Spanish	1	Reference	
	Foreign	1.67	1.50	1.87
Driving license	Valid	1	Reference	
	No, or not valid	1.78	1.57	2.00
Alcohol use	No test performed	1	Reference	
	Negative test	0.46	0.44	0.48
	Positive test	15.41	13.48	17.62
Drug use	Nottested/Negative/ Missing	1	Reference	
	Positive test	6.44	4.05	10.26
Safety belt use	Yes	1	Reference	
	No	4.78	4.15	5.51
DEVIC	No	1	Reference	
	Yes	1.41	1.31	1.52
Type of vehicle	Car	1	Reference	
	Van	0.94	0.89	1.01
	All-terrain	1.16	1.05	1.29
Vehicle defects	None	1	Reference	
	Any	7.94	6.74	9.36
Passengers	Only the driver	1	Reference	
	Any other	0.76	0.73	0.79
Age of the vehicle	One-year increase	1.04	1.03	1.04

## 2.2. Environment-related variables\*

Variable	Category	aOR	95%CI	
Year	2014	1	Reference	
	2015	0.90	0.85	0.94
	2016	0.86	0.81	0.90
	2017	0.80	0.76	0.84
Month	January	1	Reference	
	February	0.95	0.87	1.04
	March	1.00	0.91	1.09
	April	1.10	1.01	1.20
	May	1.11	1.02	1.22
	June	1.16	1.06	1.27
	July	1.30	1.19	1.42
	August	1.28	1.17	1.40
	September	1.00	0.92	1.10
	October	0.93	0.85	1.01
	November	0.82	0.75	0.89
	December	0.89	0.82	0.97
Time of day	0-5	3.65	3.31	4.02
	6-11	1.02	0.97	1.07
	12-19	1	Reference	
	20-24	0.70	0.66	0.74
Zone	Urban	1	Reference	
	Open roads	2.88	2.56	3.24
Type of road	Highway/Motorway	1	Reference	
	Conventional road	0.99	0.95	1.04
	Street	0.46	0.41	0.52
	Other roads	1.17	1.07	1.29
Weather conditions	Normal	1	Reference	
	Adverse	1.08	1.01	1.16
Light conditions	Daylight	1	Reference	
	Dawn/Dusk without artificial lighting	1.57	1.44	1.72
	Dawn/Dusk with artificial lighting on	0.90	0.79	1.03
	Dark with artificial lighting on	1.08	1.00	1.17
	Dark with artificial lighting off	1.17	1.00	1.35
	Dark without artificial lightning	1.97	1.83	2.11
Road surface	Normal	1	Reference	
	Altered	2.82	2.63	3.03

\* Province was also included in the model.

### **Cohort study**

Table 3 shows the *cRR* and *aRR* for the association between DEVIC and each of the three outcomes considered (minor injuries, major injuries, or death) when the “no injuries” category was used as the reference. The crude analysis showed increasing *cRR* values with increasing severity. For minor injuries, a small inverse association was found, but this association was reversed for major injuries (*cRR*=1.23) and death (*cRR*=1.33). However, the corresponding adjusted estimates did not reproduce this pattern, as all of them approached the null value. Only the *aRR* for the “major injuries” category showed a slight but significant association with DEVIC (*aRR*=1.16; 95%CI: 1.02–1.32; *p*=0.027).

Table 3. Crude and adjusted RR for the association between DEVIC and the risk of driver minor injuries, major injuries or death after the crash.

<i>Outcome</i>	<i>cRR*</i>	<i>95% CI</i>	<i>aRR**</i>	<i>95%CI</i>
<i>Minor injuries</i>	<i>0.94</i>	<i>0.89; 0.99</i>	<i>0.96</i>	<i>0.91; 1.01</i>
<i>Major injuries</i>	<i>1.25</i>	<i>1.11; 1.40</i>	<i>1.16</i>	<i>1.02; 1.32</i>
<i>Death</i>	<i>1.34</i>	<i>1.10; 1.64</i>	<i>1.05</i>	<i>0.83; 1.32</i>

\*Reference category: no injury.

\*\*RR adjusted by sex, age, nationality, driving without a valid license, driver under the influence of alcohol, driving under the influence of other drugs, seat belt use, presence of other passengers, type of vehicle, years since vehicle registration, vehicle defects, year, month, time of day, zone, type of road, light conditions, weather conditions, type of road surface, and province.

## **DISCUSSION**

Our results show a modest positive association between DEVIC and the risk of involvement in a single crash, and this risk did not change substantially after adjustment for the potential confounders considered here. Two possible hypotheses could explain this finding:

1. According to our initial hypothesis, DEVIC would be causally associated with less road worthy vehicles, and this association in turn may ultimately account for the higher risk of crashes in vehicles without a valid safety inspection certificate. According to this explanation, the associations found here are partially supported by previous research. As described in the Introduction, several observational studies found an association between periodic vehicle

inspection and a lower frequency of road crashes [10,12]. However, the only study in which vehicles with different levels of exposure were randomly assigned to groups with or without periodic inspection (in which we assume that confounding was absent) did not detect any association between periodic inspection and the risk of crashes.[8]The patterns of association between the risk of single crashes and the remaining driver-, vehicle-, and environment-related variables in our multivariate model are consistent with associations reported in most previous studies,[1] and may constitute indirect evidence in support of the causal nature of the association between vehicle inspections and the likelihood of involvement in a crash.

2. Alternatively, the association found here may not be causal, but may result instead from bias. For example, confounding may be partially or entirely responsible for our results if DEVIC is associated with other driver- or environment-related factors not considered in the present study, but which were actually responsible for the increased risk of single crashes. Because of the non-experimental nature of the present study, this explanation cannot be ruled out. Support for this hypothesis comes from suggestions that DEVIC may be a marker of high-risk driving behaviors [21-24]. On the other hand, some studies suggested compensatory driver behaviors towards less risky practices by drivers who were aware of defects in their vehicle [25]. This situation, which may also apply to the sample of drivers in the present study, would not offset the excess risk of involvement in a crash posed by vehicles with defects, as noted by other authors [26].

*Of note is the lack of a clear pattern of association between DEVIC and crash severity in the present study. If this association existed, higher RR values would be expected for more severe outcomes, but this was not observed in our adjusted model. Surprisingly, although the theoretical grounds for this association are similar to those that support the observed association between DEVIC and the risk of involvement in a crash, no previous studies to our knowledge have been designed specifically to investigate this.*

Apart from its observational nature, which precludes a causal interpretation of the associations reported here, the present study has other drawbacks which should be taken into account. First, it is based on information collected from the Spanish Register of Road Crashes with Victims, and this data source has several potential weaknesses.

- Because this register includes only accidents resulting in injuries or deaths, our results cannot be generalized to road crashes without victims. Furthermore, the register tends to underreport crashes resulting only in minor injuries, and the mechanisms that underlie this subset of crashes



may be substantially different from those that come into play in more severe crashes. Even more, the quality and validity of police data from other countries regarding crash deaths have been questioned [27].

- There are missing values for some important variables. Although we tried to minimize this bias through multiple imputation, an unknown number of these missing values cannot be imputed through a random mechanism, so the multiple imputation procedure used here does not fully correct for the resulting bias.
- The quality of information for some variables, such as driving under the influence of alcohol and drugs, may be questionable. Moreover, there is no information in the register regarding other potentially relevant factors such as vehicle speed at the time of the crash.

A second group of limitations arises from our study design. As noted in the Methods section, ideally the case group for this study would have consisted of a representative sample of drivers involved in crashes of any type, while the control group would have consisted of a representative sample of all drivers on the road. However, in accordance with the quasi-induced approach, our control group consisted of non-infractor drivers involved in clean collisions, on the assumption that they were a suitably representative sample of drivers on the road [15]. Several studies have shown that in general, this is a reasonable assumption [28-30]. Regarding the case group, we could also have considered drivers in groups 1 and 2 together (i.e., drivers involved in single crashes plus infractor drivers in clean collisions). However, this sample cannot be considered representative of all drivers involved in road crashes, because drivers in group 2 were defined by their purported responsibility for the crash. Therefore we decided to include as cases only the group of drivers involved in single crashes, without considering whether they were infractor or non-infractor drivers.

Another potential limitation is that we imputed drivers' responsibility based on whether or not they committed a driving error or infraction – an assumption that can also be challenged. The present analysis is based on the assumption that in a collision between two or more vehicles in which only one of the drivers committed an error or infraction, it is likely that then on-infractor drivers were not responsible for the crashes they were involved in. However, this assumption may not hold, especially if the information collected by the police officers at the scene of the crash is not entirely accurate, as some authors have suggested [3,4].

## CONCLUSIONS

In conclusion, our results show a positive association between DEVIC and an increased risk of involvement in single crashes. Although we cannot entirely rule out the influence of confounding factors on this association, it nonetheless constitutes another piece of evidence in favor of the usefulness of periodic vehicle inspections. Of note, however, is the lack of association between DEVIC and the severity of the injuries sustained by the driver as a consequence of the crash – a finding that merits further investigation in other samples of drivers and crashes.

## REFERENCES

1. Elvik R, Vaa T, Høy A, *et al.* The handbook of road safety measures. Bringley, UK: Emerald Group Publishing 2009.
2. Cuerden RW, Edwards MJ, Pittman MB. Effects of vehicle defects in road accidents. Published Project Record PPR565. Wokingham, UK: Transport Research Laboratory 2011.
3. Rechnitzer G, Haworth N, Kowadlo N. The effect of vehicle roadworthiness on crash incidence and severity (No. 164). Monash University, Accident Research Centre 2000.
4. Jarosiński W. Periodic technical inspections of vehicles and road traffic safety with the number of road accidents involving fatalities. *Eksploat Niezawodn* 2014;16:105–11.
5. Cairns S, Rahman S, Anable J, *et al.* Vehicle inspections – from safety device to climate change tool. MOT Project Working Paper. Wokingham, UK: Transport Research Laboratory 2014.
6. Petit L. The human factor in the traffic and road safety system and the interactional behavioral traffic model. *Psiencia: Latin American Journal of Psychological Science* 2014;6:48–54.doi:10.5872/psiencia/6.1.12

7. Schroer BJ, Peyton WF. The effects of automobile inspections on accident rates. *Accid Anal Prev* 1979;11:61–8.
8. Fossier S. An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates. *Accid Anal Prev* 1992;24:599–612. doi:10.1016/0001-4575(92)90012-8
9. White WT. Does periodic vehicle inspection prevent accidents? *Accid Anal Prev* 1986;18:51–62. doi:10.1016/0001-4575(86)90036-9
10. Blows S, Ivers RQ, Connor J, *et al.* Does periodic vehicle inspection reduce car crash injury? Evidence from the Auckland Car Crash Injury Study. *Aust NZ Publ Health* 2003;27:323–7. doi:10.1111/j.1467-842x.2003.tb00401.x
11. Christensen P, Elvik R. Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection in Norway. *Accid Anal Prev* 2007;39:47–52. doi:10.1016/j.aap.2006.06.003
12. Keall MD, Newstead S. An evaluation of costs and benefits of a vehicle periodic inspection scheme with six-monthly inspections compared to annual inspections. *Accid Anal Prev* 2013;58:81–7. doi:10.1016/j.aap.2013.04.036
13. Das S, Geedipally SR, Dixon K, *et al.* Measuring the Effectiveness of Vehicle Inspection Regulations in Different States of the U.S. *Transp Res Record* 2019;2673:208–19. doi:10.1177/0361198119841563
14. Dirección General de Tráfico. Ministerio del Interior. ARENA 2 Manual de usuario, 2011. Available: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/Manual-de-usuario.pdf> [Accessed 01 Dec 2019].
15. Stamatiadis N, Deacon JA. Quasi-induced exposure: Methodology and insight. *Accid Anal Prev* 1997;29:37–52. doi:10.1016/s0001-4575(96)00060-7
16. Donders AR, Van Der Heijden GJ, Stijnen T, *et al.* Review: a gentle introduction to imputation of missing values. *J Clin Epidemiol* 2006;59:1087–91. doi:10.1016/j.jclinepi.2006.01.014

17. Van Buuren S. Multiple imputation of discrete and continuous data by fully conditional specification. *Stat Methods Med Res* 2007;16:219–42. doi:10.1177/0962280206074463
18. Royston P. Multiple imputation of missing values: further update of ice, with an emphasis on categorical variables. *Stata J* 2009;9:466. doi:10.1177/1536867X0900900308
19. Royston P, Carlin JB, White IR. Multiple imputation of missing values: new features for mim. *Stata J* 2009;9:252. doi:10.1177/1536867X0900900205
20. Little RJ, Rubin DB. Statistical analysis with missing data (Vol. 793). Hoboken, NJ, US: John Wiley & Sons 2019.
21. Iversen H, Rundmo T. Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Pers Individ Differ* 2002;33:1251–63. doi:0.1016/S0191-8869(02)00010-7
22. Havârneanu GM, Havârneanu CE. When norms turn perverse: Contextual irrationality vs. rational traffic violations. *Transp Res Pt F-Traffic Psychol Behav* 2012;15:144–51. doi:10.1016/j.trf.2011.12.003
23. Ulleberg P, Rundmo T. Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Saf sci* 2003;41:427–43. doi:10.1016/S0925-7535(01)00077-7
24. Assemi B, Hickman M. Relationship between heavy vehicle periodic inspections, crash contributing factors and crash severity. *Transp. Res. Pt. A-Policy Pract.* 2018;113:441–59. doi:10.1016/j.tra.2018.04.018
25. Zhang J, Reithel BJ, Li H. Impact of perceived technical protection on security behaviors. *Information Management & Computer Security* 2009; 17:33040. doi:10.1108/09685220910993980
26. Bae YK, Benítez-Silva H. The effects of automobile recalls on the severity of accidents. *Econ Inq* 2013;51:1232–50. doi:10.1111/j.1465-7295.2011.00425.x

27. Raban MZ, Dandona L, Dandona R. The quality of police data on RTC fatalities in India. *InjPrev* 2014;20:293–301. doi:10.1136/injuryprev-2013-041011.
27. Chandraratna S, Stamatiadis N. Quasi-induced exposure method: evaluation of not-at-fault assumption. *Accid Anal Prev* 2009;41:308–13. doi:10.1016/j.aap.2008.12.005.
28. Jiang X, Lyles RW. A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accid Anal Prev* 2010;42:1352–8. doi:10.1016/j.aap.2010.02.016.
29. Shen S, Pope CN, Stamatiadis N, *et al.* Validation of not-at-fault driver representativeness assumption for quasi-induced exposure using US national traffic databases. *J Saf Res* 2019;71:243–9. doi:10.1016/j.jsr.2019.09.024.

### **2.3. Trabajo 6. El efecto de las Inspecciones Periódicas de los Vehículos sobre los AT y las lesiones: una revisión sistemática.**

Este trabajo trata de dar respuesta al objetivo específico 2.2.2. En el preámbulo del trabajo 5 ya comentamos las circunstancias que motivaron la elaboración de este trabajo, cuyo embrión fue una revisión sistemática realizada como Trabajo de Fin de Máster por la alumna Laura García Cuerva, tutorizada por el doctorando y uno de los directores de esta Tesis. Posteriormente, el trabajo fue reelaborado por el doctorando, actualizando la búsqueda, ampliándola con respecto a la ecuación de búsqueda, al período de referencia (sin límite inferior), y a las bases de datos revisadas. En su versión final, el trabajo fue aceptado el 11 de junio de 2021 en la revista *International Journal of Environmental Research and Public Health*.

La referencia del artículo es la siguiente:

Martín-delosReyes, L. M., Lardelli-Claret, P., García-Cuerva, L., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E. y Martínez-Ruiz, V. (2021). Effect of Periodic Vehicle Inspection on Road Crashes and Injuries: A Systematic Review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(12), 6476. DOI: 10.3390/ijerph18126476.

En 2020, la revista *International Journal of Environmental Research and Public Health* tenía un índice de impacto de 3,390 en el *Social Science Citation Index* y ocupaba la posición 42 de 176 en la categoría *Public, Environmental & Occupational Health* (Q1).

En las siguientes páginas presentamos el artículo en su versión publicada.

Reproducido con permiso de la Editorial (MDPI). Artículo publicado con acceso libre.

[Reproduced with permission from the Publisher (MDPI). Article published under Open Access policy].



Review

# Effect of Periodic Vehicle Inspection on Road Crashes and Injuries: A Systematic Review

Luis Miguel Martín-delosReyes <sup>1,2</sup> , Pablo Lardelli-Claret <sup>1,3,4</sup>, Laura García-Cuerva <sup>1</sup>,  
Mario Rivera-Izquierdo <sup>1,2,4,5,6</sup> , Eladio Jiménez-Mejías <sup>1,3,4,5</sup> and Virginia Martínez-Ruiz <sup>1,3,4,\*</sup>

- <sup>1</sup> Department of Preventive Medicine and Public Health, School of Medicine, University of Granada, Avenida de la Investigación 11, Edificio A, 8<sup>a</sup> planta, 18016 Granada, Spain; luismiguelmr@ugr.es (L.M.M.-d.); lardelli@ugr.es (P.L.-C.); laugarcia92@gmail.com (L.G.-C.); mariorivera@ugr.es (M.R.-I.); eladiojimenez@ugr.es (E.J.-M.)
- <sup>2</sup> Doctorate Program in Clinical Medicine and Public Health, University of Granada, 18071 Granada, Spain
- <sup>3</sup> Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), 28029 Madrid, Spain
- <sup>4</sup> Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs.GRANADA), 18012 Granada, Spain
- <sup>5</sup> Department of Teaching and Research in Family Medicine, School of Medicine, University of Granada, 18016 Granada, Spain
- <sup>6</sup> Service of Preventive Medicine and Public Health, Hospital Universitario Clínico San Cecilio, 18016 Granada, Spain
- \* Correspondence: virmr Ruiz@ugr.es

**Abstract:** This systematic review was conducted to determine the effect of periodic motor vehicle inspections on road crashes and injuries, compared to less exposure to periodic inspections or no inspections. The Medline, Web of Science, and Scopus databases were used to search the literature. Ecological studies were specifically excluded. A reverse search of the results with these databases and of other identified narrative reviews was also performed. Of the 5065 unique references initially extracted, only six of them met the inclusion criteria and were selected for review: one experimental study, two cohort studies with an internal comparison group, two cohort studies without a comparison group, and one case–control study. Two authors independently extracted the information and assessed the quality of each study. Due to the heterogeneity of the designs and the intervention or comparison groups used, quantitative synthesis of the results was not attempted. Except for the case–control study, which showed a significant association between road crashes and the absence of a valid vehicle inspection certificate, the other studies showed either a small reduction in crash rates (around 9%), no association, or a higher crash rate in vehicles with more inspections. In all observational studies, the risk of residual confounding bias was significant and could have explained the results. Therefore, although the research reviewed here suggests that periodic inspection may be associated with a slight reduction in road crashes, the marked heterogeneity along with probable residual confounding in most reports prevented us from establishing causality for this association.

**Keywords:** vehicle inspection; road crash; road injury; motor vehicles



**Citation:** Martín-delosReyes, L.M.; Lardelli-Claret, P.; García-Cuerva, L.; Rivera-Izquierdo, M.; Jiménez-Mejías, E.; Martínez-Ruiz, V. Effect of Periodic Vehicle Inspection on Road Crashes and Injuries: A Systematic Review. *Int. J. Environ. Res. Public Health* **2021**, *18*, 6476. <https://doi.org/10.3390/ijerph18126476>

Academic Editor: Paul B. Tchounwou

Received: 5 May 2021

Accepted: 11 June 2021

Published: 15 June 2021

**Publisher's Note:** MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



**Copyright:** © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

## 1. Introduction

Vehicle defects have been identified as one of the contributing causes of road crashes. The proportion of road crashes attributed to vehicle defects estimated in previous reports varied widely from 3% to as much as 19% in developed countries [1,2], and the highest rate reported as 27% in developing countries [3]. This relationship is the main reason used to justify the implementation, in many countries, of vehicle technical inspection (VTI) programs as a legal requisite for roadworthiness, given that such inspections can detect technical defects and thereby prevent crashes [2,4–6].

However, novel technologies and advances in traffic safety in recent years have led to declines in road crash rates, and as a result, some countries or regions within countries have opted to abolish this legal requirement [7,8]. According to reports by the National

Highway Traffic Safety Administration in the USA, the risk of road crashes associated with driving a vehicle manufactured before 2000 is 71% higher than for vehicles manufactured in 2010 and later [9]. This finding, along with similar data, constitutes the main argument supporting economic subsidies intended to lower the mean age of vehicles on the road, instead of building, maintaining, and operating specialized VTI centers in those countries with VTI policies in effect [8]. Previous studies (none of which were systematic reviews) on this issue were inconclusive regarding the usefulness of VTI in reducing road crashes. The article by Jarosinski [4] noted the problem of underestimating the effects of vehicle technical defects in the causal chain of road crashes—a consequence of the fact that most published studies were based on registries maintained by police agencies. It was noted that officers at the scene lacked sufficient resources to record information on all factors that might have caused the crash, particularly those attributable to technical defects in the vehicles involved. According to Jarosinski, this accounted for the differences between the findings of studies on the usefulness of VTI. The review by Rechnitzer et al. [2] concluded that studies published up to the time their review was written have evident methodological shortcomings that rendered them unable to evaluate the relationship between VTI and automobile defects rigorously. These authors admitted that most such studies were rather old and that the characteristics of vehicles on the road had changed substantially in the meantime, as shown by the increase in warranty periods offered by car manufacturers.

It appears evident that maintaining mandatory VTI should be backed by evidence of its efficacy in reducing road crashes, rather than solely by theoretical arguments, based on its proven usefulness in detecting (and correcting, when necessary) vehicle defects potentially associated with a greater risk of causing road crash [2,4–8]. In principle, the high cost of maintaining specialized testing and inspection centers and the contradictions among classic review articles available to date would appear not to justify the implementation of systematic inspections. The present study was undertaken with the aim of systematically reviewing analytical studies (i.e., studies capable of providing evidence of causality) published to date to shed further light on the usefulness of VTI in order to quantify the effect of periodic motor vehicle inspection on the rates of road crashes and related injuries.

## 2. Materials and Methods

This systematic review was done in accordance with the guidelines in the PRISMA statement [10]. The elements used to define the research question according to the PICOS system were as follows:

- Population: Motor vehicles.
- Intervention: Periodic vehicle inspection.
- Comparison: Any vehicle status resulting in lower exposure to periodic inspection compared to the intervention group (for example, no inspection, lower frequency of inspection, or greater time elapsed since the most recent inspection).
- Outcomes: Road crashes, injuries resulting from road crashes, deaths resulting from road crashes.
- Study design: Analytical studies based on individual data, i.e., with the vehicle and/or its driver as the unit of study. Ecological studies were specifically excluded because the level of causal evidence they provide is considered weak [11,12].

Studies published in English, German, Spanish or Portuguese were included. No restrictions on the year of publication were used. The reference lists of all articles initially extracted were used for the reverse review. Although review articles were excluded from the initial searches, their Reference lists were used as sources of information to identify additional studies containing primary data. The information sources used for bibliographic searches were Medline, Web of Science (WOS), and Scopus. The search strings used for each database are shown below:

Scopus:



TITLE-ABS-KEY(vehicle\* OR motor\* OR car\*) AND TITLE-ABS-KEY (inspection\* OR maintenance) AND TITLE-ABS-KEY (traffic\* OR road\*) AND TITLE-ABS-KEY (accident\* OR crash\* OR casual\* OR mortalit\* OR death OR injur\* OR safety OR roadworthiness)

WOS:

TOPIC: (vehicle\* OR motor\* OR Car\*) AND TOPIC: (inspection\* OR maintenance) AND TOPIC: (traffic\* OR road\*) AND TOPIC: (Accident\* OR Crash\* OR Casual\* OR Mortalit\* OR Death\* OR Injur\* OR safety OR roadworthiness)

Medline:

((((vehicle\*[Title/Abstract] OR motor\*[Title/Abstract] OR Car\*[Title/Abstract])) AND (inspection\*[Title/Abstract] OR maintenance[Title/Abstract])) AND (traffic\*[Title/Abstract] OR road\*[Title/Abstract])) AND (Accident\*[Title/Abstract] OR Crash\*[Title/Abstract] OR Casual\*[Title/Abstract] OR Mortalit\*[Title/Abstract] OR Death[Title/Abstract] OR Injur\*[Title/Abstract] OR safety OR roadworthiness) [Title/Abstract])

Two authors were responsible for the final selection of articles for inclusion. Each author independently evaluated and extracted the relevant information from each article included for analysis. Information from each article was recorded for the following variables: bibliographic reference, type of design, study population, intervention or exposure, comparison, duration of follow-up, outcome, estimated effect size, main results and quality evaluation, risk of biases, and limitations. To evaluate the quality of observational studies, we used the Newcastle–Ottawa Scale [13], and for experimental studies, we used the Jadad scale [14]. A senior researcher resolved discrepancies between the two evaluators. As explained in the Results section, the marked heterogeneity among studies regarding their design, exposure groups, and comparison groups prevented us from undertaking a quantitative synthesis of the results from all studies (meta-analysis).

### 3. Results

Figure 1 shows the flow diagram for the selection of sources included in the present systematic review. The initial search yielded 5065 unique references, most of which were excluded on the basis of their title and abstract. The main reason for exclusion was a study objective different from any of the outcomes specified in our PICOS outline (for example, engineering studies that evaluated the technical quality of VTI facilities). Reading the full text of all 54 articles remaining after this initial screen showed that only six fulfilled all inclusion criteria defined in our PICOS strategy. The reasons for exclusion for the other 48 articles are shown in Figure 1.

Table 1 summarizes the main characteristics of each of the six articles included for systematic review, their overall quality, and potential biases. The main results from each study in chronological order are summarized below.

- Schroer and Peiton [15] found a significant 9.1% reduction in crash rate in vehicles between 5 and 10 years old that underwent VTI compared to uninspected vehicles. The authors noted that their comparison might have been distorted by roadside inspections in the state (Alabama, USA) where the study was done. In addition, exposure to VTI was voluntary, a factor that seriously compromised the comparability of their exposed and unexposed groups.
- White [16] evaluated the effect of the number of weeks elapsed since the most recent inspection on crash rates and observed a statistically significant positive correlation. Although the author adjusted the estimate for the expected change in rates in the absence of VTI exposure, and aside from the quality of the data used in this analysis, the results may have been biased by the effect of other time-related variables in vehicles or drivers that were not controlled for, such as intensity of exposure.
- Fosser et al. [17] published the only experimental study carried out to date and randomly assigned vehicles to one of three comparison groups (no inspection, a single inspection, annual inspections). No significant differences were seen in the number of road crashes per 1000 vehicle days. However, the frequent random roadside inspections in Norway during the study period (which involved up to 20% of all vehicles yearly) might have

diluted the possible beneficial effect of VTI exposure. It should be noted that this study was an open trial, dropouts from the scheduled interventions were reported, and the vehicles included were limited to those between 7 and 11 years old.

- Blows et al. [18] used a case–control design to compare drivers involved in road crashes with victims vs. a random sample of drivers on the road. In both groups, telephone interviews were used to record whether the vehicle had a VTI certificate. A significant association was found between not having a certificate of inspection and being involved in a crash, with an odds ratio ranging from 1.87 to 3.08 depending on how missing values were handled for the exposure variable. Although the estimate was adjusted for several confounding factors, the type of design and method used to record exposure (self-report) raised questions regarding the causal nature of the association found.
- Christensen and Elvik [19] used a pre–post design to compare the outcome incidence (crash rate) in a single group of vehicles studied before and after exposure to one, two, or three inspections. Although inspection was associated with a reduction in vehicle defects, and the presence of defects was associated with higher crash rates, the analysis unexpectedly showed that crash rates increased after inspection. The authors suggested this finding might be attributable to a risk compensation phenomenon, i.e., after inspection, drivers may have believed their vehicle to be safer and consequently engaged in more risky behaviors. It should be noted that the causal evidence from pre–post studies is weak. Moreover, the reliability of the outcome evaluation in this study was questionable given that it was dependent on whether accident claims were filed with the drivers’ insurance company. The rate of reporting may differ depending on the severity of the crash, resulting in distortions in the relationship between inspections and accident rates. A further limitation was the lack of control for confounders related to driver characteristics, which were not recorded in this study.
- Keall and Newstead [20] compared crash rates in vehicles that underwent annual inspection vs. vehicles inspected biannually and found a slight but significant 8% reduction in the crash rate in the latter group after adjusting for differences in vehicle age in the two groups (vehicles inspected annually had a mean age less than 7 years whereas vehicles inspected every six months were 7 years old or older).

**Table 1.** Main characteristics of the selected studies.

- Author - (Year of Publication) - Study Area	- Study Design - Study Period - Length of Follow-Up - Data Sources	- Study Populations - Intervention and Comparison	- Outcome - Measure of Effect	Main Result ( <i>p</i> Value or 95% Confidence Interval)	Quality Assessment Sources of Bias
Schroer, B. J. & Peiton, W. P. (1978) Huntsville (Alabama, USA)	Retrospective cohort study April 1975 to December 1976 21 months  Linkage of pre-existing databases: - Vehicles registered - Vehicle inspected - Road crashes	8494 inspected vehicles 30,089 non- inspected vehicles	Road crash rates (per vehicles)  Percent change	9.1% reduction in inspected vehicles (one-tailed test: <i>p</i> < 0.05)	NOS <sup>1</sup> : 7 Selection: 4 Comparability: 1 Outcome: 2  Secondary sources of information Voluntary assignment of exposure High risk of confounding
White, W. T. (1985) Levin township (New Zealand)	Retrospective cohort study 1980–1984 26 weeks  Linkage of pre-existing databases: - Vehicles inspected - Road crashes	9714 cars inspected; 5898 cars inspected at least twice	Road crash rates (per inspected cars)  Coefficient of the variable “weeks after the last inspection” in a Poisson regression model	0.028 (one-tailed test: <i>p</i> = 0.0002)	NOS <sup>1</sup> : 6 Selection: 3 Comparability: 1 Outcome: 2  Secondary sources of information High risk of confounding
Fosser, S. (1992) Norway	Randomized controlled trial 1986–1990 Three 1-year periods  Primary data about inspections Data accidents (insurance companies)	204,000 vehicles, including vans and passenger cars  Three comparison groups: (1) 4600 cars inspected annually between 1986 and 1988 (2) 4600 vehicles inspected once in 1986 (3) 112,000 non- inspected cars (Control group)	Road crash rates (per car-days)  Not estimated	No statistically significant differences between rates in the three groups	Jadad scale <sup>2</sup> : 2  Dropouts from scheduled interventions No blinding

Table 1. Cont.

- Author - (Year of Publication) - Study Area	- Study Design - Study Period - Length of Follow-Up - Data Sources	- Study Populations - Intervention and Comparison	- Outcome - Measure of Effect	Main Result (p Value or 95% Confidence Interval)	Quality Assessment Sources of Bias
Blows, S. et al. (2003) Region of Auckland (New Zealand)	Prospective case-control study March 1998 to July 1999  Face-to-face or telephone interviews	Cases: 571 hospitalized drivers of passenger cars, vans, and light industrial vehicles  Controls: 588 drivers of non-accident vehicles, obtained by random cluster sampling	Frequency of being in possession of a Warrant of Fitness or vehicle inspection certificate  Odds ratio	2.67 (1.46, 4.86)	NOS <sup>1</sup> : 6 Selection: 4 Comparability: 2 Outcome: 0  Type of design (case-control) Information (recall) bias Residual confounding
Christensen, P. & Elvik, R. (2007) Norway	Retrospective pre-post cohort study 1998–2005 Up to 5 years  Linkage of pre-existing databases: - Inspections (public road administration) - Crashes (insurance company)	253,098 passenger cars observed before and after one, two, or three inspections	Road crash rates (per car)  Percent change	Vehicles with one inspection: +2.6% (−0.7%, 6.0%) Vehicles with two inspections: +8.4% (3.9%, 13.2%) Vehicles with three inspections: +4.0% (−23.6%, 41.5%)	NOS <sup>1</sup> : 5 Selection: 3 Comparability: 0 Outcome: 2  Type of design (pre-post) Secondary sources of information High risk of confounding
Keall, M.D. & Newstead, S. (2013) New Zealand	Retrospective cohort study 2003–2009 Up to 6 years  Linkage of pre-existing databases: - Crash data - Licensing data - Inspection data	2,710,797 vehicle-years  Compare vehicles subject to annual inspections (aged 6 years or less) versus vehicles subject to 6-month inspections (aged 7 years or more)	Road crash rates (per vehicle-year)  Percent change	8% reduction in vehicles inspected every 6 months (0.4%, 15%)	NOS <sup>1</sup> : 6 Selection: 3 Comparability: 1 Outcome: 2  Secondary sources of information Risk of confounding

<sup>1</sup> Newcastle-Ottawa scale for analytic observational studies [13]. <sup>2</sup> Jadad scale for experimental studies [14].

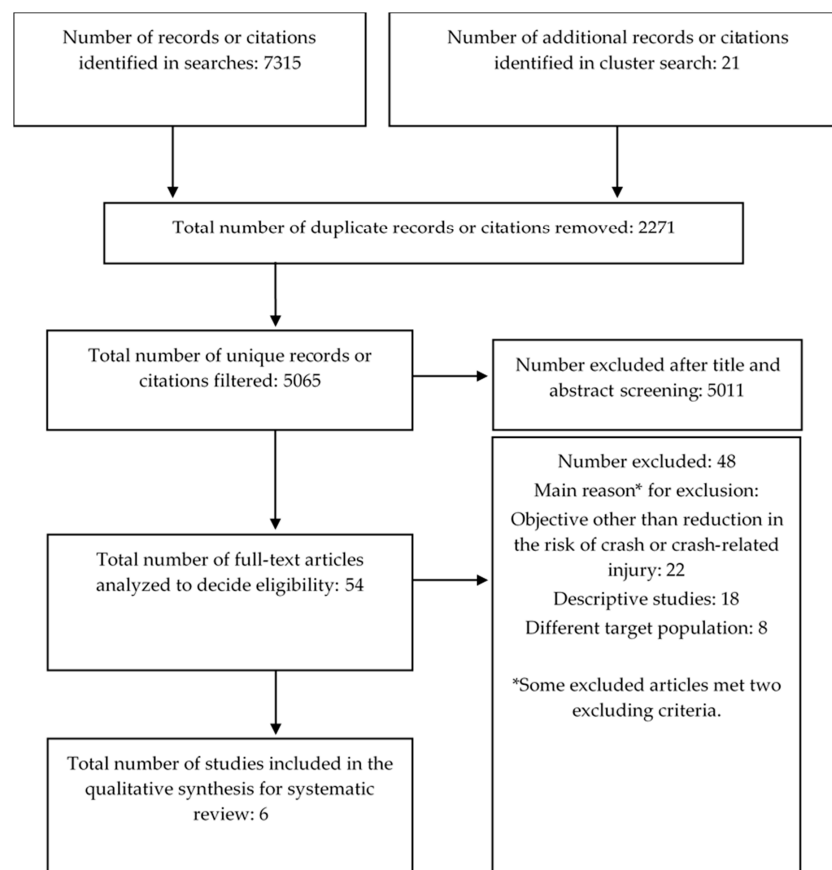


Figure 1. Flowchart of the article selection process.

#### 4. Discussion

The present systematic review raises several important issues. The first to consider is the low number of studies that used methods that make it possible to evaluate the causality of the association between exposure to periodic inspections and road crashes and/or injuries resulting from crashes. Many of the articles reviewed here, especially among older ones, reported ecological studies in which the unit of study was not vehicles or drivers but administrative bodies (states, counties, etc.). These studies are based on comparing crash rates among entities with different levels of implementation of VTI programs [7,8,21–24]. As noted above, the causal evidence these studies provided was weak given that they were potentially affected by the well-known issue of ecological fallacy [11,12].

Although it is possible to obtain a common effect estimate (the percent variation in risk of the outcome) in all studies except one, there are many sources of heterogeneity across studies that, taken altogether, made it inadvisable to attempt a meta-analysis. Regarding the comparisons assessed, two studies used a dichotomous comparison (inspection vs. no inspection), whereas three investigated—in addition to the effect of non-inspection—various categories of frequency of exposure. One study included no nonexposed vehicles but compared two frequencies of inspection, i.e., annual and biannual, whereas in another study, the exposure variable was based on the time elapsed since the most recent inspection. On the other hand, the study designs were also markedly heterogeneous: one experimental study used random allocation, two were observational cohort studies, one was a case–control study and two were follow-up studies that lacked a concurrent control group. Third, although all but one study chose road crashes as the outcome, the source of information was different depending on the study: while three studies used state administrative registries (which tend to underreport less severe crashes and usually exclude those with only material damages), the other two used information on accidents provided by private insurance companies, which covers all types of crashes self-reported by policyholders. Finally, the selected publications covered a long period: from 1978 to 2013. A high degree of heterogeneity across studies is therefore expected due to time-related changes in the types of vehicles (progressively incorporating new protective and driver-assistant devices) and the type of compulsory inspections required by changes in legislation.

Two characteristics shared by most of the six studies were the sources of information and the outcomes investigated. One commonality among all studies except the case–control one by Blows et al. [18] was the use of data from secondary sources (i.e., traffic registries not originally intended for research purposes, such as public or insurance company databases to obtain information on registered vehicles, inspected vehicles, and road crashes). Although this procedure obviates the influence of potential differential information biases on outcome evaluations (given that the crash registries are independent of exposure to or the frequency of inspection), it has the drawbacks inherent in the use of secondary sources of information: (1) crash registries are likely to be incomplete to some degree, (2) the samples of vehicles used for analysis may not be representative of the entire population of vehicles on the road, (3) the information in databases may not be entirely reliable, and (4) information is lacking in other variables (i.e., potential confounders) that may affect the associations. This last pitfall is especially relevant in observational studies because of the likelihood that the associations observed between VTI and crash rates will be confounded by other factors related to driver and vehicle characteristics and the intensity and type of vehicle exposure to traffic.

A second characteristic common to all studies reviewed here except the case–control one is the outcome used for comparison, i.e., road crash rates in subgroups of vehicles defined according to their exposure status. In the case–control study, on the other hand, the case group consisted of drivers of vehicles involved in road crashes with fatalities or injuries requiring hospitalization.

As noted above, the study by Blows et al. [18] differed substantially from the other five studies reviewed here in design (case–control), type of exposure recorded (driver self-reports of having an inspection certificate), type of outcome (crashes with fatalities or injuries requiring hospitalization), and information sources (active search for cases, random

sampling of controls, and telephone interviews in both groups). It is thus unsurprising that their results differed most clearly from those of the other five studies. Blows and colleagues reported a strong risk association between lack of an inspection certificate and the odds of death or injury from a road crash, whereas the remaining studies found either no association between vehicle inspection and crash rates [17,19] or a weak association [15,16,20].

A priori, and in light of the estimated contribution of vehicle-dependent factors on the risk of involvement in a road crash [2,4–6], the strong protective association (odds ratios between 1.46 and 4.86) between inspection (which would serve, theoretically, to detect and correct vehicle failures or defects) and the crash rate found in this case–control study seems implausible. In this connection, estimates such as those reported in the studies by Keall and Newstead [20] or Schroer and Peyton [15], who found risk reductions of approximately 9%, seem much more realistic. However, attempts to determine whether this association is causal or not face two obstacles:

- Given the low strength of association and the fact that it was estimated from observational studies, it could be attributable to residual confounding (i.e., the association appears due to the effects of one or more non-measured variables related to VTI exposure which are the true causes of the decreased risk of the crash of inspected vehicles compared to non-inspected ones). As discussed above, a common problem with studies of this type is the difficulty of controlling for confounders when secondary information sources are used.
- Although periodic inspections may provide other benefits apart from their impact on crash rates (mainly by reducing environmental pollution) [4,25,26] the cost-benefit ratio of strategies to prevent road crashes based on maintaining periodic vehicle inspection programs or increasing the frequency of inspections may be low, as some authors have discussed previously [7,8].

Several potential limitations in our review merit consideration. First, publication bias cannot be ruled out: we were unable to access some grey literature and are aware that the results in these sources may differ systematically from those in the articles included in this review. Second, the resources available did not allow us to include articles published in Chinese [26–28]. Third, the aforementioned heterogeneity depending on the time which had elapsed between the studies should also be noted, raising the question of comparability between periodic inspections carried out in different decades.

## 5. Conclusions

The main conclusions that can be drawn from the present systematic review can be summarized as follows:

- Despite the extended time period used to search for relevant publications, very few studies met our minimum methodological requirements for providing causal evidence for the possible effect of periodic vehicle inspection on road crash rates.
- Heterogeneity across studies was considerable regarding the initial hypothesis and design characteristics, and this precluded any attempt to achieve a quantitative synthesis of their results. Despite this obstacle, from a qualitative perspective, the general pattern of findings suggests that periodic inspection is associated with a slight reduction in road crashes.
- In overall terms, the studies included in this review were compromised by a variety of methodological limitations, most related to their observational design and the limited information available. Therefore, the causal contribution of VTI programs to the reduction in road crash rates could not be definitely confirmed.

**Author Contributions:** Conceptualization, P.L.-C.; methodology, P.L.-C. and L.M.M.-d.; investigation, P.L.-C., L.M.M.-d., L.G.-C., M.R.-I., and V.M.-R.; writing—original draft preparation, L.M.M.-d. and L.G.-C.; writing—review and editing, M.R.-I., E.J.-M., and V.M.-R.; supervision, P.L.-C. and V.M.-R.; funding acquisition, E.J.-M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding:** This research was funded by the SEMERGEN-UGR Chair of Teaching and Research in Family Medicine (School of Medicine, University of Granada, Granada, Spain).

**Institutional Review Board Statement:** Not applicable.

**Informed Consent Statement:** Not applicable.

**Data Availability Statement:** Not applicable.

**Acknowledgments:** We thank Cátedra SEMERGEN-UGR for funding this work and K. Shashok for translating parts of the manuscript into English.

**Conflicts of Interest:** The authors declare no conflict of interest.

## References

1. Cuerden, R.W.; Edwards, M.J.; Pittman, M.B. *Effect of Vehicle Defects in Road Accidents*; TRL Published Project Report; TRL: Wokingham, UK, 2011.
2. Rechnitzer, G.; Haworth, N.; Kowadlo, N. The Effect of Vehicle Roadworthiness on Crash Incidence and Severity (No. 164). Available online: <https://www.monash.edu/muarc/archive/our-publications/reports/muarc164> (accessed on 3 May 2021).
3. Taneerananon, P.; Chanwannakul, T.; Suanpaga, V.; Khompraty, T.; Kronprasert, N.; Tanaboriboon, Y. An Evaluation of the Effectiveness of Private Vehicle Inspection Process in Thailand. *J. East Asia Soc. Transp. Stud.* **2005**, *6*, 3482–3496. [\[CrossRef\]](#)
4. Jarosiński, W. Periodic Technical Inspections of Vehicles and Road Traffic Safety with the Number of Road Accidents Involving Fatalities. *Ekspluat. Niezawodn. Maint. Reliab.* **2014**, *16*, 105–111.
5. Cairns, S.; Rahman, S.; Anable, J.; Chatterton, T.; Wilson, R.E. *Vehicle Inspections—From Safety Device to Climate Change Tool*; MOT Project Working Paper; TRL: Wokingham, UK, 2017; ISBN 978-1-912433-11-7.
6. Petit, L. El factor humano en el sistema tránsito y seguridad vial y el modelo interaccional comportamental de tránsito. *PSIENCIA Rev. Latinoam. Cienc. Psicológica* **2014**, *6*, 48–54.
7. Hoagland, A.; Woolley, T. It's No Accident: Evaluating the Effectiveness of Vehicle Safety Inspections. *Contemp. Econ. Policy* **2018**, *36*, 607–628. [\[CrossRef\]](#)
8. Das, S.; Geedipally, S.R.; Dixon, K.; Sun, X.; Ma, C. Measuring the Effectiveness of Vehicle Inspection Regulations in Different States of the U.S. *Transp. Res. Rec.* **2019**, *2673*, 208–219. [\[CrossRef\]](#)
9. National Highway Traffic Safety Administration. *How Vehicle Age and Model Year Relate to Driver Injury Severity in Fatal Crashes*; National Highway Traffic Safety Administration: Washington, DC, USA, 2013; pp. 1–7.
10. Hutton, B.; Catalá-López, F.; Moher, D. The PRISMA Statement Extension for Systematic Reviews Incorporating Network Meta-Analysis: PRISMA-NMA. *Med. Clin.* **2016**, *147*, 262–266. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
11. Zeoli, A.M.; Paruk, J.K.; Pizarro, J.M.; Goldstick, J. Ecological Research for Studies of Violence: A Methodological Guide. *J. Interpers. Violence* **2019**, *34*, 4860–4880. [\[CrossRef\]](#)
12. Herger, N. On the Ecological Fallacy in Discrete-Choice Models. *J. Choice Model.* **2020**, *34*, 100201. [\[CrossRef\]](#)
13. Wells, G.A.; Shea, B.; O'Connell, D.; Peterson, J.; Welch, V.; Losos, M.; Tugwell, P. The Newcastle-Ottawa Scale (NOS) for Assessing the Quality of Nonrandomised Studies in Meta-Analyses. Available online: [http://www.ohri.ca/programs/clinical\\_epidemiology/oxford.asp](http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/oxford.asp) (accessed on 3 May 2021).
14. Jadad, A.R.; Moore, R.A.; Carroll, D.; Jenkinson, C.; Reynolds, D.J.; Gavaghan, D.J.; McQuay, H.J. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Control. Clin. Trials* **1996**, *17*, 1–12. [\[CrossRef\]](#)
15. Schroer, B.J.; Peyton, W.F. The Effects of Automobile Inspections on Accident Rates. *Accid. Anal. Prev.* **1979**, *11*, 61–68. [\[CrossRef\]](#)
16. White, W.T. Does Periodic Vehicle Inspection Prevent Accidents? *Accid. Anal. Prev.* **1986**, *18*, 51–62. [\[CrossRef\]](#)
17. Fosser, S. An Experimental Evaluation of the Effects of Periodic Motor Vehicle Inspection on Accident Rates. *Accid. Anal. Prev.* **1992**, *24*, 599–612. [\[CrossRef\]](#)
18. Blows, S.; Ivers, R.Q.; Connor, J.; Ameratunga, S.; Norton, R. Does Periodic Vehicle Inspection Reduce Car Crash Injury? Evidence from the Auckland Car Crash Injury Study. *Aust. N. Z. J. Public Health* **2003**, *27*, 323–327. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
19. Christensen, P.; Elvik, R. Effects on Accidents of Periodic Motor Vehicle Inspection in Norway. *Accid. Anal. Prev.* **2007**, *39*, 47–52. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
20. Keall, M.D.; Newstead, S. An Evaluation of Costs and Benefits of a Vehicle Periodic Inspection Scheme with Six-Monthly Inspections Compared to Annual Inspections. *Accid. Anal. Prev.* **2013**, *58*, 81–87. [\[CrossRef\]](#)
21. Buxbaum, R.C.; Colton, T. Relationship of Motor Vehicle Inspection to Accident Mortality. *JAMA* **1966**, *197*, 31–36. [\[CrossRef\]](#)
22. Fuchs, V.R.; Leveson, I. Motor Accident Mortality and Compulsory Inspection of Vehicles. *JAMA* **1967**, *201*, 657–661. [\[CrossRef\]](#)
23. Colton, T.; Buxbaum, R.C. Motor vehicle inspection and motor vehicle accident mortality. *Am. J. Public Health Nations Health* **1968**, *58*, 1090–1099. [\[CrossRef\]](#)
24. Fridstrøm, L.; Ingebrigtsen, S. An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data\*. *Accid. Anal. Prev.* **1991**, *23*, 363–378. [\[CrossRef\]](#)
25. Schifter, I.; Díaz, L.; Vera, M.; Guzmán, E.; Durán, J.; Ramos, F.; López-Salinas, E. Evaluation of the Vehicle Inspection/Maintenance Program in the Metropolitan Area of Mexico City. *Environ. Sci. Technol.* **2003**, *37*, 196–200. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

26. Wu, Y.; Zhang, S.; Hao, J.; Liu, H.; Wu, X.; Hu, J.; Walsh, M.P.; Wallington, T.J.; Zhang, K.M.; Stevanovic, S. On-Road Vehicle Emissions and Their Control in China: A Review and Outlook. *Sci. Total Environ.* **2017**, *574*, 332–349. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Fang, H.; Du, Z.C. Development of Remote Monitoring System of Vehicle Inspection Lane. *Comput. Technol. Dev.* **2009**, *12*, 29–45.
28. Liu, Y.H.; Ma, Z.P.; Xia, J.Z.; Wang, M. Research on Control System of Vehicle Inspection Line Based on Fieldbus. *China Meas. Test* **2011**, *2*, 65–68.

#### **2.4. Trabajo 7. Abordando la asociación entre conducir un vehículo con el certificado de inspección caducado y la gravedad de las lesiones tras un AT.**

Este trabajo trata de dar respuesta al objetivo específico 2.2.3. En el preámbulo del trabajo 5 ya comentamos las circunstancias que motivaron la elaboración de este trabajo, que ha sido recientemente aceptado para su publicación (el 20 de febrero de 2022), tras revisiones mayores, en la revista *Traffic Injury Prevention*.

La referencia del artículo es la siguiente:

Martín-delosReyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E., Pulido-Manzanero, J. y Lardelli-Claret, P. (2022). Addressing the association between driving with an expired vehicle inspection certificate and injury severity after a crash. *Traffic injury prevention*, 23(4), 159-162. DOI: 10.1080/15389588.2022.2045587.

En 2020, la revista *Traffic Injury Prevention* tenía un índice de impacto de 1,491 en el *Social Science Citation Index* y ocupaba la posición 144 de 176 en la categoría *Public, Environmental & Occupational Health* (Q4).

En las siguientes páginas presentamos el artículo en su versión publicada.

Reproducido con permiso de la Editorial (Taylor & Francis).

[Reproduced with permission from the Publisher (Taylor & Francis)].





## Addressing the association between driving with an expired vehicle inspection certificate and injury severity after a crash

Luis Miguel Martín-delosReyes<sup>a,b</sup> , Virginia Martínez-Ruiz<sup>a,b,c</sup> , Mario Rivera-Izquierdo<sup>a,b</sup> ,  
Eladio Jiménez-Mejías<sup>a,b,c</sup> , José Pulido-Manzanero<sup>b,d</sup> , and Pablo Lardelli-Claret<sup>a,b,c</sup> 

<sup>a</sup>Department of Preventive Medicine and Public Health, University of Granada, Granada, Spain; <sup>b</sup>Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid, Spain; <sup>c</sup>Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs.GRANADA), Granada, Spain; <sup>d</sup>Department of Public Health & Maternal and Child Health, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of this study was to quantify the association between driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate (DEVIC) and the severity of injuries sustained by drivers involved in collisions.

**Methods:** A cohort study was designed to compare the incidence of minor injuries, major injuries, and deaths between DEVIC and non-DEVIC drivers involved in collisions. We selected all 51,305 non-responsible drivers (i.e., drivers who did not commit an error or infraction) involved in clean collisions (those in which only one driver in multivehicle collisions committed a traffic infraction or error) from the population of drivers of four-wheeled motor vehicles involved in crashes recorded in the National Register for Road Traffic Accident Victims in Spain from 2014 to 2017.

**Results:** DEVIC was not related with a greater severity of drivers' injuries. The adjusted estimates for the association between DEVIC and major injuries or death yielded an odds ratio of 0.91 (0.66–1.25), compared to no injuries or minor injuries, and a relative risk ratio of 0.90 (0.65–1.24) compared to no injuries.

**Conclusions:** Although we have not found an association between DEVIC and drivers' injury severity, the study limitations does not allow us to discard the usefulness of periodic vehicle inspection in reducing the risk of more severe injury among drivers involved in road crashes.

### ARTICLE HISTORY

Received 4 August 2021  
Accepted 20 February 2022

### KEYWORDS

Periodic vehicle inspection;  
road crash; drivers;  
injury severity



### Introduction


Vehicle-related factors are one of the three main groups of determinants (along with driver-related and environmental factors) classically investigated in epidemiological research on injuries caused by road crashes (Elvik et al. 2009). Estimates of their attributable contribution to the total number of road crashes range from 3% to 19% (Rechnitzer et al. 2000; Cuerden et al. 2011). This causal relationship is the main justification for implementing periodic vehicle inspection programs. In Spain, these inspections have been mandatory since 1985 (BOE 1985) for cars more than 4 years old (i.e., 4 years after the purchase and registration of a new vehicle). For vehicles purchased more than 4 years previously, inspections are required every 2 years, and for vehicles more than 10 years old, yearly inspections are required. Driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate (DEVIC) is an administrative infraction recorded by the Spanish police in routine road checks and for all cars involved in road crashes.

Several studies have been designed to assess the impact of periodic inspection programs on the risk of road crash rates

or crash-related injury rates. Although the only experimental study to date did not find a relationship between inspection and crash rates (Fosser 1992), other observational studies have provided evidence supporting a modest protective effect of periodical inspections (Schroer and Peyton 1979; White 1986; Blows et al. 2003; Keall and Newstead 2013; Schulz and Scheler 2016; Das et al. 2019; European Commission 2019). However, as the authors of these observational studies recognized, their estimates may be affected by residual confounding: several studies suggested that DEVIC may be a marker of high-risk driving behaviors (Iversen and Rundmo 2002; Ulleberg and Rundmo 2003; Havârneanu and Havârneanu 2012; Assemi and Hickman 2018).

The outcomes investigated in all of the above studies were crash rates or injury rates, but no study specifically considered the severity of injuries sustained by drivers once the crash occurred. In addition to speed and the specific type of crash, there are many other factors that may affect severity, also related to the individual (e.g., age, sex, physical condition, drug use prior to the crash, use of protective

**CONTACT** Mario Rivera-Izquierdo  [mariorivera@ugr.es](mailto:mariorivera@ugr.es)  Department of Preventive Medicine and Public Health, Faculty of Medicine, University of Granada, Avenida de la Investigación, 11, 18016 Granada, Spain  
Associate Editor Richard Frampton oversaw the review of this article.

 Supplemental data for this article is available online at <https://doi.org/10.1080/15389588.2022.2045587>

devices), environment (the place and time in which the crash occurred, the characteristics of the road and the health care provided to the victims), and the vehicles involved (type, mass, age, and passive safety measures they incorporate) (Wang and Zhang 2017, Byrne et al. 2019; Yu et al. 2019; Alharbi et al. 2021). Although the vehicle elements that are checked in periodic vehicle inspections are mainly related to the systems that help prevent a crash from occurring (e.g., brakes, steering, tyres, visibility), secondary safety elements (e.g., restraint system or the vehicle structural crashworthiness) are also inspected, which would help mitigate injury when a collision occurs. Therefore, from a theoretical standpoint, periodic vehicle inspections should also help to improve road safety by mitigating the severity of injuries after a crash has occurred. To evaluate this hypothesis, we designed the present study, aimed at assessing the relationship between DEVIC and injury severity of drivers involved in road crashes, with a design that allowed for adequate control of all driver-related confounding factors.

## Methods

Our data source was the Spanish National Register of Victims of Road Crashes, which provided records from 2014 to 2017. This nationwide police-based register contains information recorded by the police at the scene of the crash (Dirección General de Tráfico 2015), including the commission of any driving errors or infractions prior to the crash (including speed-related infractions), by all the drivers involved. Using this information, we initially selected drivers of cars, vans and all-terrain vehicles involved in clean collisions (those in which only one of the drivers had committed a driving error or traffic infraction) between two or more moving vehicles. From this population we selected the cohort of 51,305 drivers who did not commit any driving errors or infractions (and were assumed to be passively involved in the collision), and for whom information about the severity of their injuries and the status of their vehicle inspection certificate (valid vs. expired) was available. For each driver we recorded DEVIC (yes, no) and injury severity during the 30 days after the crash (no injuries, minor injuries not requiring hospitalization >24 h, major injuries requiring hospitalization >24 h, or death). In Spain, the police directly collect information on the severity of the victims during the first 24 h after the crash. To obtain the number of deaths in the first 30 days after the crash, the Spanish Traffic Directorate cross-checks the above information with the Spanish death statistic according to cause of death provided by the Spanish National Institute of Statistics. Given the low number of deaths (see Table 1), we combined the last two categories into a single one. We also recorded other driver-, vehicle-, environment- and crash-related variables (see Table 1 for details).

The number of missing values for each independent variable was low excepting for seat belt use (14.5%) (see Table 1). To minimize potential selection bias in the estimates of the adjusted analyses (which only included records with no missing values for all independent variables), we first applied a multiple imputation by chained equations procedure to

**Table 1.** Distribution of drivers with an expired vehicle inspection certificate (DEVIC) and the severity of the crash in the sample.

Variable	Category	N	%
DEVIC	No	48,768	95.06
	Yes	2537	4.94
Severity	No injuries	21,427	41.76
	Minor injuries	28,897	56.32
	Major injuries	833	1.62
	Death	148	0.29
<b>Total</b>		<b>51,305</b>	<b>100.00</b>

our dataset (Van Buuren 2007), using the “ice” and “mim” commands of Stata (Royston 2009, Royston et al., 2009). Fifty datasets were constructed in which missing values were replaced by a value chosen randomly from the range of probable values obtained with the chained equations procedure. All analyses described below were performed separately for each of these 50 files, and their results were combined with Rubin’s method (Little and Rubin 2019).

We used two analytic approaches. First, after dichotomizing injury severity in two categories (no injuries or minor injuries vs. major injuries or deaths), we applied logistic regression models to estimate the odds ratio (OR) of DEVIC. Simple and multivariate models were fitted to obtain crude and adjusted OR, respectively. For the latter estimate, all remaining variables were included in the model. Then we separated no injuries from minor injuries and applied a multinomial logistic model, which allowed us to obtain crude and adjusted relative risk ratios (RRR) to estimate the association of DEVIC with both minor injuries and major injuries/deaths, with “no injuries” as the reference category for both outcomes. Ninety-five percent confidence intervals were obtained for each estimate. All analyses were done with Stata 15 software (StataCorp 2017).

## Ethical considerations

We used an anonymized police-based database provided by the Spanish Traffic General Directorate after completing and signing a confidentiality agreement. No other ethical requirements were needed.

## Results

Table 1 shows the distribution of the two main variables of the study (DEVIC and severity of the crash) in the sample. The prevalence of DEVIC was 4.9%. More than a half of the drivers (56.3%) sustained minor injuries, 1.6% had major injuries, and 0.3% died. The distribution of the remaining driver-, crash-, vehicle- and environment-related variables is detailed in Table A1 of the Appendix (online supplement).

Table 2 shows the distribution of severity outcomes across DEVIC categories, as well as crude and adjusted estimates of OR and RRR to investigate the associations between DEVIC and each severity outcome. All values were close to 1 (the null value), especially for crude estimates, and the 95% confidence intervals always included 1. Interestingly, all adjusted point estimates yielded values less than 1.

**Table 2.** Distribution of severity outcomes across DEVIC categories and associations between each outcome and DEVIC.

Dependent variable	Exposure variable: DEVIC			Crude estimates		Adjusted estimates*	
	No		Yes	OR	95% CI	OR	95% CI
Fitted model	N	N	%				
Logistic Regression							
No injuries or minor injuries	47,834	2,490	4.95	1	Reference	1	Reference
Major injuries or death	934	47	4.79	0.97	0.72–1.30	0.91	0.66–1.25
Multinomial Regression				RRR	95% CI	RRR	95% CI
No injuries	20,385	1,042	4.86	1	Reference	1	Reference
Minor injuries	27,449	1,448	5.01	1.03	0.95–1.12	0.99	0.91–1.07
Major injuries or death	934	47	4.79	0.98	0.73–1.33	0.90	0.65–1.24

\*OR (odds ratios) and RRR (relative risk ratios) were adjusted for sex, age, nationality, driving without a valid license, driving under the influence of alcohol, driving under the influence of other drugs, seat belt use, presence of other passengers, type of vehicle, years since vehicle registration, year, month, time of day, zone, type of road, light conditions, weather conditions, type of road surface and type of collision.

## Discussion

Our study was not able to detect an association between DEVIC and greater severity of injuries sustained by non-responsible drivers, although this association cannot be definitely discarded. The main strength of our results lies in the fact that it is highly unlikely that our estimates were affected by substantial confounding, given that drivers in our sample did not commit any infractions or errors prior to the collision (thus we assumed that their involvement was passive). Moreover, other main driver-related variables (i.e., age, sex, seat belt use) as well as vehicle-related (i.e., years since registration), environmental variables (i.e., zone and time of day) and the type of collision were taken into account. If a true causal relationship between DEVIC and injury severity existed, this would be masked in our study by residual confounding introduced by one or more non-measured factors (such as high-risk driving behaviors) which, being causally related to greater severity, would also be more prevalent among drivers of vehicles with a valid inspection certificate. This is inconsistent with the previous hypothesis suggesting that DEVIC may be a marker of high-risk driving behaviors (Iversen and Rundmo 2002; Ulleberg and Rundmo 2003; Havârneanu and Havârneanu 2012; Assemi and Hickman 2018).

As stated in the introduction, none of the previous studies addressing the role of periodic vehicle inspections in road safety (Schroer and Peyton 1979; White 1986; Fosser 1992; Blows et al. 2003; Christensen and Elvik 2007; Keall and Newstead 2013; Schulz and Scheler 2016; Das et al. 2019; European Commission 2019) have measured the association between inspections and the severity of injuries sustained by people involved in a crash. This precludes a direct comparison of our results with those from previous studies. However, assuming that the main purpose of periodic vehicle inspections is to reduce the risk of road crashes, and not their severity, the absence of association between DEVIC and this outcome in our study is not surprising; if it existed, its magnitude would be smaller than that observed in the aforementioned studies. In any case, our results are in line with the absence of association between vehicle inspection and crash rates reported in the experimental study by Fosser (1992), in which random allocation prevented confounding.

Apart from its observational nature, the present study has other drawbacks mostly related with the source of information (a police-based registry). The first one is related to our

exposure variable: we used DEVIC as a surrogate for the true exposure we would like to have measured: the time elapsed since the last periodic vehicle inspection. In addition, the existence of mandatory vehicle inspections may lead to the removal of unroadworthy vehicles from the roads, which is another way to reduce injury risk that was not addressed in our study. Second, regarding our dependent variable, our classification of injury severity is not entirely accurate because it was not based on health care records, although it was probably not affected by classification bias to any great extent. Third, the volume of missing data was high (14.5%) for seat belt use, although we tried to minimize this problem by applying a multiple imputation procedure. Fourth, the information for some variables, such as driving under the influence of alcohol or drugs, may not be entirely accurate. Finally, the register did not include information on some variables which may mediate or modify the association between DEVIC and severity, such as the speed of each vehicle involved in the crash.

## Acknowledgments

We thank the Spanish General Directorate of Traffic (DGT) for allowing access to their database of the National Register for Road Traffic Accident Victims, and K. Shashok for improving the use of English in the manuscript.

## Data availability statement

Data availability is subject to permission from the Spanish Traffic General Directorate.

## Disclosure statement

No potential conflict of interest was reported by the authors.

## Funding

The author(s) reported there is no funding associated with the work featured in this article.

## ORCID

Luis Miguel Martín-delosReyes  <http://orcid.org/0000-0002-2163-354X>







Virginia Martínez-Ruiz  <http://orcid.org/0000-0001-6512-8935>

Mario Rivera-Izquierdo  <http://orcid.org/0000-0001-6159-6037>  
 Eladio Jiménez-Mejías  <http://orcid.org/0000-0002-7638-7681>  
 José Pulido-Manzanero  <http://orcid.org/0000-0001-8487-7384>  
 Pablo Lardelli-Claret  <http://orcid.org/0000-0003-0261-0585>

## References

- Alharbi RJ, Lewis V, Miller C. 2021. A state-of-the-art review of factors that predict mortality among traumatic injury patients following a road traffic crash. *Australas Emerg Care*. (in press). doi:10.1016/j.auec.2021.01.005
- Assemi B, Hickman M. 2018. Relationship between heavy vehicle periodic inspections, crash contributing factors and crash severity. *Transp Res A: Policy Pract*. 113:441–459. doi:10.1016/j.tra.2018.04.018
- Blows S, Ivers RQ, Connor J, Ameratunga S, Norton R. 2003. Does periodic vehicle inspection reduce car crash injury? Evidence from the Auckland Car Crash Injury Study. *Aust N Z J Public Health*. 27(3):323–327. doi:10.1111/j.1467-842X.2003.tb00401.x
- BOE (Boletín Oficial del Estado), Spanish Government 1985. Real Decreto 2344/1985, de 20 de noviembre, por el que se regula la inspección técnica de vehículos. [Royal Decree 2344/1985, of November 20, 1985, regulating the technical inspection of vehicles]; [accessed on 2021 November 16]. <https://www.boe.es/eli/es/rd/1985/11/20/2344>.
- Byrne JP, Mann NC, Dai M, Mason SA, Karanickolas P, Rizoli S, Nathens AB. 2019. Association between emergency medical service response time and motor vehicle crash mortality in the United States. *JAMA Surg*. 154(4):286–293. doi:10.1001/jamasurg.2018.5097
- Christensen P, Elvik R. 2007. Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection in Norway. *Accid Anal Prev*. 39(1):47–52. doi:10.1016/j.aap.2006.06.003
- Cuerden RW, Edwards MJ, Pittman MB. 2011. Effects of vehicle defects in road accidents. Transport Research Laboratory (TRL) Published Project Report PPR565; [accessed 2021 Nov 16]. <https://www.trl.co.uk/publications>.
- Das S, Geedipally SR, Dixon K, Sun X, Ma C. 2019. Measuring the effectiveness of vehicle inspection regulations in different states of the U.S. *Transp Res Rec*. 2673(5):208–219. doi:10.1177/0361198119841563
- Elvik R, Vaa T, Høy A, Sørensen M. 2009. *The handbook of road safety measures*. 2nd ed. Bingley: Emerald Group Publishing.
- European Commission. 2019. Study on the inclusion of light trailers and two- or three- wheel vehicles in the scope of the periodic roadworthiness testing. MOVE/C2/SER/2017-295-SI2.772857. Final report; [accessed 2021 Nov 16]. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/366a32b6-34c2-11e9-8d04-01aa75ed71a1>.
- Fosser S. 1992. An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates. *Accid Anal Prev*. 24(6):599–612. doi:10.1016/0001-4575(92)90012-8
- Havârneanu GM, Havârneanu CE. 2012. When norms turn perverse: contextual irrationality vs. rational traffic violations. *Transp Res F: Traffic Psychol Behav*. 15(2):144–151. doi:10.1016/j.trf.2011.12.003
- Iversen H, Rundmo T. 2002. Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Pers Individ Differ*. 33(8):1251–1263. doi:10.1016/S0191-8869(02)00010-7
- Keall MD, Newstead S. 2013. An evaluation of costs and benefits of a vehicle periodic inspection scheme with six-monthly inspections compared to annual inspections. *Accid Anal Prev*. 58:81–87. doi:10.1016/j.aap.2013.04.036
- Little RJ, Rubin DB. 2019. *Statistical analysis with missing data*. Vol. 793. Hoboken, NJ: Wiley.
- Rechnitzer G, Haworth N, Kowadlo N. 2000. *The effect of vehicle roadworthiness on crash incidence and severity*. Clayton, Australia: Monash University, Accident Research Centre.
- Royston P. 2009. Multiple imputation of missing values: further update of ice, with an emphasis on categorical variables. *Stata J*. 9(3):466–477. doi:10.1177/1536867X0900900308
- Royston P, Carlin JB, White IR. 2009. Multiple imputation of missing values: new features for mim. *Stata J*. 9(2):252–264. doi:10.1177/1536867X0900900205
- Schroer BJ, Peyton WF. 1979. The effects of automobile inspections on accident rates. *Accid Anal Prev*. 11(1):61–68. doi:10.1016/0001-4575(79)90040-X
- Schulz WH, Scheler S. 2016. Impact study to estimate the economic effects of the introduction of PTI in Turkey. Institute for Economic Research & Consulting. Meeerbuch; [accessed 2021 Nov 16]. [https://citainsp.org/wp-content/uploads/2017/01/BP159-5.2-v1-\\_Impact-analysis-PTI-Turkey-draft-162212.pdf](https://citainsp.org/wp-content/uploads/2017/01/BP159-5.2-v1-_Impact-analysis-PTI-Turkey-draft-162212.pdf).
- Spanish General Traffic Directorate. 2015. Ministry of the Interior. ARENA 2 Manual de Usuario [ARENA 2 user manual]; [accessed 2021 Nov 16]. <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/Manual-de-usuario.pdf>.
- StataCorp LLC. 2017. *Stata Statistical Software: release 15*. College Station, Texas, United States of America.
- Ulleberg P, Rundmo T. 2003. Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Saf Sci*. 41(5):427–443. doi:10.1016/S0925-7535(01)00077-7
- Van Buuren S. 2007. Multiple imputation of discrete and continuous data by fully conditional specification. *Stat Methods Med Res*. 16(3):219–242. doi:10.1177/0962280206074463
- Wang Y, Zhang W. 2017. Analysis of roadway and environmental factors affecting traffic crash severities. *Transp Res Procedia*. 25:2119–2125. doi:10.1016/j.trpro.2017.05.407
- White WT. 1986. Does periodic vehicle inspection prevent accidents? *Accid Anal Prev*. 18(1):51–62. doi:10.1016/0001-4575(86)90036-9
- Yu H, Li Z, Zhang G, Liu P. 2019. A latent class approach for driver injury severity analysis in highway single vehicle crash considering unobserved heterogeneity and temporal influence. *Anal Methods Accid Res*. 24:100110. doi:10.1016/j.amar.2019.100110

## Addressing the association between driving with an expired vehicle inspection certificate and injury severity after a crash

Luis Miguel Martín-delosReyes<sup>a,b</sup> , Virginia Martínez-Ruiz<sup>a,b,c</sup> , Mario Rivera-Izquierdo<sup>a,b</sup> ,  
Eladio Jiménez-Mejías<sup>a,b,c</sup> , José Pulido-Manzanero<sup>b,d</sup> , and Pablo Lardelli-Claret<sup>a,b,c</sup> 

<sup>a</sup>Department of Preventive Medicine and Public Health, University of Granada, Granada, Spain; <sup>b</sup>Centros de Investigación Biomédica en Red de Epidemiología y Salud Pública (CIBERESP), Madrid, Spain; <sup>c</sup>Instituto de Investigación Biosanitaria de Granada (ibs.GRANADA), Granada, Spain; <sup>d</sup>Department of Public Health & Maternal and Child Health, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

### ABSTRACT

**Objectives:** The aim of this study was to quantify the association between driving a vehicle with an expired vehicle inspection certificate (DEVIC) and the severity of injuries sustained by drivers involved in collisions.

**Methods:** A cohort study was designed to compare the incidence of minor injuries, major injuries, and deaths between DEVIC and non-DEVIC drivers involved in collisions. We selected all 51,305 non-responsible drivers (i.e., drivers who did not commit an error or infraction) involved in clean collisions (those in which only one driver in multivehicle collisions committed a traffic infraction or error) from the population of drivers of four-wheeled motor vehicles involved in crashes recorded in the National Register for Road Traffic Accident Victims in Spain from 2014 to 2017.

**Results:** DEVIC was not related with a greater severity of drivers' injuries. The adjusted estimates for the association between DEVIC and major injuries or death yielded an odds ratio of 0.91 (0.66–1.25), compared to no injuries or minor injuries, and a relative risk ratio of 0.90 (0.65–1.24) compared to no injuries.

**Conclusions:** Although we have not found an association between DEVIC and drivers' injury severity, the study limitations does not allow us to discard the usefulness of periodic vehicle inspection in reducing the risk of more severe injury among drivers involved in road crashes.

### ARTICLE HISTORY

Received 4 August 2021  
Accepted 20 February 2022

### KEYWORDS

Periodic veh4.6(ce)2i5%e17.5n;or



---

## **VII. DISCUSIÓN**





## **VII. DISCUSIÓN**

En esta sección vamos a ofrecer una discusión general de los principales resultados, sus posibles consecuencias prácticas, la metodología aplicada y las propuestas de futuro de la sub-línea iniciada en 2017 y plasmada en el conjunto de los siete trabajos presentados en la sección anterior. Para una discusión más detallada de cada uno de los trabajos remitimos al lector a sus correspondientes secciones de discusión.

### **1. Discusión de los principales resultados.**

#### **1.1. Discusión de los resultados sobre la CSPV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico.**

Para la CSPV, los principales resultados pueden resumirse en los siguientes puntos:

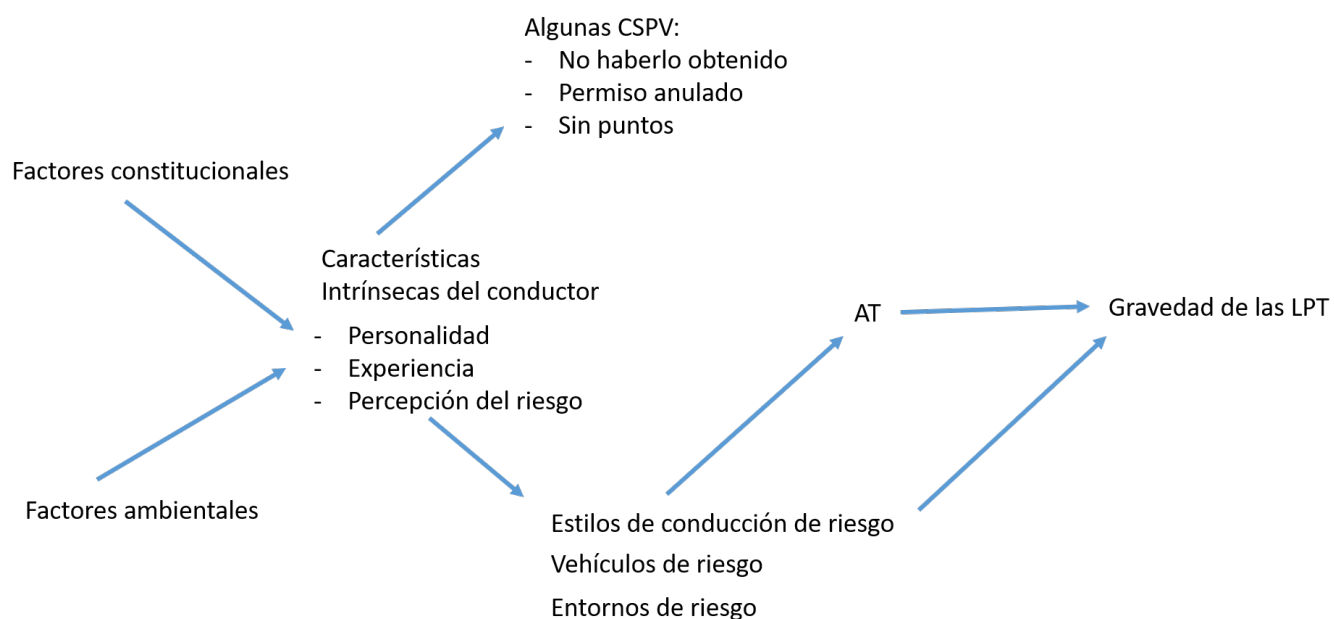
- La prevalencia de CSPV en España, entre 2014 y 2017, es baja, tanto de forma global (0,96%), como por cualquiera de los tipos de infracciones relacionadas. Esta baja prevalencia, que concuerda con las estimaciones observadas previamente en otros países (Blows et al., 2005b; Knox et al., 2003; Malenfant et al., 2002; Watson, 2003), dificulta la posibilidad de identificar patrones claros de asociación entre la CSPV y otros factores del conductor, el vehículo o el ambiente potencialmente asociados a la accidentalidad por tráfico y/ o a la gravedad de las lesiones a consecuencia del accidente. No obstante, también en consonancia con lo reportado en estudios previos, se observan valores ligeramente superiores en conductores varones y, para algunas infracciones, como no presentar el permiso o no haberlo obtenido nunca, en los más jóvenes (Fu et al., 2012; Griffin y DeLaZerda, 2000; Hanna y Taylor, 2006; Knox et al., 2003; Watson et al., 2012). Por lo demás, algunas de las asociaciones detectadas en nuestro estudio entre CSPV y ciertos factores de riesgo son consistentes con la bibliografía. Tal es el caso del consumo de alcohol y drogas (Blows et al., 2005; FORS, 1997; Griffin y DeLaZerda, 2000; Harrison, 1997; Knox et al., 2003; Watson, 2003; Watson et al., 2012), el no uso de cinturón (FORS, 1997; Fu et al., 2012; Kim y Kim, 2003) y poseer nacionalidad extranjera (Knox et al., 2003). Otras asociaciones de interés, como la existente entre algunos motivos de CSPV y una mayor antigüedad del vehículo o tener la ITV caducada, no han sido descritas en estudios previos.

- Prácticamente todas las infracciones relacionadas con el permiso de conducción están asociadas con un mayor riesgo de provocar un AT. De nuevo, este resultado es consistente con lo reportado en estudios previos, (Brar, 2014; Blows et al., 2005ab; DeYoung et al., 1997; Knox et al., 2003; Sagberg, 2018; Watson et al., 2011a, 2012), como lo es el que la fuerza de asociación sea mayor para los AT simples (Griffin y DelaZerda, 2000; Hanna et al., 2010; Harrison, 1997; Hasselberg y Laflamme, 2009; Watson et al., 2011a, 2012). Como era de esperar, la magnitud de esta asociación se reduce cuando se ajusta por otras características del conductor, particularmente para infracciones como no haber tenido nunca el permiso, tenerlo anulado o haber perdido todos los puntos. De hecho, y como ya comentamos en el punto anterior, esta asociación entre CSPV y factores de riesgo de AT dependientes del conductor ha sido descrita en la bibliografía (Blows et al., 2005a; Griffin y DelaZerda, 2000; Watson et al., 2012) y subraya el papel de estas infracciones del permiso de conducción como marcadores de una conducción de mayor riesgo de accidentalidad.
  
- Los conductores que cometen alguna infracción relacionada con la CSPV provocan AT más graves, aunque la magnitud de esta asociación varía en función del tipo de infracción y del ajuste simultáneo por otras covariables del conductor, el vehículo y el ambiente. Aunque son escasos los estudios que han abordado la asociación entre CSPV y gravedad, sus resultados son, en general, consistentes con los nuestros (Hanna et al., 2010; Harrison, 1997; Knox et al., 2003; Watson et al., 2012). Al igual que ocurría cuando se consideraba la accidentalidad como desenlace, también son la conducción sin haber tenido nunca el permiso o con el permiso anulado las infracciones que muestran una mayor fuerza de asociación con la gravedad del accidente. Aunque nuestro estudio no es directamente comparable al de Watson et al. (2012), este patrón es semejante al descrito en él.

Analizados de forma conjunta, los resultados de los tres estudios indican que los CSPV son un grupo que representa una pequeña proporción del total de conductores circulantes en España. Son, por lo demás, un grupo heterogéneo: algunas de las infracciones específicas sobre el permiso (conducir sin haberlo tenido nunca, con el permiso anulado o sin puntos) están asociadas a otros factores de riesgo de accidentalidad por tráfico y de gravedad de los AT. Lógicamente, esta asociación no sería causal, sino que dependería de una causa común o “puerta

trasera”: las características intrínsecas del conductor que, en última instancia, afectarían a sus estilos de conducción y, en menor medida, al vehículo que eligen conducir y a los entornos ambientales en los que deciden conducir. Ello se ilustra en el diagrama acíclico dirigido (DAG) presentado en la Figura 16:

Figura 16. DAG que ilustra el papel de la CSPV en la cadena causal de las LPT.



Del DAG anterior se deduce el papel de estas infracciones como marcadores de “conductores de riesgo”; un grupo pequeño, pero que parece relevante identificar y sobre el que también sería recomendable intervenir para reducir la morbi-mortalidad por tráfico.

## 1.2. Discusión de los resultados sobre la CSITV en la cadena causal de la morbi-mortalidad por tráfico.

Para la CSITV, los principales resultados pueden resumirse en los siguientes puntos:

- La prevalencia de CSITV en España, entre 2014 y 2017, es baja (no llega al 5% del total de conductores circulantes), pero no existen estudios previos con los que podamos comparar esta estimación. En nuestro estudio, la CSITV se asocia con la CSPV y, en menor medida, con ser varón, dos variables ampliamente descritas en la bibliografía como marcadoras de otras conductas de alto riesgo (Cordellieri et al., 2016; González-

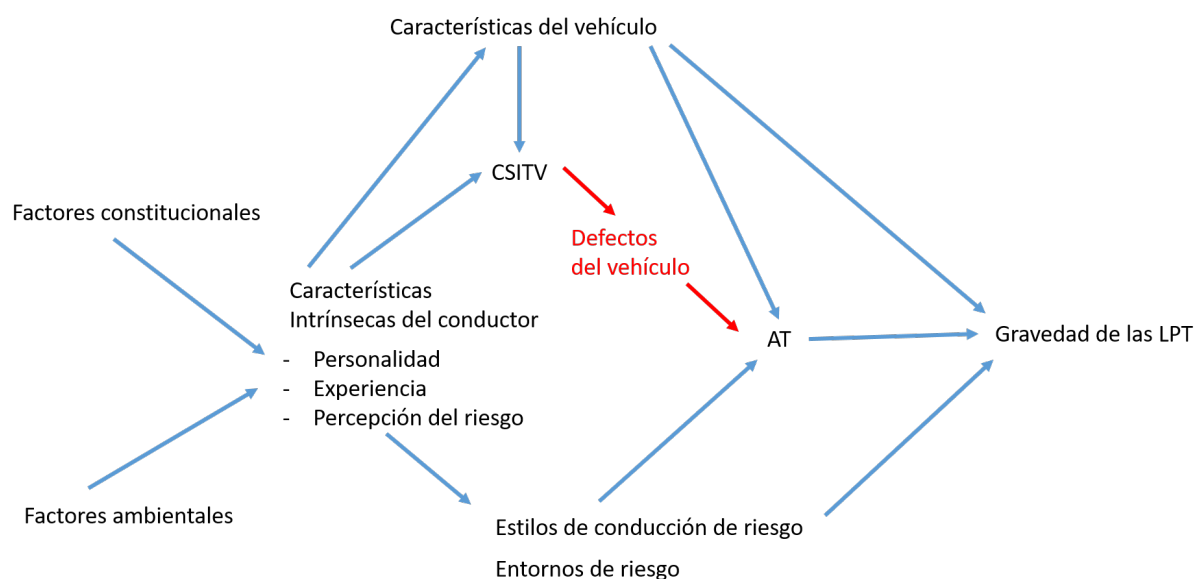
Iglesias et al., 2012; Havârneanu y Havârneanu, 2012; Iversen y Rundmo, 2002; Laapotti et al., 2003; Ulleberg y Rundmo, 2003). La CSITV es más prevalente en las furgonetas y se ha mostrado asociada con otros factores dependientes del vehículo también relacionados con una mayor accidentalidad, tales como la antigüedad y la presencia de defectos en el vehículo (Arenas-Ramírez et al., 2013; Cairns, 2014; Christensen y Elvik, 2007; Cuerden et al., 2011). En cuanto a los factores ambientales, parece que existe una asociación entre una mayor prevalencia de CSITV en carreteras abiertas, calles y carreteras no convencionales (es decir, ni autopistas/autovías, ni carreteras convencionales de dos carriles), aunque estas asociaciones no han sido descritas por otros trabajos. Todo ello sugiere que conductores con alto riesgo conducen vehículos de alto riesgo en zonas donde puedan evitar controles policiales.

- Tras ajustar por las características del conductor, el vehículo y el ambiente recogidas en el registro de la DGT, nuestro estudio muestra un incremento del 41% en el riesgo de sufrir un accidente simple para los vehículos con la ITV caducada. Esta asociación está en la misma línea de los resultados aportados por cuatro de los cinco estudios observacionales incluidos en la revisión sistemática realizada al respecto (Blows, 2003; Keall y Newstead, 2013; Schroer y Peiton, 1978; White, 1986). Al margen de la elevada heterogeneidad de los estudios revisados, en todos ellos se admite la posibilidad de que la asociación esté confundida por factores no medidos dependientes de las características del conductor y, en menor grado, del ambiente. Así pues, nuestro estudio es uno más de los diseños observacionales que detectan una asociación de moderada magnitud entre ITV y accidentalidad. Al igual que se desprende de la revisión sistemática, esta asociación puede deberse a un camino causal y a otro no causal, resultante de la confusión residual. Llegados a este punto, no disponemos de evidencias sólidas a favor de la existencia del camino causal. De hecho, el único ensayo con asignación aleatoria recogido en nuestra revisión no detecta asociación alguna entre ITV y accidentalidad. Así pues, solo podemos concluir que, aunque al igual que en otros países, en España la CSITV también está asociada de forma moderada con la accidentalidad por tráfico, toda esta asociación podría ser explicada por confusión residual: esa situación se daría si los conductores de mayor riesgo de provocar accidentes tendieran a incumplir la reglamentación sobre la ITV.

- Independientemente del abordaje metodológico empleado, nuestros resultados indican una ausencia de asociación entre la ITV y la gravedad de las lesiones sufridas por los conductores de estos vehículos, ya sean responsables o no de los accidentes en los que se han visto implicados. A priori, la hipótesis es que esta asociación, de existir, debería ser positiva (la CSITV debería asociarse a una mayor gravedad de las lesiones), pero de escasa magnitud, muy inferior a la esperable para la asociación entre CSITV y accidentalidad. En caso de que nuestros resultados hubieran confirmado esta situación, podría haberse argüido una explicación no causal para la misma, dependiente de la confusión residual ya comentada en el párrafo anterior. Sin embargo, la ausencia de asociación, especialmente en el estudio 7, que restringe la muestra a los conductores pasivamente implicados en colisiones, hace sospechar fuertemente que realmente no existe asociación causal entre CSITV y gravedad, ni aun de pequeña magnitud. A este respecto, no podemos comparar nuestros resultados con los de estudios previos, pues ninguno ha deslindado específicamente este desenlace (la gravedad de las lesiones en muestras de conductores o pasajeros accidentados).

En resumen, el conjunto de los cuatro trabajos realizados para valorar el papel de la CSITV en la cadena causal de las LPT sugiere que estamos ante una exposición de baja prevalencia, pero asociada a otras variables del conductor y, sobre todo, del vehículo, ligadas a una mayor accidentalidad por tráfico. Aunque estamos en condiciones de afirmar que la CSITV no se asocia a una mayor gravedad de las lesiones de los ocupantes de estos vehículos, no podemos confirmar ni rechazar su rol como variable causalmente asociada a la accidentalidad, aunque, de existir, sería sin duda de muy pequeña magnitud. El DAG presentado en la Figura 17 ilustra gráficamente estas conclusiones. Las flechas en rojo indican el camino para el que no podemos aportar sólidas evidencias acerca de su existencia.

Figura 17. DAG que ilustra el papel de la CSITV en la cadena causal de las LPT.



## 2. Discusión de la metodología y de la fuente de información.

Dejando a un lado el estudio 6, cuyo carácter singular hace que no le dediquemos un espacio en esta sección general y remitamos directamente al lector a la discusión del propio estudio, las principales limitaciones comunes a los restantes seis trabajos dependen sobre todo de dos factores: los inherentes a la fuente de información utilizada y a la metodología empleada. Se discuten por separado a continuación.

### 2.1. Limitaciones derivadas de la fuente de información.

Para todos los trabajos elaborados, excepto el número 6, la fuente de información ha sido el Registro Nacional de Víctimas de AT de la DGT. Se trata de un registro policial, sujeto a las mismas limitaciones y fuentes de error que las identificadas para los registros policiales de otros muchos países (Dandona et al., 2008; Muni et al., 2021; Spano, 2005) (en España no se han hecho estudios acerca de la validez de nuestro Registro Nacional de Víctimas) y que pueden concretarse en dos aspectos:

### 2.1.1. Cobertura del registro.

a) En relación con la población diana (sesgos de selección). De entrada, el Registro excluye, por definición, los AT en los que únicamente hay daños materiales. Este hecho afecta a la validez externa de todos los trabajos en los que el desenlace es la accidentalidad, pues sus resultados serán aplicables únicamente a los accidentes con víctimas. Pero aun para este grupo de AT, hemos de asumir que, en general, los registros de AT de base policial tienden a infra-declarar los AT en los que hay menos vehículos implicados (es decir, que los AT simples se infranotifican más que las colisiones), probablemente porque son menos los conductores que requieren a la policía para investigar el AT con el fin de asignar la responsabilidad. También se infranotifican más los AT menos graves, es decir, aquellos en los que solo hay heridos leves. Por eso los AT que ocurren en zona urbana tienden a registrarse menos que los que ocurren en carretera. Por lo demás, en el caso específico de nuestra Tesis, si, debido a la naturaleza ilegal de la exposición considerada (CSPV o CSITV), la policía es requerida con menos frecuencia por este tipo de conductores, habrá una subestimación de la frecuencia de implicación de los conductores que hayan incurrido en estas infracciones, particularmente en los accidentes simples. En el caso de la asociación entre la CSITV y la accidentalidad, ello produciría un sesgo hacia el nulo en la estimación de la fuerza de asociación.

b) En relación con las variables recogidas (confusión residual). Si bien es cierto que el Registro Nacional de Víctimas de AT contiene valiosa información acerca de las características del conductor, el vehículo y, particularmente, de las circunstancias ambientales bajo las que ocurre el AT (lo que permite obtener estimaciones de fuerza de asociación ajustadas por múltiples variables), también es cierto que, como ocurre con todas las fuentes de información secundarias, su propósito está bastante alejado de la investigación epidemiológica, especialmente de la orientada al estudio de la causalidad. En este sentido, y en relación con la asociación entre CSITV y accidentalidad, es difícil descartar la confusión residual vinculada a factores no medidos ligados a la personalidad de conductor, su experiencia, sus capacidades psico-físicas y otras tantas variables no recogidas en el Registro que, al margen de influir en el riesgo de accidente, pueden asociarse de forma independiente a la CSITV.

2.1.2. Validez de la información contenida en el registro (sesgos de clasificación). Como cualquier otro registro policial, la validez de la información para las variables recogidas en el Registro puede ser cuestionable (Boufous et al., 2008; Elvik y Mysen, 1999; Langley et al., 2003; Watson et al., 2015). En el ámbito de los objetivos de esta Tesis, se ha de prestar especial atención a tres variables esenciales: las referidas a la comisión de errores e infracciones en la conducción (que nos han permitido identificar a los conductores responsables y no responsables de colisiones limpias), y las infracciones que constituyen nuestras dos variables de exposición: CSPV y CSITV. Por ejemplo, si existe una infracción de conducción previa, el agente de policía puede indagar más sobre la comisión de las dos otras infracciones. De igual modo, la constatación de una irregularidad en el permiso o de una ITV caducada puede hacer que el policía pueda atribuir de forma errónea a este conductor errores o infracciones de conducción inexistentes, en lo que se ha dado en llamar el efecto halo. En ambos casos se estaría subestimando la prevalencia de la CSPV y la CSITV en la muestra de conductores no responsables, especialmente con respecto a la CSPV, pues la CSITV es una infracción más fácilmente objetivable. Esta subestimación, a su vez, tendería a aumentar de forma artificial la fuerza de asociación observada entre ambas infracciones y la accidentalidad. Por lo demás, la identificación de una ITV caducada puede llevar a una inspección más rigurosa de posibles defectos en el vehículo, y viceversa: la detección de una anomalía importante puede llevar al agente de policía a indagar y registrar con mayor celo la caducidad de la ITV.

Otra fuente de sesgo referida a la validez de la información recogida es la presencia de valores faltantes. Estos son escasos para las infracciones referidas en el párrafo anterior, pero importantes para una variable empleada en la mayoría de los trabajos realizados: el uso del cinturón de seguridad. Dependiendo de nuestra disponibilidad de recursos o de las exigencias de los revisores de los trabajos enviados a publicar, nuestra solución a este problema ha sido, bien realizar una imputación múltiple, o bien adscribir los registros con datos faltantes a la categoría que hiciera más difícil verificar nuestra hipótesis de partida (garantizando con ello que el posible sesgo resultante sea hacia el nulo).

En los estudios que consideran la gravedad como el desenlace de interés, somos conscientes de que su valoración a partir de un registro policial está bastante alejada de la que se obtendría empleando fuentes sanitarias. En nuestro caso, hemos empleado un criterio relativamente objetivable (la defunción o la necesidad de ingreso hospitalario), aunque con la desventaja de su insuficiente capacidad para discriminar la gravedad de las lesiones dentro de cada uno los



tres niveles de gravedad considerados. Finalmente, hay que hacer constar la baja calidad de la información obtenida para algunas variables, como las referidas al consumo de alcohol u otras drogas.

## **2.2. Limitaciones derivadas de la metodología empleada.**

La principal crítica a la metodología de la exposición cuasi-inducida se centra en cuestionar en qué medida los conductores inocentes implicados en colisiones limpias representan una buena muestra de la población de conductores circulantes. En general, los estudios realizados hasta la fecha con este propósito han validado esta asunción (Chandraratna y Stamatiadis, 2009; Jiang y Lyles, 2010; Jiang et al., 2014), si bien autores como Shen et al. (2019) consideran que la mejor muestra de conductores circulantes se obtendría a partir de colisiones limpias de tres o más vehículos, eliminando de los conductores no infractores al primero de ellos consignado en el registro. En España, Lardelli-Claret et al. (2011), comprobaron que el patrón general de los conductores circulantes obtenido mediante este método con respecto a las principales variables (sexo y edad), era similar al obtenido mediante encuesta. Más recientemente, Zhang et al. (2021), han demostrado que la asunción no es válida para los accidentes sin víctimas, ni tampoco para estimar la distribución de tipos de vehículos circulantes por tipo. Sin embargo, ambas limitaciones no son relevantes en nuestro estudio, que se restringe a vehículos de cuatro ruedas y a accidentes con víctimas. Un aspecto esencial es el método empleado para establecer la responsabilidad de la colisión, e identificar así de forma válida a los conductores inocentes. En nuestro caso, y al igual que la mayoría de autores, hemos considerado la comisión de errores e infracciones por parte del conductor como marcador de responsabilidad (Sanjurjo-de-No et al., 2021), aunque recientemente se han propuesto otras alternativas, basadas en técnicas de *machine learning* (Sanjurjo-de-No et al., 2021).

Un problema adicional del enfoque basado en la exposición cuasi-inducida es que requiere excluir del análisis otros tipos de AT (por ejemplo, las que implican a peatones o aquellos en los que la policía no documentó ni los errores ni las infracciones de ningún conductor implicado), lo que limita la validez externa de nuestros resultados. También es cuestionable si nuestra muestra de conductores inocentes puede usarse como controles válidos para el subgrupo de accidentes compuesto por conductores involucrados en accidentes simples. En sentido estricto, nuestro grupo de conductores inocentes podría ser representativo de una muestra

aleatoria de conductores circulantes en el tiempo y espacio en el que ocurren las colisiones entre dos o más vehículos, pero parece claro que estas características espaciotemporales pueden ser diferentes para los accidentes simples. Intentamos minimizar este sesgo ajustando nuestras estimaciones para las variables relacionadas con el medio ambiente que pueden diferir entre estos dos tipos de colisiones (es decir, área, tipo de vía o hora del día), pero asumimos que este ajuste no es completo.

Finalmente, y de forma específica para nuestras exposiciones de interés (CSPV y CSITV), algunos autores (DeYoung et al., 1997; Watson et al., 2011a, 2012) han planteado el problema derivado del efecto halo, ya comentado en el apartado anterior: el conocimiento de que un conductor conduce bajo alguna infracción administrativa influya en la policía a la hora de etiquetarlo como culpable del accidente, independientemente de su comportamiento real en el mismo.

### **3. Aplicabilidad de los resultados para la seguridad vial.**

Como para cualquier otro binomio exposición-desenlace, a la hora de trasladar los resultados de nuestra investigación a la adopción de estrategias efectivas para mejorar la salud, hay que tener en cuenta, entre otros, los siguientes elementos:

- La frecuencia de exposición en la población diana.
- La fuerza de la asociación estimada.
- La naturaleza causal o no de la asociación estimada.

De forma general, tanto para la CSPV como para la CSITV, nuestros resultados no apoyan la necesidad de aplicar nuevas estrategias en relación con ambas exposiciones de cara a mejorar la seguridad vial, por dos razones:

- La prevalencia de ambas es baja en la población general de conductores circulantes.
- La más que probable naturaleza no causal de las asociaciones observadas.

En los párrafos siguientes desglosamos las consideraciones al respecto para cada una de las dos exposiciones consideradas.

### 3.1. En relación con la CSPV.

Nuestros resultados avalan la consideración de algunas infracciones sobre el permiso de conducir (fundamentalmente, la conducción sin haber obtenido el permiso, conducir con un permiso anulado o habiendo perdido todos los puntos), como buenos marcadores para identificar conductores que ponen en peligro la seguridad vial, dada la importante fuerza de asociación entre estas infracciones y los desenlaces relacionados con la accidentalidad y la gravedad de los AT. Asumiendo que la naturaleza de estas asociaciones no es causal, su utilidad es fundamentalmente predictiva: puesto que se trata de conductores de riesgo, es necesario que sean identificados para retirarlos de la circulación y aplicarles estrategias orientadas a reconvertirlos en “conductores seguros”. Por otra parte, puesto que, afortunadamente, se trata de un grupo de muy baja frecuencia, no parece aconsejable destinar más recursos que los ya existentes para controlarlos. A partir de aquí, nuestros resultados apoyan las siguientes líneas de actuación, en consonancia con lo propuesto por la mayor parte de los autores (Baldock et al., 2012; Demmel et al., 2019; DeYoung, 1999; Griffin y DelaZerda, 2000; Knox et al., 2003; Sagberg, 2018; Voas et al., 1997; Watson, 2003):

- Mantener la verificación del estado del permiso de conducción de los usuarios de la vía en la vigilancia policial rutinaria, con el fin de identificar a este subgrupo de conductores.
- Retirar de la circulación (ya sea temporal o permanentemente, según el tipo de infracción) a este grupo de conductores.
- Evitar que este tipo de infractores vuelvan a conducir antes de ser reevaluados, mediante un abanico de medidas que pueden abarcar desde los dispositivos de bloqueo de arranque del vehículo hasta la incautación de éste.
- Aplicar a este grupo de conductores medidas activas (programas de educación y capacitación para volver a conducir), enfocadas a corregir los comportamientos de alto riesgo, permitiéndoles volver a conducir de manera segura, siempre que sea posible.

### 3.2. En relación con la CSITV.

Con respecto a la CSPV, la CSITV muestra tres rasgos diferenciales:

- Su prevalencia (cercana al 5%) es baja, pero no tanto como la de las infracciones del permiso referidas en el apartado anterior.
- No influye en la gravedad de las lesiones, y solo se asocia moderadamente con la accidentalidad.
- Aunque la naturaleza de su asociación con la accidentalidad podría ser causal, no hay evidencias suficientes, ni en nuestros datos ni en los trabajos previos realizados en otros países, para confirmarla.

A partir de aquí, a nuestro juicio, se desprende una afirmación y una pregunta:

- Desde el ámbito de la seguridad vial (es decir, sin tener en cuenta el impacto de las ITV sobre otros aspectos, como el medioambiental), no hay argumentos para destinar más recursos al programa de ITV actualmente vigente en España.
- ¿Es oportuno modificar o, en su caso, eliminar, el programa de ITV vigente en España, a fin de optimizar esos recursos y dedicarlos a otras intervenciones más efectivas para mejorar la seguridad vial en nuestro país? Evidentemente, los resultados de nuestro estudio no permiten dar respuesta a esta pregunta, pero sí sugieren que ciertas estrategias podrían mejorar la efectividad del programa actualmente en vigor:
  - Restringir las ITV a vehículos de mayor antigüedad que la actual y aumentar su periodicidad para las furgonetas.
  - Realizar los controles policiales para la detección de la CSITV en los entornos no habituales (calles y vías no convencionales) donde parece ser más prevalente.

Una posible respuesta a esta última pregunta, aportada por algunos autores tras encontrar, al igual que nosotros, dificultades para asociar la CSITV con una mayor accidentalidad (Jarosiński, 2014; Rechnitzer et al., 2000), es la supresión de las ITV y la dedicación de los recursos a reducir la antigüedad del parque automovilístico. Esta medida se sustenta en dos argumentos: primero, los datos aportados por algunos estados de Estados Unidos que, durante crisis económicas, abandonaron el sistema de ITV sin que haya habido un incremento de la accidentalidad en los mismos (desde 1975 se han reducido a 16 los estados que tienen ITV

obligatoria y no ha habido ningún incremento en tasas de mortalidad por AT) (Jarosiński, 2014; Das et al., 2019). Segundo, el drástico descenso de la mortalidad por AT (en torno a un 71%) en vehículos construidos a partir de 2000 (NHTSA, 2013), en los que los avances tecnológicos introducidos en los automóviles más nuevos hacen un poco menos útiles las ITV para la detección de defectos. Muchos vehículos ya incluyen en sus diseños “modos seguros” que no permiten o reducen la velocidad de la circulación si detectan algún daño potencial que pueda aumentar el riesgo de AT.

Por lo demás, y dado que el impacto sobre la salud de los vehículos sin ITV no es solo consecuencia de su posible mayor accidentalidad, sino que también vendría derivado de su mayor emisión de contaminantes al ambiente, el reemplazo de las ITV obligatorias por subvenciones para favorecer la adquisición de vehículos nuevos también actuaría a este segundo nivel: al reducir la edad media de los vehículos circulantes disminuiríamos su impacto sobre la contaminación ambiental, cuyos efectos sobre la salud ya han sido puestos de manifiesto (Zhang y Batterman, 2013; Chen et al., 2022).

#### **4. Propuestas para futuras líneas de investigación.**

Como hemos visto en el apartado anterior, en la investigación del papel que juegan la CSPV y la CSITV en la cadena causal de las LPT aún quedan varias cuestiones sin resolver. En nuestra opinión, al margen de que se pudiera ampliar el análisis a otros tipos de vehículos (por ejemplo, a los de dos ruedas), o aplicar técnicas de análisis más complejas (*machine learning* o análisis bayesianos), la explotación de la información contenida en el Registro Nacional de Víctimas de AT difícilmente podrá ir mucho más allá de los resultados presentados en esta Tesis. Por ello, parece necesario plantear nuevas estrategias de investigación que confirmen los resultados obtenidos y que permitan responder a los interrogantes surgidos a partir de ellos. En general, éstos ponen de manifiesto que la frase “*We drive as we live*”, acuñada por Tillman y Hobbs (1949), sigue teniendo plena vigencia hoy día. Los conductores que cometen una infracción relacionada con la CSPV o con la CSITV también se implican en otros estilos de conducción de riesgo o conducen vehículos de mayor riesgo. Es decir, el infractor no se especializa en compartimentos de riesgo estancos. Por lo tanto, sería de utilidad conocer si existe una “secuencia de infracciones” que acabe en una acumulación de riesgo tal que haga inevitable el

desenlace de la cadena causal. Identificar esta secuencia permitiría aplicar estrategias para detenerla antes de que el sujeto se vea involucrado en un AT.

De forma más concreta, nuestras propuestas se basarían en las líneas descritas a continuación.

#### **4.1. Para la CSPV.**

De acuerdo con nuestros resultados, la CSPV es un marcador de conductores de alto riesgo, pero la información de la que disponemos no nos permite ir más allá acerca del porqué de estas conductas y del impacto que sobre ellas tendrían posibles estrategias de intervención. A este respecto, sería muy útil diseñar investigaciones específicas para estos subgrupos de conductores, empleando las siguientes estrategias:

- Seguimiento retrospectivo: para comparar, con respecto a una muestra de conductores no infractores emparejada por las características basales del conductor y el vehículo, sus antecedentes de accidentalidad y lesividad.
- Investigación cualitativa sobre estos conductores, para identificar las razones profundas que explican sus comportamientos de riesgo y su asociación con la comisión de infracciones, así como para establecer las bases sobre las que asentar las posibles estrategias de intervención.
- Valoración del impacto de estrategias de reeducación. Ante la imposibilidad de diseñar ensayos con asignación aleatoria, se podrían emplear diseños observacionales de cohortes con seguimiento prospectivo para comparar la incidencia de desenlaces adversos entre los conductores incluidos en estos programas y la población general de conductores circulantes.

#### **4.2. Para la CSITV.**

- Hacer análisis coste-efectividad y coste-beneficio del programa de ITV actualmente vigente en España. A tal efecto, se podrían tomar, como punto de partida para la estimación de la efectividad, el número de accidentes, ingresos hospitalarios y defunciones atribuibles al programa, estimados a su vez a partir de las cifras de prevalencia de CSITV y del incremento de riesgo de provocar AT atribuible a la CSITV,

valores que se obtienen de nuestros resultados, asumiendo que toda la asociación entre CSITV y accidentalidad fuera causal (lo que nos daría una estimación de la máxima efectividad esperable). Esta información, unida a los datos sobre los costes del programa y de los desenlaces evitables, permitiría evaluar la rentabilidad del programa en términos de beneficios económicos y en salud, y comparar dicha rentabilidad con la ofrecida por otras intervenciones alternativas.

- Diseño de ensayos aleatorizados. Se trata de una alternativa compleja, limitada por razones de tipo ético y legislativo. Es evidente que no es posible modificar el sistema de ITV vigente para excluir del mismo a una muestra aleatoria de vehículos, pero sí se pueden plantear alternativas basadas en intervenciones adicionales al sistema. Por ejemplo, una propuesta de ensayo piloto basada en un diseño de Zelen sería la siguiente: tomar una muestra aleatoria de vehículos matriculados en España y asignarlos también aleatoriamente a dos grupos (experimental y control). A los conductores titulares de los vehículos del grupo experimental se les ofrecería la posibilidad de realizar revisiones gratuitas de sus vehículos (complementarias a las ITV obligatorias), en los puntos autorizados para ello, junto con la reparación, también gratuita, de los defectos identificados en estas revisiones. En el seguimiento se compararían los desenlaces elegidos (accidentes, lesiones, impacto ambiental) entre los dos grupos asignados al azar.





---

## **VIII. CONCLUSIONES/CONCLUSIONS**



## VIII. CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos, y en respuesta a los objetivos específicos planteados en esta Tesis Doctoral, se desprenden las siguientes conclusiones:

1. En España, entre 2014 y 2017, la prevalencia del conjunto de infracciones relativas al permiso de conducción en la población de conductores circulantes fue inferior al 1%. La infracción más frecuente fue circular con el permiso caducado, que representó algo más de la mitad de todas ellas. La positividad al alcohol o a otras drogas, la CSITV o no usar el cinturón de seguridad se asociaron con diversos tipos de infracciones, aunque la baja frecuencia de éstas impidió identificar patrones claros de asociación.

2. Todas las infracciones relativas al permiso de conducción se asociaron a un mayor riesgo de provocar AT, especialmente la conducción con un permiso anulado o sin haberlo obtenido nunca, con OR crudas de 17,9 y 8,2, respectivamente. El ajuste por otros factores de riesgo de accidente dependientes del vehículo y el ambiente, pero sobre todo del conductor, redujo de forma considerable esta asociación, pero no la eliminó.

3. La gravedad de las lesiones sufridas por el conductor se asoció directamente con la mayoría de las infracciones relativas al permiso de conducir, especialmente con conducir sin haber obtenido nunca el permiso, con el permiso anulado o tras haber perdido todos los puntos, con incrementos de riesgo crudos para la defunción superiores a 3. Estos valores disminuyeron cuando se ajustó por el uso del cinturón de seguridad. Por su parte, la gravedad intrínseca del AT también se asoció en el análisis crudo con la conducción con un permiso inadecuado o suspendido, sin haberlo obtenido nunca, o tras haber perdido todos los puntos.

4. La prevalencia de CSITV entre los conductores circulantes en España, entre 2014 y 2017, fue inferior al 5%. En los modelos ajustados, la CSITV se asoció directamente con la CSPV y, sobre todo, con diversas características del vehículo: furgonetas, una mayor antigüedad y la presencia de defectos.

5. A partir de nuestros datos, la CSITV se asoció a un incremento ajustado del 41% en el riesgo de sufrir un AT simple; estimación consistente con la de la mayoría de los estudios observacionales incluidos en nuestra revisión sistemática. No obstante, al igual que en dichos estudios, no podemos descartar que parte o toda la asociación anterior pueda ser explicada por

la confusión residual dependiente fundamentalmente de las características no medidas del conductor.

6. Entre los conductores no responsables de colisiones limpias, la CSITV no se asoció con la gravedad de sus lesiones.

## VII. CONCLUSIONS

Based on the results obtained, and in relation to the specific objectives set forth in this doctoral thesis, the following conclusions can be drawn:

1. In Spain, between 2014 and 2017, the prevalence of all driving license offenses in the population of circulating drivers was less than 1%. The most frequent offense was driving with an expired license, which accounted for slightly more than half of all of them. Positivity to alcohol or other drugs, DWVTI or not wearing seat belts were associated with various types of offenses, although the low frequency of these prevented the identification of clear patterns of association.
2. All driving license offenses were associated with an increased risk of causing TAs, especially driving with a revoked license or never having obtained it, with crude ORs of 17.9 and 8.2, respectively. Adjustment for other risk factors of TA related to the vehicle, the environment, but especially, the driver, significantly reduced but did not eliminate this association.
3. The severity of injuries sustained by the driver was directly associated with most driving license offenses, especially with driving without ever having obtained a license, driving with a revoked license, or driving after having lost all driving license points, with crude risk increases for death greater than 3. These values decreased after adjustment for seat belt use. Intrinsic TA severity was also associated in the crude analysis with driving with an inadequate or suspended license, never having obtained it, or having lost all driving license points.
4. The prevalence of DWVTI among circulating drivers in Spain between 2014 and 2017 was less than 5%. In the adjusted models, DWVTI was directly associated with DWVL and, especially, with various vehicle characteristics: vans, greater age and presence of defects.
5. Based on our data, DWVTI was associated with a 41% adjusted increase in the risk of suffering a simple TA; an estimate consistent with the values reported in the majority of observational studies included in our systematic review. However, as in those studies, we cannot rule out that some or all of the above association may be explained by residual confounding primarily dependent on characteristics not measured in the driver.

6. Among drivers not responsible for clean collisions, DWVTI was not associated with the severity of their injuries.

---

## **IX. BIBLIOGRAFÍA**





## IX. BIBLIOGRAFÍA

- Aarts, L. y Van Schagen, I. (2006). Driving speed and the risk of road crashes: A review. *Accident Analysis and Prevention*, 38, 215–224. DOI: 10.1016/j.aap.2005.07.004.
- Abellán García, A., Ayala García, A. y Pujol Rodríguez, R. (2017). Un perfil de las personas mayores en España, 2017. Indicadores estadísticos básicos. [http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/enred-indicadores\\_basicos15.pdf](http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/enred-indicadores_basicos15.pdf)
- Abdel-Aty, M., Ekram, A. A., Huang, H. y Choi, K. (2011). A study on crashes related to visibility obstruction due to fog and smoke. *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1730-1737. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.04.003>
- Afukaar, F. K. (2003). Speed control in developing countries: issues, challenges and opportunities in reducing road traffic injuries. *Injury control and safety promotion*, 10(1-2), 77-81. DOI: 10.1076/icsp.10.1.77.14113
- Åkerstedt, T. y Kecklund, G. (2001). Age, gender and early morning highway accidents. *Journal of sleep research*, 10(2), 105-110. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2869.2001.00248.x>
- Al-Ghamdi, A. S. (2007). Experimental evaluation of fog warning system. *Accident Analysis & Prevention*, 39(6), 1065-1072. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.05.007>
- Al-Reesi, H., Ganguly, S. S., Al-Adawi, S., Laflamme, L., Hasselberg, M. y Al-Maniri, A. (2013). Economic growth, motorization, and road traffic injuries in the Sultanate of Oman, 1985–2009. *Traffic injury prevention*, 14(3), 322-328. <https://doi.org/10.1080/15389588.2012.694088>
- Ambrose, A. F., Paul, G., & Hausdorff, J. M. (2013). Risk factors for falls among older adults: a review of the literature. *Maturitas*, 75(1), 51-61. <https://doi.org/10.1016/j.maturitas.2013.02.009>
- Anderson, R. W. G. y Searson, D. J. (2015). Use of age–period–cohort models to estimate effects of vehicle age, year of crash and year of vehicle manufacture on driver injury and fatality rates in single vehicle crashes in New South Wales, 2003–2010. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 202-210. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.11.013>
- Andrey, J. (2010). Long-term trends in weather-related crash risks. *Journal of Transport Geography*, 18(2), 247-258. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.05.002>
- Anzanello, M. J. y Fogliatto, F. S. (2011). Learning curve models and applications: Literature review and research directions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 41(5), 573-583. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2011.05.001>
- Arenas-Ramírez, B., Páez Ayuso, J., Mira McWilliams, J. M., Jiménez Alonso, F., Furones Crespo, A. y Aparicio Izquierdo, F. (2013). Van Traffic Accident Analysis. A Holistic Approach. In *Proceedings of the FISITA 2012 World Automotive Congress* (pp. 681-691). Springer Berlin Heidelberg.

- Arenas-Ramírez, B., Sanjurjo de No, A., Mira-McWilliams, J. M., Aparicio-Izquierdo, F., Furones Crespo, A. y Garrido-Agenjo, O. A. (2018). *Application of Hypothesis Tests and Self Organizing Maps to Crash Pattern Identification by Gender* (No. 18-01932).
- Asociación Nacional de Centros de Diagnóstico Automotor. (2019). *El sistema de la Revisión Técnico-Mecánica y de Emisiones Contaminantes y su Esquema Institucional*. Área Técnica Asociación Nacional de Centros de Diagnóstico Automotor.
- B.C. Liu, R. Ivers, R. Norton, S. Boufous, S. Blows, S.K. Lo Helmets for preventing injury in motorcycle riders Cochrane Database Syst Rev. (1) (2008), p. CD004333
- Babanoski, K., Ilijevski, I. y Dimovski, Z. (2016). Analysis of road traffic safety through direct relative indicators for traffic accidents fatality: case of republic of macedonia. *Promet-Traffic & Transportation*, 28(6), 661-669. <https://doi.org/10.7307/ptt.v28i6.2137>
- Bahadorimonfared, A., Soori, H., Mehrabi, Y., Delpisheh, A., Esmaili, A., Salehi, M. y Bakhtiyari, M. (2013). Trends of fatal road traffic injuries in Iran (2004–2011). *PloS one*, 8(5), 65198. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0065198>
- Baker, S., Baker, S. P., Ginsburg, M. J., Li, G. G. y O'Neill, B. (1992). *The injury fact book*. Oxford University Press, USA.
- Baker, C. J. y Reynolds, S. (1992). Wind-induced accidents of road vehicles. *Accident Analysis & Prevention*, 24(6), 559-575. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90009-8](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90009-8)
- Baldock, M., Royals, J., Raftery, S., Bailey, T. y Lydon, M. (2012). *Developing measures to reduce unlicensed driving* (No. AP-R424/13).
- Banz, B. C., Fell, J. C., & Vaca, F. E. (2019). Focus: Death: Complexities of young driver injury and fatal motor vehicle crashes. *The Yale journal of biology and medicine*, 92(4), 725.
- Barrett, A. E., Gumber, C. y Douglas, R. (2018). Explaining gender differences in self-regulated driving: what roles do health limitations and driving alternatives play?. *Ageing & Society*, 38(10), 2122-2145. <https://doi.org/10.1017/S0144686X17000538>
- Beck, L. F., Dellinger, A. M. y O'Neil, M. E. (2007). Motor vehicle crash injury rates by mode of travel, United States: using exposure-based methods to quantify differences. *American Journal of Epidemiology*, 166(2), 212–218. <https://doi.org/10.1093/aje/kwm064>
- Bedard, M., Guyatt, G. H., Stones, M. J. y Hirdes, J. P. (2002). The independent contribution of driver, crash, and vehicle characteristics to driver fatalities. *Accident Analysis & Prevention*, 34(6), 717-727. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00072-0](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00072-0)
- Bento, A. M., Cropper, M. L., Mobarak, A. M. y Vinha, K. (2005). The effects of urban spatial structure on travel demand in the United States. *Review of Economics and Statistics*, 87(3), 466-478. <https://doi.org/10.1162/0034653054638292>
- Berecki-Gisolf, J., Yiengprugsawan, V., Kelly, M., McClure, R., Seubsman, S. A., Sleight, A. y Thai Cohort Study Team. (2015). The impact of the Thai motorcycle transition on road traffic injury: Thai Cohort Study results. *PloS one*, 10(3). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120617>

- Bergel-Hayat, R., Debbarh, M., Antoniou, C. y Yannis, G. (2013). Explaining the road accident risk: Weather effects. *Accident Analysis & Prevention*, 60, 456-465. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.006>
- Bierce, A. (1911). *The devil's dictionary*. Wordsworth Editions.
- Bishai, D., Quresh, A., James, P. y Ghaffar, A. (2006). National road casualties and economic development. *Health economics*, 15(1), 65-81. <https://doi.org/10.1002/hec.1020>
- Blows, S., Ivers, R. Q., Woodward, M., Connor, J., Ameratunga, S. y Norton, R. (2003). Vehicle year and the risk of car crash injury. *Injury Prevention*, 9(4), 353-356. <http://dx.doi.org/10.1136/ip.9.4.353>
- Blows, S., Ameratunga, S., Ivers, R. Q., Lo, S. K. y Norton, R. (2005a). Risky driving habits and motor vehicle driver injury. *Accident Analysis & Prevention*, 37(4), 619-624. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.03.003>
- Blows, S., Ivers, R. Q., Connor, J., Ameratunga, S., Woodward, M. y Norton, R. (2005b). Unlicensed drivers and car crash injury. *Traffic Injury Prevention*, 6(3), 230-234. <https://doi.org/10.1080/15389580590969175>
- Boletín Oficial del Estado. (1985, 24 de septiembre). Normas generales de instalación y funcionamiento de las Estaciones ITV. Real Decreto 1987/1985.
- Boletín Oficial del Estado. (1993, 18 de febrero). Orden de 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación. Disposición derogada.
- Boletín Oficial del Estado. (2009, 8 de mayo). Reglamento General de Conductores. Real Decreto 818/2009.
- Boletín Oficial del Estado. (2014, 27 de octubre). Orden INT/2223/2014, de 27 de octubre, por la que se regula la comunicación de la información al Registro Nacional de Víctimas de Accidentes de Tráfico.
- Boletín Oficial del Estado. (2015, 30 de octubre). Ley sobre tráfico, circulación de vehículos a motor y seguridad vial. Real Decreto Legislativo 6/2015.
- Boletín Oficial del Estado. (2017, 23 de octubre). Regulación de la inspección técnica de vehículos. Real Decreto 920/2017.
- Boletín Oficial del Estado. (2021, 24 de mayo). Normas para la inspección técnica de vehículos automóviles y remolques de la guardia civil. Orden PCM/520/2021.
- Boletín Oficial del Estado. (2021, 13 de abril). Sobre los vehículos al final de su vida útil y por el que se modifica el Reglamento General de Vehículo. Real Decreto 265/2021.
- Bose, D., Segui-Gomez, ScD, M. y Crandall, J. R. (2011). Vulnerability of female drivers involved in motor vehicle crashes: an analysis of US population at risk. *American journal of public health*, 101(12), 2368-2373.

- Bouaoun, L., Haddak, M. M. y Amoros, E. (2015). Road crash fatality rates in France: a comparison of road user types, taking account of travel practices. *Accident Analysis & Prevention*, 75, 217-225. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.10.025>
- Boufous, S., Finch, C., Hayen, A. y Williamson, A. (2008). Data linkage of hospital and police crash datasets in NSW. *New South Wales Injury Risk Management Research Centre*.
- Boulagouas, W., García-Herrero, S., Chaib, R., Febres, J. D., Mariscal, M. Á., & Djebabra, M. (2020). An investigation into unsafe behaviors and traffic accidents involving unlicensed drivers: a perspective for alignment measurement. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(18), 6743. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186743>
- Brătucu, G., Madar, A., Boşcor, D., Băltescu, C. A., & Neacşu, N. A. (2016). Road safety education in the context of the sustainable development of society: The Romanian case. *Sustainability*, 8(3), 278. <https://doi.org/10.3390/su8030278>
- Brar, S. S. (2014). Estimating the over-involvement of suspended, revoked, and unlicensed drivers as at-fault drivers in California fatal crashes. *Journal of safety research*, 50, 53-58. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2014.03.010>.
- Brijs, T., Karlis, D. y Wets, G. (2008). Studying the effect of weather conditions on daily crash counts using a discrete time-series model. *Accident Analysis & Prevention*, 40(3), 1180-1190. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.01.001>
- Brüde, U. y Larsson, J. (1993). Models for predicting accidents at junctions where pedestrians and cyclists are involved. How well do they fit?. *Accident Analysis & Prevention*, 25(5), 499-509. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(93\)90001-D](https://doi.org/10.1016/0001-4575(93)90001-D)
- Brown, L. H., Khanna, A. y Hunt, R. C. (2000). Rural vs urban motor vehicle crash death rates: 20 years of FARS data. *Prehospital Emergency Care*, 4(1), 7-13.
- Brown, I. D. (1981). The traffic offence as a rational decision: exposure of a problem and suggested countermeasures. *Psychology in Legal Contexts*, 203-222. Macmillan, London. [https://doi.org/10.1007/978-1-349-04917-2\\_13](https://doi.org/10.1007/978-1-349-04917-2_13)
- Brownstone, D. y Fang, H. (2014). A vehicle ownership and utilization choice model with endogenous residential density. *Journal of Transport and Land Use*, 7(2), 135-151.
- Brumbelow, M. L. y Jermakian, J. S. (2022). Injury risks and crashworthiness benefits for females and males: Which differences are physiological?. *Traffic injury prevention*, 23(1), 11-16. <https://doi.org/10.1080/15389588.2021.2004312>
- Buehler, R. y Pucher, J. (2017). Trends in walking and cycling safety: recent evidence from high-income countries, with a focus on the United States and Germany. *American journal of public health*, 107(2), 281-287. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2016.303546>
- Bull, J. P. (1986). Data sources for accident modelling. *Accident Analysis & Prevention*, 18(2), 79-83. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(86\)90051-5](https://doi.org/10.1016/0001-4575(86)90051-5)
- Buxbaum, R. C. y Colton, T. (1966). Relationship of motor vehicle inspection to accident mortality. *JAMA*, 197(1), 31-36. DOI:10.1001/jama.1966.03110010083020

- C. Harris and M. Jenkins, "Gender differences in risk assessment: Why do women take fewer risks than men", *Judg. Dec. Mak.*, vol. 1, no. 1, pp. 48-63, Jul. 2006.
- Cadar, R. D., Boitor, M. R. y Dumitrescu, M. (2017). Effects of traffic volumes on accidents: The case of romania's national roads. *Geographia. Technica*, 12(2), 20-29. [http://dx.doi.org/10.21163/GT\\_2017.122.03](http://dx.doi.org/10.21163/GT_2017.122.03)
- Caliendo, C., Guida, M. y Parisi, A. (2007). A crash-prediction model for multilane roads. *Accident Analysis & Prevention*, 39(4), 657-670. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.10.012>
- Cairns, S., Rahman, S., Anable, J., Chatterton, T. y Wilson, R. E. (2014). Vehicle inspections—from safety device to climate change tool. *UK: TRL*. <https://trl.co.uk/uploads/trl/documents/MIS018---Vehicle-inspections---from-safety-device-to-climate-change-tool.pdf>
- Cambridge Dictionary. (2022). Cambridge University Press 2022. <https://dictionary.cambridge.org/es/>
- Cambridge Systematics Inc. (2009). Pennsylvania's Vehicle Safety Inspection Program Effectiveness Study, March 2009, pp. 1–79.
- Carr, B. R. (1969). A statistical analysis of rural Ontario traffic accidents using induced exposure data. *Accident analysis and prevention*, 1(4), 343-357.
- Carroll, P. S. (1971). *The meaning of driving exposure*. HIT LAB Report. Ann Arbor, MI: University of Michigan. Highway Safety Research Institute, 1–3.
- Carseldine D., Court R. and Graham A. (1992). *Unlicensed drivers in the northern metropolitan area of Sydney: July-August 1991*. Research Note RN 5/92. Sydney: Roads and Traffic Authority of New South Wales.
- Carter, P. M., Flannagan, C. A., Reed, M. P., Cunningham, R. M. y Rupp, J. D. (2014). Comparing the effects of age, BMI and gender on severe injury (AIS 3+) in motor-vehicle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 146-160. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.05.024>
- Catchpole, J., Styles, T., Pyta, V. y Imberger, K. (2005). Exposure and accident risk among older drivers. *Research Report*, (ARR 366).
- Ceder, A. (1982). Relationships between road accidents and hourly traffic flow—II: Probabilistic approach. *Accident Analysis & Prevention*, 14(1), 35-44. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(82\)90005-7](https://doi.org/10.1016/0001-4575(82)90005-7)
- Centers for Disease Control and Prevention. (1999). Motor-vehicle safety: a 20th century public health achievement. *MMWR. Morbidity and mortality weekly report*, 48(18), 369-374.
- Chandraratna, S. y Stamatiadis, N. (2009). Quasi-induced exposure method: evaluation of not-at-fault assumption. *Accident Analysis & Prevention*, 41(2), 308-313.

- Chang, L. Y. y Chen, W. C. (2005). Data mining of tree-based models to analyze freeway accident frequency. *Journal of safety research*, 36(4), 365-375.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2005.06.013>
- Chapman, R. (1973). The concept of exposure. *Accident Analysis & Prevention*, 5(2), 95-110.  
[https://doi.org/10.1016/0001-4575\(73\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0001-4575(73)90018-3)
- Chen, S., Kuhn, M., Prettnner, K., y Bloom, D. E. (2019). The global macroeconomic burden of road injuries: estimates and projections for 166 countries. *The Lancet Planetary Health*, 3(9), 390-398. [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(19\)30170-6](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(19)30170-6)
- Chen, H., Oliver, B. G., Pant, A., Olivera, A., Poronnik, P., Pollock, C. A. y Saad, S. (2022). Effects of air pollution on human health—Mechanistic evidence suggested by in vitro and in vivo modelling. *Environmental Research*, 212, 113378.  
<https://doi.org/10.1016/j.envres.2022.113378>
- Cheung, I., McCartt, A. T., y Braitman, K. A. (2008). Exploring the declines in older driver fatal crash involvement. In *Annals of Advances in Automotive Medicine/Annual Scientific Conference* (Vol. 52, p. 255). Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- Chi, G.B. y Wang, S.Y. (2007). Study on the secular trend of road traffic injuries and its influencing factors in China. *Zhonghualiu Xing Bing Xue Za Zhi*, 28, 148–153.
- Chipman, M. L., MacGregor, C. G., Smiley, A. M. y Lee-Gosselin, M. (1992). Time vs. distance as measures of exposure in driving surveys. *Accident Analysis & Prevention*, 24(6), 679-684.  
[https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90021-A](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90021-A)
- Christensen, P. y Elvik, R. (2007). Effects on accidents of periodic motor vehicle inspection in Norway. *Accident Analysis & Prevention*, 39(1), 47-52.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.06.003>
- Chung, E., Ohtani, O., Warita, H., Kuwahara, M. y Morita, H. (septiembre de 2005). Effect of rain on travel demand and traffic accidents. In *Proceedings. 2005 IEEE Intelligent Transportation Systems, 2005*. (pp. 1080-1083). IEEE.
- Cicchino, J. B. y McCartt, A. T. (2014). Trends in older driver crash involvement rates and survivability in the United States: an update. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 44-54.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.011>
- Cirillo, J. A. (1968). Interstate System Accident Research Study II, Interim Report II. *Public Roads*, 35, 71–75.
- Cirillo, C., Liu, Y. y Tremblay, J. M. (2017). Simulation, numerical approximation and closed forms for joint discrete continuous models with an application to household vehicle ownership and use. *Transportation*, 44(5), 1105-1125. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9696-4>
- Clabaux, N., Fournier, J.Y. y Michel, J.E. (2017). Powered two-wheeler riders' risk of crashes associated with filtering on urban roads. *Traffic Injury Prevention*, 18(2), 182–187.  
<https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1225298>

- Clark, D. E. (2001). Motor vehicle crash fatalities in the elderly: rural versus urban. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 51(5), 896-900.
- Clarke, D. D., Ward, P., Bartle, C., & Truman, W. (2006). Young driver accidents in the UK: The influence of age, experience, and time of day. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 871-878. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2006.02.013>
- Codling, P. y Taylor, J. (1974). Weather and road crashes. *Climatic Resources and Economic Activity*, J. Taylor, 205-222.
- Colton, T. y Buxbaum, R. C. (1968). Motor vehicle inspection and motor vehicle accident mortality. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 58(6), 1090-1099.
- Comisión Especial de Encuesta e Investigación sobre los problemas derivados del uso del automóvil y de la seguridad vial. (1992). *Dictamen de la Comisión Especial de Encuesta e Investigación sobre los problemas derivados del uso del automóvil y de la seguridad vial*. Senado.
- Compton, R. P. y Berning, A. (2015). Drug and alcohol crash risk. *Journal of Drug Addiction, Education, and Eradication*, 11(1), 29.
- Connor, J., Norton, R., Ameratunga, S. y Jackson, R. (2004). The contribution of alcohol to serious car crash injuries. *Epidemiology*, 337-344.
- Cordellieri, P., Baralla, F., Ferlazzo, F., Sgalla, R., Piccardi, L. y Giannini, A. M. (2016). Gender effects in young road users on road safety attitudes, behaviors and risk perception. *Frontiers in psychology*, 7, 1412. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2016.01412>
- Cox, A. E. y Cicchino, J. B. (2021). Continued trends in older driver crash involvement rates in the United States: Data through 2017–2018. *Journal of safety research*, 77, 288-295. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2021.03.013>
- Crompton, J. G., Oyetunji, T. A., Pollack, K. M., Stevens, K., Cornwell, E. E., Efron, D. T., ... y Haider, A. H. (2012). Association between helmets and facial injury after a motorcycle collision: an analysis of more than 40 000 patients from the National Trauma Data Bank. *Archives of Surgery*, 147(7), 674-676. DOI:10.1001/archsurg.2012.894
- Cuerden, R. W., Edwards, M. J. y Pittman, M. B. (2011). *Effects of vehicle defects in road accidents* (No. 565).
- Cuthbert, J. R. (1994). An extension of the induced exposure method of estimating driver risk. *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (Statistics in Society)*, 157(2), 177-190. <https://doi.org/10.2307/2983357>
- Dandona, R., Kumar, G. A., Ameer, M. A., Reddy, G. B. y Dandona, L. (2008). Under-reporting of road traffic injuries to the police: results from two data sources in urban India. *Injury prevention*, 14(6), 360-365. <http://dx.doi.org/10.1136/ip.2008.019638>
- Das, S., Geedipally, S. R., Dixon, K., Sun, X. y Ma, C. (2019). Measuring the effectiveness of vehicle inspection regulations in different states of the US. *Transportation research record*, 2673(5), 208-219. <https://doi.org/10.1177/0361198119841563>

- de Rome, L., Ivers, R., Fitzharris, M., Haworth, N., Heritier, S. y Richardson, D. (2012). Effectiveness of motorcycle protective clothing: Riders' health outcomes in the six months following a crash. *Injury*, 43(12), 2035-2045. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2011.10.025>
- de Rome, L. y Senserrick, T. (2011). Factors associated with motorcycle crashes in New South Wales, Australia, 2004 to 2008. *Transportation research record*, 2265(1), 54-61. <https://doi.org/10.3141/2265-06>
- DeJoy, D. M. (1992). An examination of gender differences in traffic accident risk perception. *Accident Analysis & Prevention*, 24(3), 237-246. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90003-2](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90003-2)
- Delbosc, A. y Currie, G. (2014). Changing demographics and young adult driver license decline in Melbourne, Australia (1994–2009). *Transportation*, 41(3), 529-542. <https://doi.org/10.1007/s11116-013-9496-z>
- Demmel, S., Freeman, J., Larue, G. S. y Rakotonirainy, A. (2019). Evaluation of in-vehicle technologies to prevent unlicensed driving in Queensland and Victoria. *Accident Analysis & Prevention*, 127, 210-222. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2019.02.023>
- Detho, A., Samo, S. R., Mukwana, K. C., Samo, K. A., & Abubaker, M. H. (2019). Road Traffic Accidents (RTAS) Safety Issues On Highways: A Review. *Quaid-E-Awam University Research Journal of Engineering, Science & Technology, Nawabshah.*, 17(01), 34-40.
- DeYoung, D. J., Peck, R. C. y Helander, C. J. (1997). Estimating the exposure and fatal crash rates of suspended/revoked and unlicensed drivers in California. *Accident Analysis & Prevention*, 29(1), 17-23. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(96\)00056-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(96)00056-5)
- DeYoung, D. J. (1999). An evaluation of the specific deterrent effects of vehicle impoundment on suspended, revoked, and unlicensed drivers in California. *Accident Analysis & Prevention*, 31(1-2), 45-53. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(98\)00043-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(98)00043-8)
- Dirección General de Tráfico, 2014a. Cuestiones de seguridad vial, conducción eficiente, medio ambiente y contaminación. Ministerio del Interior. Disponible en: [http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursospara-profesores-y-directores-deautoescuelas/doc/XIV\\_Curso\\_25\\_CuestionesSegVial.pdf](http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursospara-profesores-y-directores-deautoescuelas/doc/XIV_Curso_25_CuestionesSegVial.pdf)
- Dirección General de Tráfico. (2011). *Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020*. DGT.
- Dirección General de Tráfico. (2021). *Informe de Evaluación del cumplimiento de la "Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020" de la Dirección General de Tráfico*. DGT.
- Dirección General de Tráfico. (2022). *Las principales cifras de la siniestralidad 2020*. DGT.
- Doherty, S. T., Andrey, J. C. y Marquis, J. C. (1993). Driver adjustments to wet weather hazards. *Climatological Bulletin*, 27(3), 154-164.
- Doroudgar, S., Chuang, H. M., Perry, P. J., Thomas, K., Bohnert, K. y Canedo, J. (2017). Driving performance comparing older versus younger drivers. *Traffic injury prevention*, 18(1), 41-46. <https://doi.org/10.1080/15389588.2016.1194980>



- Drew, A., Sleek, S. y Mikulak, A. (2016). When the majority becomes the minority. *APS Observer*, 29.
- Eby, D. W. y Molnar, L. J. (octubre de 2008). Safe Mobility of Older Adults. In *Transportation Research Board's Impact of Changing Demographics on the Transportation System Conference, Washington, DC*.
- Edwards, J. B. (1999). Speed adjustment of motorway commuter traffic to inclement weather. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 2(1), 1-14. [https://doi.org/10.1016/S1369-8478\(99\)00003-0](https://doi.org/10.1016/S1369-8478(99)00003-0)
- Eisenberg, D. (2004). The mixed effects of precipitation on traffic crashes. *Accident analysis & prevention*, 36(4), 637-647. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(03\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(03)00085-X)
- Eisenberg, D. y Warner, K. E. (2005). Effects of snowfalls on motor vehicle collisions, injuries, and fatalities. *American journal of public health*, 95(1), 120-124. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2004.048926>
- Elvik, R. y Mysen, A. (1999). Incomplete accident reporting: meta-analysis of studies made in 13 countries. *Transportation research record*, 1665(1), 133-140. <https://doi.org/10.3141/1665-18>
- Elvik, R., Vaa, T., Høy, A. y Sørensen, M. (2009). *The handbook of road safety measures*. Emerald Group Publishing. (2 ed.). Emerald Group.
- Elvik, R. (2015). Some implications of an event-based definition of exposure to the risk of road accident. *Accident analysis & prevention*, 76, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.12.011>
- Elvik, R., Høy, A., Vaa, T., Sørensen, M. y Monclús González, J. (2006). *El Manual de Medidas de Seguridad Vial* (2a ed). FITSA.
- Environmental Protection Administration. (20 de agosto de 2011). *Information system for the regular inspection of motorcycle exhaust system*. [https://motor.epa.gov.tw/english\\_info.aspx](https://motor.epa.gov.tw/english_info.aspx)
- European Commission. (2015). *Mobility and Transport. Older Drivers*.
- European Commission. (11 de junio de 2020). *2019 road safety statistics: what is behind the figures?*.
- European Commission. (2020). *Older drivers: Risky or at risk? 2009*. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_20\\_1004](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_1004)
- EUROSTAT. (2010). *United Nations Economic Commission for Europe (2010) Illustrated glossary for transport statistics 4th edition*.
- Evans, L. (1988). Older driver involvement in fatal and severe traffic crashes. *Journal of gerontology*, 43(6), S186-S193. <https://doi.org/10.1093/geronj/43.6.S186>
- Evans, L. (1991). *Traffic safety and the driver*. Science Serving Society.

- Evans, L. (1996). Safety-belt effectiveness: the influence of crash severity and selective recruitment. *Accident Analysis & Prevention*, 28(4), 423-433. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(96\)00006-1](https://doi.org/10.1016/0001-4575(96)00006-1)
- Evans, L. (2000). Risks older drivers face themselves and threats they pose to other road users. *International journal of epidemiology*, 29(2), 315-322. <https://doi.org/10.1093/ije/29.2.315>
- Ewing, R. y Cervero, R. (2010). Travel and the Built Environment, Journal of the American Planning Association.
- Farmer, C. M. y Lund, A. K. (2006). Trends over time in the risk of driver death: what if vehicle designs had not improved?. *Traffic injury prevention*, 7(4), 335-342. <https://doi.org/10.1080/15389580600943369>
- Federal Office of Road Safety. (1997). *Road behaviour of unlicensed motorists involved in fatal crashes*. Federal Office of Road Safety, Canberra.
- Finch, D. J., Kompfner, P., Lockwood, C. R., y Maycock, G. (1994). Speed, speed limits and accidents. *TRL project report*, (PR 58).
- Fosser, S. (1992). An experimental evaluation of the effects of periodic motor vehicle inspection on accident rates. *Accident Analysis & Prevention*, 24(6), 599-612. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90012-8](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90012-8)
- Fraade-Blanar, L. A., Ebel, B. E., Larson, E. B., Sears, J. M., Thompson, H. J., Chan, K. C. G. y Crane, P. K. (2018). Cognitive decline and older driver crash risk. *Journal of the American Geriatrics Society*, 66(6), 1075-1081. <https://doi.org/10.1111/jgs.15378>
- Frampton, A. (2003). Who can drive home from the emergency department? A questionnaire based study of emergency physicians' knowledge of DVLA guidelines. *Emergency medicine journal*, 20(6), 526-530. <http://dx.doi.org/10.1136/emj.20.6.526>
- Frändberg, L. y Vilhelmson, B. (2011). More or less travel: personal mobility trends in the Swedish population focusing gender and cohort. *Journal of transport Geography*, 19(6), 1235-1244. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2011.06.004>
- Frantzeskakis, J. M. y Iordanis, D. I. (1987). Volume-to-capacity ratio and traffic accidents on interurban four-lane highways in Greece. *Transportation Research Record*, 1112, 29-38.
- Fridstrøm, L. y Ingebrigtsen, S. (1991). An aggregate accident model based on pooled, regional time-series data\*. *Accident Analysis & Prevention*, 23(5), 363-378. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90057-C](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90057-C)
- Fridstrøm, L., Ifver, J., Ingebrigtsen, S., Kulmala, R. y Thomsen, L. K. (1995). Measuring the contribution of randomness, exposure, weather, and daylight to the variation in road accident counts. *Accident Analysis & Prevention*, 27(1), 1-20. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)E0023-E](https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)E0023-E)

- Fu, J., Anderson, C. L., Dziura, J. D., Crowley, M. J. y Vaca, F. E. (2012). Young unlicensed drivers and passenger safety restraint use in us Fatal crashes: concern for risk spillover effect?. In *Annals of Advances in Automotive Medicine/Annual Scientific Conference* (Vol. 56, p. 37). Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- Fuchs, V. R. y Leveson, I. (1967). Motor accident mortality and compulsory inspection of vehicles. *JAMA*, 201(9), 657-661. DOI:10.1001/jama.1967.03130090021005
- Gatersleben, B. (2011). *The car as a material possession: Exploring the link between materialism and car ownership and use*. Auto motives (pp. 137-148). Emerald Group Publishing Limited.
- Global Burden of Disease. (2020). Global burden of 87 risk factors in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet*, 396(10258), 1223-1249. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30752-2](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30752-2)
- Gicquel, L., Ordonneau, P., Blot, E., Toillon, C., Ingrand, P. y Romo, L. (2017). Description of various factors contributing to traffic accidents in youth and measures proposed to alleviate recurrence. *Frontiers in psychiatry*, 8, 94. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2017.00094>
- Gibson, J. J. (1961). The contribution of experimental psychology to the formulation of the problem of safety—a brief for basic research. *Behavioral approaches to accident research*, 1(61), 77-89.
- Giles-Corti, B., Vernez-Moudon, A., Reis, R., Turrell, G., Dannenberg, A. L., Badland, H., ... & Owen, N. (2016). City planning and population health: a global challenge. *The lancet*, 388(10062), 2912-2924. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)30066-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)30066-6)
- Glassbrenner, D. (2002). *Safety belt and helmet use in 2002: overall results*. National Highway Traffic Safety Administration.
- Glendon, A. I., McNally, B., Jarvis, A., Chalmers, S. L. y Salisbury, R. L. (2014). Evaluating a novice driver and pre-driver road safety intervention. *Accident Analysis & Prevention*, 64, 100-110. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.11.017>
- González-Iglesias, B., Gómez-Fraguela, J. A. y Luengo-Martín, M. Á. (2012). Driving anger and traffic violations: Gender differences. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 15(4), 404-412. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.03.002>
- González-Sánchez, G., Maeso-González, E., Olmo-Sánchez, M. I., Gutiérrez-Bedmar, M., Mariscal, A. y García-Rodríguez, A. (2018). Road traffic injuries, mobility and gender. Patterns of risk in Southern Europe. *Journal of Transport & Health*, 8, 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.11.147>
- Gordon, J. E. (1949). The epidemiology of accidents. *American Journal of Public Health and the Nations Health*, 39(4), 504-515.
- Greenwood, M., y Yule, G. U. (1920). An inquiry into the nature of frequency distributions representative of multiple happenings with particular reference to the occurrence of multiple attacks of disease or of repeated accidents. *Journal of the Royal statistical society*, 83(2), 255-279. <https://doi.org/10.2307/2341080>

- Gregersen, N. P., Berg, H. Y., Engström, I., Nolén, S., Nyberg, A. y Rimmö, P. A. (2000). Sixteen years age limit for learner drivers in Sweden—an evaluation of safety effects. *Accident Analysis & Prevention*, 32(1), 25-35. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(99\)00045-7](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(99)00045-7)
- Griffin, L. I. y DeLaZerda, S. (2000). *Unlicensed to kill*. Washington, DC: AAA Foundation for Traffic Safety.
- Gwynn, D. W. (1967). Relationship of accident rates and accident involvements with hourly volumes. *Traffic Quarterly*, 21(3).
- Haddak, M. M. (2016). Exposure-based Road Traffic Fatality Rates by Mode of Travel in France. *Transportation Research Procedia*, 14, 2025–2034. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.170>
- Haddon, W. (1964). Accident research, methods and approaches.
- Haddon, W. (1972). A logical framework for categorizing highway safety phenomena and activity. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 12(3), 193-207.
- Haddon, W. (1974). Strategy in preventive medicine: passive vs. active approaches to reducing human wastage. *Journal of Trauma and Acute Care Surgery*, 14(4), 353-354.
- Haddon, W. (1980). Advances in the epidemiology of injuries as a basis for public policy. *Public health reports*, 95(5), 411.
- Hanna, C. L., Taylor, D. M., Sheppard, M. A. y Laflamme, L. (2006). Fatal crashes involving young unlicensed drivers in the US. *Journal of safety research*, 37(4), 385-393. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2006.05.007>
- Hanna, C. L., Hasselberg, M., Laflamme, L. y Möller, J. (2010). Road traffic crash circumstances and consequences among young unlicensed drivers: a Swedish cohort study on socioeconomic disparities. *BMC Public Health*, 10(1), 1-8. <https://doi.org/10.1186/1471-2458-10-14>
- Hanbali, R. M. (1994). Economic impact of winter road maintenance on road users. *Transportation Research Record*, 1442, 151-161.
- Haque, M. M., Chin, H. C. y Huang, H. (2009). Modeling fault among motorcyclists involved in crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 41(2), 327-335. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.12.010>
- Harkey, D. L., Robertson, H. D. y Davis, S. E. (1990). Assessment of current speed zoning criteria. *Transportation Research Record*, 1281, 40–51.
- Harris, C. R. y Jenkins, M. (2006). Gender differences in risk assessment: why do women take fewer risks than men?.
- Harrison, W. A. (1997). An exploratory investigation of the crash involvement of disqualified drivers and motorcyclists. *Journal of safety research*, 28(3), 213-219. [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(97\)80011-4](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(97)80011-4)

- Hasselberg, M. y Laflamme, L. (2009). How do car crashes happen among young drivers aged 18–20 years? Typical circumstances in relation to license status, alcohol impairment and injury consequences. *Accident Analysis & Prevention*, 41(4), 734-738. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.03.012>
- Hauer, E. (1982). Traffic conflicts and exposure. *Accident Analysis & Prevention*, 14(5), 359-364. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(82\)90014-8](https://doi.org/10.1016/0001-4575(82)90014-8)
- Havârneanu, G. M., & Havârneanu, C. E. (2012). When norms turn perverse: Contextual irrationality vs. rational traffic violations. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 15(2), 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2011.12.003>
- Haworth, N. y Debnath, A. K. (2013). How similar are two-unit bicycle and motorcycle crashes?. *Accident Analysis & Prevention*, 58, 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.014>
- Head, J. A. (1959). Predicting traffic accidents from roadway elements on urban extensions of state highways. *Highway Research Board Bulletin*, 208, 45-63.
- Herger, N. (2020). On the ecological fallacy in discrete-choice models. *Journal of choice modelling*, 34, 100201. <https://doi.org/10.1016/j.jocm.2019.100201>
- Hermans, E., Wets, G. y Van den Bossche, F. (2006). Frequency and severity of Belgian road traffic accidents studied by state-space methods. *Journal of Transportation and Statistics*, 9(1), 63.
- Hing, J. Y. C., Stamatiadis, N., & Aultman-Hall, L. (2003). Evaluating the impact of passengers on the safety of older drivers. *Journal of safety research*, 34(4), 343-351. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2003.09.011>
- Hjorthol, R. (2016). Decreasing popularity of the car? Changes in driving licence and access to a car among young adults over a 25-year period in Norway. *Journal of Transport Geography*, 51, 140-146. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2015.12.006>
- Hoagland, A. y Woolley, T. (2018). It's No Accident: Evaluating the Effectiveness of Vehicle Safety Inspections. *Contemporary Economic Policy*, 36(4), 607-628. <https://doi.org/10.1111/coep.12284>
- Howard, R. W. (2014). Learning curves in highly skilled chess players: A test of the generality of the power law of practice. *Acta Psychologica*, 151, 16-23. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.05.013>
- Huang, H., Siddiqui, C y Abdel-Aty, M. (2011). Indexing crash worthiness and crash aggressivity by vehicle type. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1364-1370. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.02.010>
- Hutton, B., Catala-Lopez, F. y Moher, D. (2016). The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc)*, 147(6), 262-266. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2016.02.025>
- International Road Traffic and Accident Data (IRTAD) (1992). *Definitions and data availability, Special Report*. OECD-RTR. Road Transport Programme, BAST, Bergisch Gladbach.

- Ionut, R. A., Corneliu, C. y Bogdan, T. (2017). Influence of Head Restraint Position in case of Rear End Collision and its Effects upon the Whiplash Phenomenon. *University Transilvania of Brasov, Romania*.
- Iversen, H. y Rundmo, T. (2002). Personality, risky driving and accident involvement among Norwegian drivers. *Personality and individual Differences*, 33(8), 1251-1263.  
[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00010-7](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00010-7)
- James, S. L., Lucchesi, L. R., Bisignano, C., Castle, C. D., Dingels, Z. V., Fox, J. T., ... y Mokdad, A. H. (2020). Morbidity and mortality from road injuries: results from the Global Burden of Disease Study 2017. *Injury prevention*, 26(Suppl 2), 146-156.  
<http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2019-043302>
- Jarosíński, W. (2014). Periodic technical inspections of vehicles and road traffic safety with the number of road accidents involving fatalities. *Eksploatacja i Niezawodność*, 16(1).  
[https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-91933f95-c8e7-4e67-ad26-7e47f2e5ff9f/c/Jarosinski\\_eng.pdf](https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-91933f95-c8e7-4e67-ad26-7e47f2e5ff9f/c/Jarosinski_eng.pdf)
- Jiang, X. y Lyles, R. W. (2010). A review of the validity of the underlying assumptions of quasi-induced exposure. *Accident Analysis & Prevention*, 42(4), 1352-1358.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.02.016>
- Jiang, X., Lyles, R. W. y Guo, R. (2014). A comprehensive review on the quasi-induced exposure technique. *Accident Analysis & Prevention*, 65, 36-46.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.12.008>
- Jiménez Mejías, E. (2011). *Estudio de la movilidad, accidentalidad y sus factores asociados en estudiantes de la Universidad de Granada*. (Tesis de Doctorado). Universidad de Granada.  
<https://digibug.ugr.es/handle/10481/34167>
- Jiménez-Mejías, E., Prieto, C. A., Martínez-Ruiz, V., del Castillo, J. D. D. L., Lardelli-Claret, P. y Jiménez-Moleón, J. J. (2014). Gender-related differences in distances travelled, driving behaviour and traffic accidents among university students. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 27, 81-89. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2014.09.008>
- Jimenez-Moleon, J. J., Lardelli-Claret, P., Luna-del-Castillo Jde, D., Garcia-Martin, M., Bueno-Cavanillas, A. y Galvez-Vargas, R. (2004). The effect of age, sex, and experience on the risk of causing a car collision in drivers aged 18-24 years old. *Gaceta Sanitaria*, 18(3), 166-176.  
 DOI:10.1157/13063092
- Jiménez-Moleón, J. J. y Lardelli-Claret, P. (2007). ¿Cómo puede ayudar la medicina? Epidemia de los accidentes de tráfico. *Medicina clínica*, 128(5), 178-180.
- Joly, M. F., Joly, P., Bergeron, J., Desjardins, D., Ekoe, J. M. y Ghadirian, P. (1991). L'exposition au risque d'accident de la route, un paramètre épidémiologique fondamental et difficile à mesurer. *Revue d'épidémiologie et de santé publique*, 39(3), 307-313.
- Jang, R. W., Man-Son-Hing, M., Molnar, F. J., Hogan, D. B., Marshall, S. C., Auger, J., ... y Naglie, G. (2007). Family physicians' attitudes and practices regarding assessments of medical fitness

to drive in older persons. *Journal of general internal medicine*, 22(4), 531-543.  
<https://doi.org/10.1007/s11606-006-0043-x>

Jones, A. W., Morland, J. G. y Liu, R. H. (2020). *Alcohol, Drugs, and Impaired Driving: Forensic Science and Law Enforcement Issues*. CRC Press.

Joyce, N. R., Pfeiffer, M. R., Zullo, A. R., Ahluwalia, J. y Curry, A. E. (2020). Individual and geographic variation in Driver's license suspensions: evidence of disparities by race, ethnicity and income. *Journal of transport & health*, 19, 100933.  
<https://doi.org/10.1016/j.jth.2020.100933>

Keall, M. D. y Newstead, S. (2013). An evaluation of costs and benefits of a vehicle periodic inspection scheme with six-monthly inspections compared to annual inspections. *Accident Analysis & Prevention*, 58, 81-87. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.04.036>

Keay, K. y Simmonds, I. (2005). The association of rainfall and other weather variables with road traffic volume in Melbourne, Australia. *Accident analysis & prevention*, 37(1), 109-124.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2004.07.005>

Keay, K., & Simmonds, I. (2006). Road accidents and rainfall in a large Australian city. *Accident Analysis & Prevention*, 38(3), 445-454. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2005.06.025>

Keeler, T. E. (1994). Highway safety, economic behavior, and driving environment. *The American Economic Review*, 84(3), 684-693.

Khan, A. B., Agrawal, R., Jain, S. S. y Choudhary, A. (2021). Review of distracted driving in young drivers: strategies for management of behavioural patterns. *International Journal of Crashworthiness*, 1-13. <https://doi.org/10.1080/13588265.2021.1926847>

Khattak, A. J. y Knapp, K. K. (2001). Interstate highway crash injuries during winter snow and nonsnow events. *Transportation Research Record*, 1746(1), 30-36.  
<https://doi.org/10.3141/1746-05>

Kim, S. y Kim, K. (2003). Personal, temporal and spatial characteristics of seriously injured crash-involved seat belt non-users in Hawaii. *Accident Analysis & Prevention*, 35(1), 121-130.  
[https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00097-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00097-5)

Kirchstetter, T. W., Aguiar, J., Tonse, S., Fairley, D. y Novakov, T. (2008). Black carbon concentrations and diesel vehicle emission factors derived from coefficient of haze measurements in California: 1967–2003. *Atmospheric Environment*, 42(3), 480-491.  
<https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.09.063>

Kloeden, C. N., McLean, J. y Glonek, G. F. V. (2002). *Reanalysis of travelling speed and the risk of crash involvement in Adelaide South Australia*. Australian Transport Safety Bureau.

Kloeden, C. N., McLean, A. J., Moore, V. M. y Ponte, G. (1997). Travelling speed and the risk of crash involvement volume 2-case and reconstruction details. *Adelaide: NHMRC Road Accident Research Unit, The University of Adelaide*.

Kloeden, C. N., Ponte, G. y McLean, J. (2001). *Travelling speed and risk of crash involvement on rural roads*. Australian Transport Safety Bureau.

- Knox, D., Turner, B., Silcock, D., Beuret, K. y Metha, J. (2003). *Research into unlicensed driving*. Department for Transport. <https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/ukgwa/+http://www.dft.gov.uk/pgr/roadsafety/research/rsrr/theme2/researchintounlicensedreport.pdf>
- Koppel, S., Bohensky, M., Langford, J. y Taranto, D. (2011). Older drivers, crashes and injuries. *Traffic injury prevention*, 12(5), 459-467. <https://doi.org/10.1080/15389588.2011.580802>
- Laapotti, S., Keskinen, E. y Rajalin, S. (2003). Comparison of young male and female drivers' attitude and self-reported traffic behaviour in Finland in 1978 and 2001. *Journal of safety research*, 34(5), 579-587. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2003.05.007>
- Lambert, T. E. y Meyer, P. B. (2006). Ex-urban sprawl as a factor in traffic fatalities and EMS response times in the southeastern United States. *Journal of Economic Issues*, 40(4), 941-953. <https://doi.org/10.1080/00213624.2006.11506968>
- Lambert, T. E. y Meyer, P. B. (2008). New and fringe residential development and emergency medical services response times in the United States. *State and Local Government Review*, 40(2), 115-124. <https://doi.org/10.1177/0160323X0804000205>
- Langley, J., Stephenson, S. y Cryer, C. (2003). Measuring road traffic safety performance: monitoring trends in nonfatal injury. *Traffic Injury Prevention*, 4(4), 291-296. <https://doi.org/10.1080/714040487>
- Lanzendorf, M. (2010). Key events and their effect on mobility biographies: The case of childbirth. *International Journal of Sustainable Transportation*, 4(5), 272-292. <https://doi.org/10.1080/15568310903145188>
- Lardelli-Claret, P., de Dios Luna-del-Castillo, J., Jiménez-Mejías, E., Pulido-Manzanero, J., Barrio-Anta, G., García-Martín, M. y Jiménez-Moleón, J. J. (2011). Comparison of two methods to assess the effect of age and sex on the risk of car crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1555-1561. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.03.011>
- Lardelli-Claret, P., Jiménez-Moleon, J. J., de Dios Luna-del-Castillo, J., García-Martín, M., Moreno-Abril, O. y Bueno-Cavanillas, A. (2006). Comparison between two quasi-induced exposure methods for studying risk factors for road crashes. *American journal of epidemiology*, 163(2), 188-195. <https://doi.org/10.1093/aje/kwj015>
- Law, T. H., Noland, R. B. y Evans, A. W. (2011). The sources of the Kuznets relationship between road fatalities and economic growth. *Journal of Transport Geography*, 19(2), 355-365. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.02.004>
- Li, G., Braver, E. R. y Chen, L. H. (2003). Fragility versus excessive crash involvement as determinants of high death rates per vehicle-mile of travel among older drivers. *Accident Analysis & Prevention*, 35(2), 227-235. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00107-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00107-5)
- Licaj, I., Haddak, M., Pochet, P. y Chiron, M. (2011). Contextual deprivation, daily travel and road traffic injuries among the young in the Rhône Département (France). *Accident Analysis & Prevention*, 43(5), 1617-1623. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.02.003>



- Liu, H., Li, Z. y Zheng, L. (2008). Rapid preliminary helmet shell design based on three-dimensional anthropometric head data. *Journal of Engineering Design*, 19(1), 45-54. <https://doi.org/10.1080/09544820601186088>
- Liu, Y., Tremblay, J. M. y Cirillo, C. (2014). An integrated model for discrete and continuous decisions with application to vehicle ownership, type and usage choices. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 69, 315-328. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2014.09.001>
- López-Muñiz Goñi, M. (1995). *Accidentes de tráfico: problemática e investigación*. Colex, Madrid.
- Loeb, P. D. (1985). The efficacy and cost effectiveness of motor vehicle inspection using cross-sectional data: an econometric analysis. *Southern Economic Journal*, 500-509.
- Lyles, R. W., Stamatiadis, P. y Lighthizer, D. R. (1991). Quasi-induced exposure revisited. *Accident Analysis & Prevention*, 23(4), 275-285. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(91\)90005-P](https://doi.org/10.1016/0001-4575(91)90005-P)
- Lyman, S., Ferguson, S. A., Braver, E. R. y Williams, A. F. (2002). Older driver involvements in police reported crashes and fatal crashes: trends and projections. *Injury prevention*, 8(2), 116-120. <http://dx.doi.org/10.1136/ip.8.2.116>
- Lo, K. H. (2021). Gendering Mopeds in Taiwan. *Automotive History*, 34.
- Mahmassani, H. S., Dong, J., Kim, J., Chen, R. B. y Park, B. (2009). Incorporating weather impacts in traffic estimation and prediction systems. *US Department of Transport, Washington*, 108.
- Majdan, M., Rusnak, M., Rehorcikova, V., Brazinova, A., Leitgeb, J. y Mauritz, W. (2015). Epidemiology and patterns of transport-related fatalities in Austria 1980–2012. *Traffic injury prevention*, 16(5), 450-455. <https://doi.org/10.1080/15389588.2014.962133>
- Malek-Ahmadi, M. y DeGiorgio, L. (2015). Risk of alcohol abuse in urban versus rural DUI offenders. *The American journal of drug and alcohol abuse*, 41(4), 353-357. <https://doi.org/10.3109/00952990.2015.1043436>
- Malenfant, J. L., Van Houten, R. y Jonah, B. (2002). A study to measure the incidence of driving under suspension in the Greater Moncton area. *Accident Analysis & Prevention*, 34(4), 439-447. [https://doi.org/10.1016/s0001-4575\(01\)00041-0](https://doi.org/10.1016/s0001-4575(01)00041-0)
- Martín-de-Los Reyes, L. M., Martínez-Ruiz, V., Lardelli-Claret, P., Moreno-Roldán, E., Molina-Soberanes, D. y Jiménez-Mejías, E. (2018). Association between type of vehicle and the risk of provoking a collision between vehicles. *Gaceta Sanitaria*, 34(4), 350-355. DOI: 10.1016/j.gaceta.2018.10.007
- Martín-delosReyes, L. M., Jiménez-Mejías, E., Martínez-Ruiz, V., Moreno-Roldán, E., Molina-Soberanes, D. y Lardelli-Claret, P. (2019). Efficacy of training with driving simulators in improving safety in young novice or learner drivers: A systematic review. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 62, 58-65. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.12.006>

- Martin, J. L. (2002). Relationship between crash rate and hourly traffic flow on interurban motorways. *Accident Analysis & Prevention*, 34(5), 619-629. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(01\)00061-6](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(01)00061-6)
- Martínez-Ruiz, V., Lardelli-Claret, P., Molina-Soberanes, D., Martín-de-los-Reyes, L. M., Moreno-Roldán, E. y Jiménez-Mejías, E. (2022). How many collateral casualties are associated with road users responsible for road crashes?. *Gaceta Sanitaria*, 35, 250-255. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.gaceta.2019.09.00611>
- Martinussen, L. M., Hakamies-Blomqvist, L., Møller, M., Özkan, T. y Lajunen, T. (2013). Age, gender, mileage and the DBQ: The validity of the Driver Behavior Questionnaire in different driver groups. *Accident Analysis & Prevention*, 52, 228-236. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.12.036>
- Massie, D. L., Campbell, K. L. y Williams, A. F. (1995). Traffic accident involvement rates by driver age and gender. *Accident Analysis & Prevention*, 27(1), 73-87. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(94\)00050-V](https://doi.org/10.1016/0001-4575(94)00050-V)
- Mastinu, G. y Plöchl, M. (2014). *Road and off-road vehicle system dynamics handbook*. CRC press.
- Mateos-Granados, J., Martín-delosReyes, L. M., Rivera-Izquierdo, M., Jiménez-Mejías, E., Martínez-Ruiz, V. y Lardelli-Claret, P. (2021). Sex differences in the amount and patterns of car-driving exposure in Spain, 2014 to 2017: an application of a quasi-induced exposure approach. *International journal of environmental research and public health*, 18(24), 13255. <https://doi.org/10.3390/ijerph182413255>
- Maycock, G. (1992). Accident liability. *A key indicator for road safety planning*. *Routes/Roads*, 277, 52-53.
- Maycock, G., Brocklebank, P. J. y Hall, R. D. (1998). Road layout design standards and driver behaviour. In *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Transport (Vol. 135, No. 3, pp. 115-122)*. Thomas Telford-ICE Virtual Library.
- McGuckin, N. A. y Fucci, A. (2018). *Summary of travel trends: 2017 national household travel survey*. US Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- Miller, T. R. y Blewden, M. (2001). Costs of alcohol-related crashes: New Zealand estimates and suggested measures for use internationally. *Accident Analysis & Prevention*, 33(6), 783-791. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00092-0](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00092-0)
- Miller, T. R., Lestina, D. C. y Spicer, R. S. (1998). Highway crash costs in the United States by driver age, blood alcohol level, victim age, and restraint use. *Accident Analysis & Prevention*, 30(2), 137-150. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00093-6](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00093-6)
- Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno. (1993). *Orden de 18 de febrero de 1993 por la que se modifica la estadística de accidentes de circulación*. Boletín Oficial del Estado.
- Minton, J. y Clark, J. (2018). Driving segregation: age, gender and emerging inequalities. In *Geographies of Transport and Ageing (pp. 25-50)*. Palgrave Macmillan, Cham.

- Mokdad, A. H., Forouzanfar, M. H., Daoud, F., Mokdad, A. A., El Bcheraoui, C., Moradi-Lakeh, M., ... & Murray, C. J. (2016). Global burden of diseases, injuries, and risk factors for young people's health during 1990–2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *The Lancet*, 387(10036), 2383-2401. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(16\)00648-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(16)00648-6)
- Montoro, L., Alonso, F., Esteban, C., y Toledo, F. (2000). *Manual de seguridad vial: El factor humano*. Ariel-INTRAS.
- Munden, J. M. (1967). *The relation between a driver's speed and his accident rate*. RRL Report LR 88. Crowthorne, Berkshire, Road Research Laboratory.
- Muni, K. M., Ningwa, A., Osuret, J., Zziwa, E. B., Namatovu, S., Biribawa, C., ... y Kobusingye, O. (2021). Estimating the burden of road traffic crashes in Uganda using police and health sector data sources. *Injury prevention*, 27(3), 208-214. <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2020-043654>
- National Highway Traffic Safety Administration. (2001). Counts for Air Bag Related Fatalities and Seriously Injured Persons. *Report NHTSA, Washington*.
- National Highway Traffic Safety Administration. (2013). How vehicle age and model year relate to driver injury severity in fatal crashes. *National Highway Traffic Safety Administration: Washington, DC, USA*, 1-7.
- Newgard, C. D. (2008). Defining the “older” crash victim: The relationship between age and serious injury in motor vehicle crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 40(4), 1498-1505. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2008.03.010>
- Newstead, S., Watson, L. y Cameron, M. (2011). Trends in crashworthiness of the New Zealand vehicle fleet by year of manufacture: 1964 to 2009. *Supplement to Report*, 304.
- Nilsson, G. (1981). The effects of speed limits on traffic accidents in Sweden. Proceedings. In *International Symposium on the Effects of Speed Limits on Traffic Crashes and Fuel Consumption*.
- Obeng, K. (2011). Gender differences in injury severity risks in crashes at signalized intersections. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1521–1531. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.03.004>
- Oh, S., Vaughn, M. G., Salas-Wright, C. P., AbiNader, M. A. y Sanchez, M. (2020). Driving under the influence of alcohol: findings from the NSDUH, 2002–2017. *Addictive behaviors*, 108, 106439. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2020.106439>
- Ohlsson, S. (1996). Learning from performance errors. *Psychological review*, 103(2), 241.
- Oltedal, S., & Rundmo, T. (2006). The effects of personality and gender on risky driving behaviour and accident involvement. *Safety science*, 44(7), 621-628. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.12.003>
- Organización Mundial de la Salud. (1957). *Accidents in Childhood, Facts as a Basis of Prevention*. Ginebra: OMS.

- Organización Mundial de la Salud. (2009). *Informe sobre la situación mundial de la seguridad vial: es hora de pasar a la acción*. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.
- Organización Mundial de la Salud. (2010). *Sistemas de Datos: Manual de seguridad vial para decisores y profesionales*.
- Organización Mundial de la Salud. (2011). *Decenio de Acción para la Seguridad Vial 2011-2020*. OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (2019). *International statistical classification of diseases and health problems*. (11a ed.). <https://icd.who.int/>
- Organización Mundial de la Salud. (2021). *Global Plan for the Decade of Action for Road Safety 2021-2030*. OMS.
- Organización Mundial de la Salud. (21 de junio de 2021). *Traumatismos causados por el tránsito*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Organización Mundial de la Salud. (9 de diciembre de 2020). *Las 10 principales causas de defunción*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/the-top-10-causes-of-death>
- Oviedo-Trespalacios, O., & Scott-Parker, B. (2018). The sex disparity in risky driving: A survey of Colombian young drivers. *Traffic injury prevention*, 19(1), 9-17. <https://doi.org/10.1080/15389588.2017.1333606>
- Oxford English Dictionary. (2020). OED: The Oxford English Dictionary. <http://www.oed.com/>
- Paefgen, J., Staake, T. y Fleisch, E. (2014). Multivariate exposure modeling of accident risk: Insights from Pay-as-you-drive insurance data. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 61, 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2013.11.010>
- Page, Y. (2001). A statistical model to compare road mortality in OECD countries. *Accident Analysis & Prevention*, 33(3), 371-385. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(00\)00051-8](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(00)00051-8)
- Parlamento Europeo. (2006). *Directive 2006/126/EC of the European Parliament and of the Council of 20 December 2006 on driving licenses including more recent amendments*. <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=URISERV:l24141>
- Parlamento Europeo. (2014). *Directiva 2014/45/UE del parlamento europeo y del consejo de 3 de abril de 2014 relativa a las inspecciones técnicas periódicas de los vehículos de motor y de sus remolques, y por la que se deroga la directiva 2009/40/CE* <https://www.boe.es/doue/2014/127/L00051-00128.pdf>
- Parlamento Europeo. (2016). *Decisión Unión Europea 2016/1945 de la comisión de 14 de octubre de 2016 sobre las equivalencias entre categorías de permisos de conducción*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016D1945&from=SL>
- Pasanen, E. (1996). Bicycle/car-accidents at crossings. In *Road Safety in Europe, Conference, 1996, Birmingham, United Kingdom* (No. 7A, Part 1).

- Peden, M., Scurfield, R., Sleet, D., Mathers, C., Jarawan, E., Hyder, A. A., ... y Jarawan, E. (2004). *World report on road traffic injury prevention*. World Health Organization.
- Perneger, T., & Smith, G. S. (1991). The driver's role in fatal two-car crashes: a paired "case-control" study. *American journal of epidemiology*, *134*(10), 1138-1145. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.aje.a116017>
- Pešić, D., Antić, B., Smailović, E. y Marković, N. (2019). Driving under the influence of alcohol and the effects of alcohol prohibition—Case study in Serbia. *Traffic injury prevention*, *20*(5), 467-471. <https://doi.org/10.1080/15389588.2019.1612058>
- Petit, L. (2014). El factor humano en el sistema tránsito y seguridad vial y el modelo interaccional comportamental de tránsito. *Psiencia. Revista Latinoamericana de Ciencia Psicológica*, *6*(1), 48-54. DOI: 10.5872/psiencia/6.1.121
- Petridou, E. T. y Antonopoulos, C. N. (2017). *Injury epidemiology*.
- Pirdavani, A., Daniels, S., Van Vlierden, K., Brijs, K. y Kochan, B. (2017). Socioeconomic and sociodemographic inequalities and their association with road traffic injuries. *Journal of Transport & Health*, *4*, 152-161. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2016.12.001>
- Pokhrel, R. y Qi, Y. (2021). Older driver safety: a renewed perspective in a survey study in Illinois, US. *Safety*, *7*(4), 83. <https://doi.org/10.3390/safety7040083>
- Porta, M. (2014). *A dictionary of epidemiology*. Oxford university press.
- Potter, T., Dubois, S., Haras, K. y Bédard, M. (2013). Fifteen-passenger vans and other transportation options: a comparison of driver, vehicle, and crash characteristics. *Traffic injury prevention*, *14*(7), 706-711. <https://doi.org/10.1080/15389588.2012.762510>
- Polus, A. y Cohen, M. (2012). A new, non-canonical Poisson regression model for the prediction of crashes on low-volume rural roads. *IATSS research*, *35*(2), 98-103. <https://doi.org/10.1016/j.iatssr.2011.09.001>
- Posada, F., Yang, Z. y Muncrief, R. (2015). Review of current practices and new developments in heavy-duty vehicle inspection and maintenance programs.
- Poulos, R. G., Hatfield, J., Rissel, C., Flack, L. K., Shaw, L., Grzebieta, R. y McIntosh, A. S. (2017). Near miss experiences of transport and recreational cyclists in New South Wales, Australia. Findings from a prospective cohort study. *Accident Analysis & Prevention*, *101*, 143-153. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.01.020>
- Prato, C. G., Rasmussen, T. K. y Kaplan, S. (2014). Risk factors associated with crash severity on low-volume rural roads in Denmark. *Journal of Transportation Safety & Security*, *6*(1), 1-20. <https://doi.org/10.1080/19439962.2013.796027>
- Preusser, D. F., Ferguson, S. A. y Williams, A. F. (1998). The effect of teenage passengers on the fatal crash risk of teenage drivers. *Accident Analysis & Prevention*, *30*(2), 217-222. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(97\)00081-X](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(97)00081-X)
- Quimby, A., Maycock, G., Palmer, C. y Buttress, S. (1999). *The Factors the Influence a Driver's Choice of Speed: A Questionnaire Study*. Crowthorne, UK: Transport Research Laboratory.

- Raff, M. S. (1953). Interstate highway-accident study. *Highway research board bulletin*, 74, 18-45.
- Real Academia de la Lengua Española (2014). *Diccionario de la lengua española*. (24a ed.). Espasa, Madrid.
- Rechnitzer, G., Haworth, N. y Kowadlo, N. (2000). *The effect of vehicle roadworthiness on crash incidence and severity* (No. 164). Clayton, Australia: Monash University, Accident Research Centre.
- Redondo, E. (2016). *Documento de consenso sobre medicamentos y conducción en España: información a la población general y papel de los profesionales sanitarios*. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad. <http://faes.es/?documento-de-consenso-farmacos-y-conduccion&z=10d35bb4b828b0fd&N=3f82ff7e0e52b58d>
- Regidor, E., Reoyo, A., Calle, M. E. y Domínguez, V. (2002). Fracaso en el control del número de víctimas por accidentes de tráfico en España: ¿La respuesta correcta a la pregunta equivocada?. *Revista Española de Salud Pública*, 76, 105-113.
- Retallack, A. E. y Ostendorf, B. (2019). Current Understanding of the Effects of Congestion on Traffic Accidents. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(18), 3400. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph16183400>
- Retallack, A. E. y Ostendorf, B. (2020). Relationship Between Traffic Volume and Accident Frequency at Intersections. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(4), 1393. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17041393>
- Rhodes, N. y Pivik, K. (2011). Age and gender differences in risky driving: The roles of positive affect and risk perception. *Accident Analysis & Prevention*, 43(3), 923-931. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2010.11.015>
- Rice, T. M., Peek-Asa, C. y Kraus, J. F. (2004). Effects of the California graduated driver licensing program. *Journal of Safety Research*, 35(4), 375-381. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2004.04.004>
- Ritter, F. E. y Schooler, L. J. (2002). The learning curve. International encyclopedia of the social and behavioral sciences. In *Amsterdam: Pergamon (англ.)* (p. 8605).
- Robertson, A. A., Liew, H. y Gardner, S. (2011). An evaluation of the narrowing gender gap in DUI arrests. *Accident Analysis & Prevention*, 43(4), 1414-1420. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2011.02.017>
- Robertson, L. S. (2015). *Injury epidemiology: Research and Control Strategies*. Lulu Books.
- Ryb, G. E., Dischinger, P. C., McGwin, G. y Griffin, R. L. (2011, October). Crash-related mortality and model year: are newer vehicles safer?. In *Annals of Advances in Automotive Medicine/Annual Scientific Conference* (Vol. 55, p. 113). Association for the Advancement of Automotive Medicine.
- Ryb, G. E., Dischinger, P. C. y Ho, S. (2009). Vehicle model year and crash outcomes: a CIREN study. *Traffic injury prevention*, 10(6), 560-566. <https://doi.org/10.1080/15389580903271401>

- Sá, T. H., Duran, A. C., Tainio, M., Monteiro, C. A. y Woodcock, J. (2016). Cycling in São Paulo, Brazil (1997–2012): Correlates, time trends and health consequences. *Preventive Medicine Reports*, 4, 540–545. <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2016.10.001>
- Sagberg, F. (2018). Characteristics of fatal road crashes involving unlicensed drivers or riders: Implications for countermeasures. *Accident Analysis & Prevention*, 117, 270-275. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.04.025>
- Santamariña-Rubio, E., Pérez, K., Olabarria, M. y Novoa, A. M. (2013). Measures of exposure to road traffic injury risk. *Injury Prevention*, 19(6), 436–439. <http://dx.doi.org/10.1136/injuryprev-2012-040686>
- Sanjurjo-de-No, A., Arenas-Ramírez, B., Mira, J. y Aparicio-Izquierdo, F. (2021). Driver liability assessment in vehicle collisions in Spain. *International journal of environmental research and public health*, 18(4), 1475. <https://doi.org/10.3390/ijerph18041475>
- Scholes, S., Wardlaw, M., Anciaes, P., Heydecker, B. y Mindell, J. S. (2018). Fatality rates associated with driving and cycling for all road users in Great Britain 2005–2013. *Journal of Transport & Health*, 8, 321-333. <https://doi.org/10.1016/j.jth.2017.11.143>
- Schoppert, D. W. (1957). Predicting traffic accidents from roadway elements of rural two-lane highways with gravel shoulders. *Highway Research Board Bulletin*, 158, 4-26.
- Schroer, B. J. y Peyton, W. F. (1979). The effects of automobile inspections on accident rates. *Accident Analysis & Prevention*, 11(1), 61-68. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(79\)90040-X](https://doi.org/10.1016/0001-4575(79)90040-X)
- Schwartz, J., & Beltz, L. (2018). Trends in female and male drunken driving prevalence over thirty years: Triangulating diverse sources of evidence (1985-2015). *Addictive behaviors*, 84, 7–12. <https://doi.org/10.1016/j.addbeh.2018.03.024>
- Scott-Parker, B., & Oviedo-Trespalacios, O. (2017). Young driver risky behaviour and predictors of crash risk in Australia, New Zealand and Colombia: Same but different?. *Accident Analysis & Prevention*, 99, 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.11.001>
- Seguí-Gómez, M., González-Luque, J. C. y Robledo de Dios, T. (2007). *Fundamentos de Biomecánica en las lesiones por accidente de tráfico*. DGT.
- Shen, S., Benedetti, M. H., Zhao, S., Wei, L. y Zhu, M. (2020). Comparing distance and time as driving exposure measures to evaluate fatal crash risk ratios. *Accident Analysis & Prevention*, 142, 105576. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105576>
- Shen, S. y Neyens, D. M. (2015). The effects of age, gender, and crash types on drivers' injury-related health care costs. *Accident Analysis & Prevention*, 77, 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.01.014>
- Shen, S., Pope, C. N., Stamatiadis, N., & Zhu, M. (2019). Validation of not-at-fault driver representativeness assumption for quasi-induced exposure using US national traffic databases. *Journal of safety research*, 71, 243-249. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2019.09.024>

- Shope, J. T. y Molnar, L. J. (2003). Graduated driver licensing in the United States: evaluation results from the early programs. *Journal of Safety Research*, 34(1), 63-69. [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(02\)00080-4](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(02)00080-4)
- Simons-Morton, B. y Ehsani, J. P. (2016). Learning to drive safely: reasonable expectations and future directions for the learner period. *Safety*, 2(4), 20. <https://doi.org/10.3390/safety2040020>
- Singh, H., Aggarwal, A. D., Kushwaha, V., Agarwal, P. K., Chawla, R. y Sandhu, S. S. (2016). Study of fatal injuries sustained by car drivers in road traffic accidents.
- Sivak, M. (2015). *Female drivers in the United States, 1963-2013: from a minority to a majority?*. University of Michigan, Ann Arbor, Transportation Research Institute.
- Siren, A. y Haustein, S. (2016). Driving Cessation Anno 2010: Which older drivers give up their license and why? Evidence from Denmark. *Journal of applied gerontology*, 35(1), 18-38. <https://doi.org/10.1177/0733464814521690>
- Smith D.I. (1976). *Survey of riding by unlicensed motorcyclists. Report No.3. Perth: Research & Statistics Division*. Road Traffic Authority.
- Solomon, D. R. (1964). *Accidents on Main Rural highways related to Speed, Driver and Vehicle*. US Department of Commerce, Federal Bureau of Highways, Washington DC.
- Spano, R. (2005). Potential sources of observer bias in police observational data. *Social science research*, 34(3), 591-617. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2004.05.003>
- Stamatiadis, N. y Deacon, J. A. (1997). Quasi-induced exposure: methodology and insight. *Accident Analysis & Prevention*, 29(1), 37-52. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(96\)00060-7](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(96)00060-7)
- Stutts, J. C. y Martell, C. (1992). Older driver population and crash involvement trends, 1974-1988. *Accident Analysis & Prevention*, 24(4), 317-327. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(92\)90044-J](https://doi.org/10.1016/0001-4575(92)90044-J)
- Taylor, J. E. (2018). The extent and characteristics of driving anxiety. *Transportation research part F: traffic psychology and behaviour*, 58, 70-79. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2018.05.031>
- Tefft, B. (2017). Rates of motor vehicle crashes, injuries and deaths in relation to driver age, United States, 2014-2015. *AAA Foundation for Traffic Safety*.
- Theofilatos, A. y Yannis, G. (2014). A review of the effect of traffic and weather characteristics on road safety. *Accident Analysis & Prevention*, 72, 244-256. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2014.06.017>
- Thorpe, J. T. (1967). Calculating relative involvement rates in accidents without determining exposure. *Traffic Safety Research Review*, 11, 3-8.
- Tillman, W. y Hobbs, M. (1949). The accident prone automobile driver. *Americal Journal of Psychiatry*, 106, 321-331.
- Train, K. (1986). *Qualitative choice analysis: Theory, econometrics, and an application to automobile demand*. (10a ed.). MIT press.



- Trowbridge, M. J., Gurka, M. J. y O'connor, R. E. (2009). Urban sprawl and delayed ambulance arrival in the US. *American journal of preventive medicine*, 37(5), 428-432. <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2009.06.016>
- Trowbridge, M. J., McKay, M. P. y Maio, R. F. (2007). Comparison of teen driver fatality rates by vehicle type in the United States. *Academic emergency medicine*, 14(10), 850-855. <https://doi.org/10.1197/j.aem.2007.06.038>
- Ulleberg, P. y Rundmo, T. (2003). Personality, attitudes and risk perception as predictors of risky driving behaviour among young drivers. *Safety science*, 41(5), 427-443. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(01\)00077-7](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(01)00077-7)
- United Nations Economic Commissions for Europe. (2003). *Economic Commission for Europe Intersecretariat Working Group on Transport Statistics. Glossary of transport statistics*. (3 ed). United Nations Economic and Social Council, (TRANS/WP.6/2003/6).
- Vaca, F., Garrison, H. G., McKay, M. P. y Gotschall, C. S. (2006). National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA) Notes. *Annals of emergency medicine*, 47(2), 203.
- Valleta Declaration on Road Safety. (2007). [https://eumos.eu/wp-content/uploads/2017/07/Valletta\\_Declaration\\_on\\_Improving\\_Road\\_Safety.pdf](https://eumos.eu/wp-content/uploads/2017/07/Valletta_Declaration_on_Improving_Road_Safety.pdf)
- Van Beeck, E. F., Borsboom, G. J., y Mackenbach, J. P. (2000). Economic development and traffic accident mortality in the industrialized world, 1962–1990. *International journal of epidemiology*, 29(3), 503-509.
- Van den Bossche, F., Wets, G., y Brijs, T. (2005). Role of exposure in analysis of road accidents: a Belgian case study. *Transportation research record*, 1908(1), 96-103. <https://doi.org/10.1177/0361198105190800112>
- Viano, D. C. y Gargan, M. F. (1996). Headrest position during normal driving: implication to neck injury risk in rear crashes. *Accident Analysis & Prevention*, 28(6), 665-674. [https://doi.org/10.1016/S0001-4575\(96\)00011-5](https://doi.org/10.1016/S0001-4575(96)00011-5)
- Villalbí, J. R. y Pérez, C. (2006). Evaluation of regulatory policies: the prevention of traffic accidents in Spain. *Gaceta Sanitaria*, 20, 79-87. <https://doi.org/10.1157/13086030>
- Visby, R. H. y Lundholt, K. (2018). Gender differences in Danish road accidents. *Transportation research record*, 2672(3), 166-174. <https://doi.org/10.1177/0361198118795005>
- Vitaliano, D. F. y Held, J. (1991). Road accident external effects: an empirical assessment. *Applied Economics*, 23(2), 373-378. <https://doi.org/10.1080/00036849100000146>
- Voas, R. B., Tippetts, A. S. y Lange, J. E. (1997). Evaluation of a method for reducing unlicensed driving: The Washington and Oregon license plate sticker laws. *Accident Analysis & Prevention*, 29(5), 627-634.
- Waller, P. F. (2002). Challenges in motor vehicle safety. *Annual review of public health*, 23, 93.

- Wang, C. C., Kosinski, C. J., Schwartzberg, J. G. y Shanklin, A. V. (2003). *Physician's guide to assessing and counseling older drivers*. Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration; 2003.
- Watson, B. (2003). *The road safety implications of unlicensed driving: A survey of unlicensed drivers*. Australian Transport Safety Bureau, Civic Square, ACT.  
[https://eprints.qut.edu.au/215596/1/Unlicensed\\_Driver\\_Survey\\_Report\\_for\\_ATSB.pdf](https://eprints.qut.edu.au/215596/1/Unlicensed_Driver_Survey_Report_for_ATSB.pdf)
- Watson, B., Armstrong, K., Wilson, A. y Barraclough, P. (2011a). Crash involvement patterns of unlicensed drivers: Literature review. Report to Queensland Department of Transport and Main Roads. <https://eprints.qut.edu.au/216521/>
- Watson, B., Armstrong, K., Watson, A., Wilson, A. y Livingstone, K. (2011b). A roadside survey of unlicensed driving in Queensland. In *Proceedings of the 2011 Australasian Road Safety Research, Policing and Education Conference* (pp. 1-11). Insurance Commission of Western Australia.
- Watson, B., Armstrong, K., Watson, A. y Barraclough, P. (2012). *Crash involvement patterns of unlicensed drivers and riders in Queensland*. Report to Queensland Department of Transport and Main Roads.
- Watson, A., Watson, B. y Vallmuur, K. (2015). Estimating under-reporting of road crash injuries to police using multiple linked data collections. *Accident Analysis & Prevention*, 83, 18-25.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2015.06.011>
- Webster, J. M., Dickson, M. F. y Staton, M. (2018). A descriptive analysis of drugged driving among rural DUI offenders. *Traffic injury prevention*, 19(5), 462-467.  
<https://doi.org/10.1080/15389588.2018.1450980>
- Wen, H. y Xue, G. (2020). Injury severity analysis of familiar drivers and unfamiliar drivers in single-vehicle crashes on the mountainous highways. *Accident Analysis & Prevention*, 144, 105667.  
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105667>
- Wenzel, T. (2013). The effect of recent trends in vehicle design on US societal fatality risk per vehicle mile traveled, and their projected future relationship with vehicle mass. *Accident Analysis & Prevention*, 56, 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2013.03.019>
- West, L. B. y Dunn, J. W. (1971). Accidents, Speed Deviation and Speed Limits. *Traffic Engineering*, 41, 52-55.
- White, W. T. (1986). Does periodic vehicle inspection prevent accidents?. *Accident Analysis & Prevention*, 18(1), 51-62. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(86\)90036-9](https://doi.org/10.1016/0001-4575(86)90036-9)
- White, A., Castle, I. J. P., Chen, C. M., Shirley, M., Roach, D. y Hingson, R. (2015). Converging patterns of alcohol use and related outcomes among females and males in the United States, 2002 to 2012. *Alcoholism: clinical and experimental research*, 39(9), 1712-1726.  
<https://doi.org/10.1111/acer.12815>
- Wiebe, D. J., Ray, S., Maswabi, T., Kgathi, C. y Branas, C. C. (2016). Economic development and road traffic fatalities in two neighbouring African nations. *African journal of emergency medicine*, 6(2), 80-86. <https://doi.org/10.1016/j.afjem.2016.03.003>

- Wilson, C., Willis, C., Hendrikz, J. K., Le Brocque, R. y Bellamy, N. (2010). Speed cameras for the prevention of road traffic injuries and deaths. *Cochrane database of systematic reviews*, (11). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004607.pub4>
- Wolfe, A. C. (1982). The concept of exposure to the risk of a road traffic accident and an overview of exposure data collection methods. *Accident Analysis & Prevention*, *14*(5), 337-340. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(82\)90010-0](https://doi.org/10.1016/0001-4575(82)90010-0)
- Woo, J. C. (1957). Correlation of Accident Rates and Roadway Factors.
- Wu, J., Yan, X. y Radwan, E. (2016). Discrepancy analysis of driving performance of taxi drivers and non-professional drivers for red-light running violation and crash avoidance at intersections. *Accident Analysis & Prevention*, *91*, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.02.028>
- Wu, Q., Zhang, G., Chen, C., Tarefder, R., Wang, H., & Wei, H. (2016). Heterogeneous impacts of gender-interpreted contributing factors on driver injury severities in single-vehicle rollover crashes. *Accident Analysis & Prevention*, *94*, 28-34. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.04.005>
- Yamamoto, T., Madre, J. L., de Lapparent, M. y Collet, R. (2020). A random heaping model of annual Vehicle Kilometres Travelled considering heterogeneous approximation in reporting. *Transportation*, *47*(3), 1027-1045. <https://doi.org/10.1007/s11116-018-9933-0>
- Yang, J., Yamamoto, T. y Ando, R. (2021). The impact of mandating a driving lesson for elderly drivers in Japan using count data models: case study of Toyota City. *Accident Analysis & Prevention*, *153*, 106015. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106015>
- Yannis, G., Papadimitriou, E., Lejeune, F., Treny, V., Hemdorff, S., Bergel, R., ... y Bijleveld, F. (2005). State of the art report on risk and exposure data. *SafetyNet, Building the European Road Safety Observatory, Workp*, *2*, 120.
- Yeo, J., Park, S. y Jang, K. (2015). Effects of urban sprawl and vehicle miles traveled on traffic fatalities. *Traffic injury prevention*, *16*(4), 397-403. <https://doi.org/10.1080/15389588.2014.948616>
- Young, K. L., Koppel, S. y Charlton, J. L. (2017). Toward best practice in Human Machine Interface design for older drivers: A review of current design guidelines. *Accident Analysis & Prevention*, *106*, 460-467. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.06.010>
- Yusuff, M. A. (2015). Impact assessment of road traffic accidents on Nigerian economy. *Journal of Research in Humanities and Social Science*, *3*(12), 8-16.
- Zhang, G., Jiang, X., Qiu, X., Fan, Y., Huang, C., & Wei, M. (2021). Validating the underlying assumption of quasi-induced exposure technique disaggregated by crash injury severity. *Journal of safety research*, *76*, 197-204. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2020.12.007>
- Zeng, Q., Hao, W., Lee, J. y Chen, F. (2020). Investigating the impacts of real-time weather conditions on freeway crash severity: a Bayesian spatial analysis. *International journal of environmental research and public health*, *17*(8), 2768. <https://doi.org/10.3390/ijerph17082768>


- Zeoli, A. M., Paruk, J. K., Pizarro, J. M. y Goldstick, J. (2019). Ecological research for studies of violence: a methodological guide. *Journal of interpersonal violence*, 34(23-24), 4860-4880. <https://doi.org/10.1177%2F0886260519871528>
- Zhou, M. y Sisiopiku, V. P. (1997). Relationship between volume-to-capacity ratios and accident rates. *Transportation research record*, 1581(1), 47-52. <https://doi.org/10.3141/1581-06>
- Zhang, K. y Batterman, S. (2013). Air pollution and health risks due to vehicle traffic. *Science of the total Environment*, 450, 307-316. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.01.074>
- Zhang, Q., Sun, J. y Tsang, E. (2005). An evolutionary algorithm with guided mutation for the maximum clique problem. *IEEE transactions on evolutionary computation*, 9(2), 192-200.
- Zhao, P. y Lee, C. (2018). Assessing rear-end collision risk of cars and heavy vehicles on freeways using a surrogate safety measure. *Accident Analysis & Prevention*, 113, 149-158. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.033>
- Zou, Y., Zhang, Y. y Cheng, K. (2021). Exploring the impact of climate and extreme weather on fatal traffic accidents. *Sustainability*, 13(1), 390. <https://doi.org/10.3390/su13010390>
- Zwerling, C., Peek-Asa, C., Whitten, P. S., Choi, S. W., Sprince, N. L. y Jones, M. P. (2005). Fatal motor vehicle crashes in rural and urban areas: decomposing rates into contributing factors. *Injury prevention*, 11(1), 24-28. <http://dx.doi.org/10.1136/ip.2004.005959>

---

## **X. ANEXO**



# ANEXO. FORMULARIO DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS.



**Ministerio del Interior**  
**Dirección Gral. de Tráfico**

## FORMULARIO DE ACCIDENTES CON VÍCTIMAS

Nº EXPEDIENTE POLICIAL: \_\_\_\_\_ 2. Accidente

---

**1. Ubicación Temporal**

**HORA Y FECHA DEL ACCIDENTE:** \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

**MUNICIPIO:** \_\_\_\_\_

**CÓDIGO DE POBLACIÓN:** \_\_\_\_\_

**CÓDIGO CALLE:** \_\_\_\_\_

**CALLE:** \_\_\_\_\_ nº \_\_\_\_\_

**2. Localización**

**ZONA:**

CARRETERA     AUTOPISTA O AUTOVÍA URBANA

TRAVESÍA     CALLE

**CARRETERA:** \_\_\_\_\_

**SIGLAS Y nº:** \_\_\_\_\_

**pk \_\_\_\_\_ hm \_\_\_\_\_**

**SENTIDO ACCIDENTE (↑ ↓ km):** \_\_\_\_\_

ASCENDENTE     DESCENDENTE     MIXTO

**COORDENADAS UTM DEL PRIMER PUNTO DE CONFLICTO:**

**LONGITUD (x):** \_\_\_\_\_

**LATITUD (y):** \_\_\_\_\_

**TIPO DE VÍA:**

CALLE

AUTOPISTA DE PEAJE     CAMINO VECINAL

AUTOPISTA LIBRE     RECINTO DELIMITADO

AUTOVÍA     VÍA CICLISTA

VÍA PARA AUTOMÓVILES     SENDA CICLABLE

CARRETERA CONVENCIONAL DE DOBLE CALZADA     OTRO

CARRETERA CONVENCIONAL DE CALZADA ÚNICA     RAMAL DE ENLACE

VÍA DE SERVICIO

---

**3. Nº Implicados**

**FALLECIDOS 24h:** \_\_\_\_

**HERIDOS INGRESO >24h:** \_\_\_\_

**HERIDOS ASISTENCIA SANITARIA <=24h:** \_\_\_\_

**VÍCTIMAS ILESOS:** \_\_\_\_

**VEHÍCULOS:** \_\_\_\_

**CONDUCTORES:** \_\_\_\_

**PASAJEROS:** \_\_\_\_

**PEATONES:** \_\_\_\_

**4. Tipo y Circunstancias**

**TIPO DE ACCIDENTE (APARTADO A):**

1) SALIDA DE VÍA NO (Rellenar APARTADO B)

2) SALIDA DE VÍA SI

**CONDICIONES EN EL MOMENTO DEL ACCIDENTE**

**NIVEL DE CIRCULACIÓN:**  BLANCO     ROJO     VERDE     NEGRO     AMARILLO     SE DESCONOCE

**ILUMINACIÓN:**  LUZ DEL DÍA NATURAL, SOLAR     AMANECER O ATARDECER, SIN LUZ ARTIFICIAL

AMANECER O ATARDECER, CON LUZ ARTIFICIAL

SIN LUZ NATURAL Y CON ILUMINACIÓN ARTIFICIAL ENCENDIDA DE LA VÍA

SIN LUZ NATURAL Y CON ILUMINACIÓN ARTIFICIAL NO ENCENDIDA DE LA VÍA

SIN LUZ NATURAL NI ARTIFICIAL

**ESTADO METEOROLÓGICO:**  DESPEJADO     NUBLADO     LUBVIA DÉBIL     LUBVIA FUERTE     GRANIZANDO     NEVANDO

NIEBLA. Se puede seleccionar además de estado meteorológico:  NIEBLA LIGERA     NIEBLA INTENSA

VIENTO FUERTE

**SUPERFICIE DEL FIRME:**  SECO Y LIMPIO     CON BARRO O GRAVILLA SUELTA     MOJADO     MUY ENCHARCADO O INUNDADO     CON HIELO     CON NIEVE     CON ACEITE     OTRA

**VISIBILIDAD RESTRINGIDA POR:**  BUENA VISIBILIDAD

EDIFICIOS     OBRAS

INSTALACIONES O ELEMENTOS DE LA VÍA     CONTENEDORES

CONFIGURACIÓN DEL TERRENO     VEGETACIÓN O ÁRBOLES

FACTORES ATMOSFÉRICOS     ELEMENTOS DECORATIVOS

DESLUMBRAMIENTO POR SOL     OTROS OBJETOS EN LA VÍA

DESLUMBRAMIENTO POR ALUMBRADO ARTIFICIAL     PANELES Y PUBLICIDAD

DESLUMBRAMIENTO POR FAROS DE OTRO VEHÍCULO     ELEMENTOS DEL VEHÍCULO (LUNAS)

UN VEHÍCULO (PARADO, EN MOVIMIENTO O APARCADO)     OTRAS RESTRICCIONES

CIRCULAR EN SENTIDO CONTRARIO

---

**5. Características Vía**

**CARACTERÍSTICA:**  ZONA PERIURBANA     CIRCUNVALACIÓN     CALLE RESIDENCIAL     ZONA PEATONAL     ZONA A 30     OTRA DE ESPECIAL REGULACIÓN     NINGUNA DE LAS ANTERIORES

**LÍMITE DE VELOCIDAD:**  LIMITACIÓN GENÉRICA     SEÑALIZACIÓN ESPECÍFICA

**VELOCIDAD (km/h):** \_\_\_\_\_

**ANCHURA DEL CARRIL:**  MENOS DE 3,25 m     ENTRE 3,25 Y 3,75 m     MÁS DE 3,75 m

**SENTIDOS DE LA VÍA:**  DOBLE SENTIDO     SENTIDO ÚNICO

**NÚMERO DE CALZADAS:**  CALZADA ÚNICA     CALZADA DOBLE     MÁS DE DOS

**Nº CARRILES EN CALZADA:** \_\_\_\_\_

**SENTIDO ASCENDENTE:** \_\_\_\_\_

**SENTIDO DESCENDENTE:** \_\_\_\_\_

**ACERA (En caso de que en el accidente esté implicado un peatón):**  NO     IMPRACTICABLE     SI, NO ELEVADA     ELEVADA

**ARCÉN:**  INEXISTENTE     MENOR DE 1,5 m     DE 1,5 m A 2,49 m     DE 2,50 O MÁS

**ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO:**  PANELES DIRECCIONALES     HITOS DE ARISTA     CAPTAFAROS

**ELEMENTOS DE SEPARACIÓN DE SENTIDOS:**  SÓLO LÍNEA LONGITUDINAL DE SEPARACIÓN     ZONA PEATONAL O AJARDINADA

CEBREADO     OTRO

MEDIANA     NINGUNO

BARRERA DE SEGURIDAD

**BARRERA DE SEGURIDAD:**

	NO	METÁLICA	HORMIGÓN	OTRO	PROTECCIÓN MOTORISTA
LATERAL ASCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
LATERAL DESCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDIANA SENTIDO ASCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
MEDIANA SENTIDO DESCENDENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**ELEMENTOS DEL TRAMO:**  PUENTE, VIADUCTO O PASO SUPERIOR     TÚNEL     PASO INFERIOR     ESTRECHAMIENTO DE SECCIÓN     RESALDOS REDUCTORES DE VELOCIDAD

**TRAZADO EN PLANTA:**  RECTA     CURVA SEÑALIZADA     CURVA SIN SEÑALIZAR     SE DESCONOCE

**TRAZADO EN ALZADO:**  LLANO     RAMPA <5%     PENDIENTE >5%     CAMBIO BRUSCO DE RASANTE     SE DESCONOCE

**MARCAS VIALES:**  INEXISTENTES O BORRADAS     SÓLO SEPARACIÓN DE CARRILES Y BORDE DE CALZADA     SEPARACIÓN DE CARRILES Y BORDE DE CALZADA     SÓLO BORDE DE CALZADA

**CARACTERÍSTICAS DEL MARGEN:**  DESPEJADO     ÁRBOLES     OTROS ELEMENTOS NATURALES RÍGIDOS     EDIFICACIONES     POSTES     CARTELES PUBLICIDAD     OTROS ELEMENTOS ARTIFICIALES RÍGIDOS     OTROS OBSTÁCULOS

**DELIMITACIÓN DE LA CALZADA:**  BORDILLO     BOLLARDOS O VALLAS DE PROTECCIÓN     SETOS     MARCAS VIALES     BARRERA SEGURIDAD     ISLETA O REFUGIO     ZONA PEATONAL AJARDINADA/BULEVAR     OTRA     SIN DELIMITAR

**CIRCUNSTANCIAS ESPECIALES:**  NINGUNA     CONOS/ELEM. BALIZA MÓVILES     ZANJA O SURCO     TAPA DE REGISTRO DEFECTUOSA     OBRAS     OBSTÁCULO EN CALZADA

DESPRENDIMIENTOS     ESCALÓN     FIRME CON BACHES     FIRME DETERIORADO     OTRAS

**NORMAS DE CUMPLIMENTACIÓN**

Los campos con  permiten marcar una única alternativa.

Los campos con  permiten marcar distintas alternativas.

Marcar  indica posible influencia del factor en el accidente.

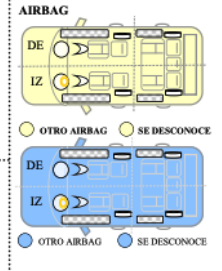
En un accidente en intersección la vía principal es la que tiene prioridad.

Las variables en VERDE, se cumplimentan SÓLO cuando el accidente ocurre en vías urbanas: calles.

Las variables en AZUL, se cumplimentan SÓLO en aquellos accidentes que se producen en zona interurbana o urbana cuando la vía no tiene características constitutivas de una calle.

---

Las variables y factores de influencia correspondientes que están en rojo corresponden a los datos de remisión rápida.

1. Descripción del vehículo			3. Vehículo			
<b>INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO</b>			<b>INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO</b>			
<input type="checkbox"/> SIN CONDUCTOR			<input type="checkbox"/> SIN CONDUCTOR			
<b>VEHÍCULO MOTOR</b>	<b>MATRÍCULA</b>	<b>FECHA 1ª MATRÍCULA</b>	<b>MATRÍCULA</b>	<b>FECHA 1ª MATRÍCULA</b>	<b>CÓDIGO NACIONALIDAD</b>	
<b>VEHÍCULO MOTOR</b>	<b>MATRÍCULA</b>	<b>FECHA 1ª MATRÍCULA</b>	<b>MATRÍCULA</b>	<b>FECHA 1ª MATRÍCULA</b>	<b>CÓDIGO NACIONALIDAD</b>	
<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SEGURO</b>	<b>ITV</b>	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	
<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> CORRECTA <input type="radio"/> CADUCADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> CORRECTA <input type="radio"/> CADUCADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> CORRECTA <input type="radio"/> CADUCADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	
<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>	<b>CAMIÓN</b>	<b>MMA</b>	<b>REMOLQUE</b>	<b>MATRÍCULA DEL REMOLQUE</b>		
<input type="radio"/> TURISMO <input type="radio"/> FURGONETA <input type="radio"/> TODO TERRENO <input type="radio"/> CICLO <input type="radio"/> BICICLETA <input type="radio"/> CICLOMOTOR <input type="radio"/> MOTOCICLETA ≤125 <input type="radio"/> MOTOCICLETA >125 <input type="radio"/> QUAD LIGERO <input type="radio"/> QUAD NO LIGERO	<input type="radio"/> CUADRICICLO LIGERO <input type="radio"/> CUADRICICLO NO LIGERO <input type="radio"/> AUTOCARAVANA <input type="radio"/> MAQUINARIA OBRAS/SERVICIOS <input type="radio"/> MAQUINARIA <input type="radio"/> MICROBÚS<-17 OCLP. <input type="radio"/> AUTOBÚS <input type="radio"/> AUTOBÚS ARTICULADO <input type="radio"/> TRANVÍA	<input type="radio"/> CAMIÓN RÍGIDO <input type="radio"/> TRACTOCAMIÓN (CABEZA TRACTORA) <input type="radio"/> VEHÍCULO ARTICULADO <input type="radio"/> TREN/METRO <input type="radio"/> OTROS VEH. SIN MOTOR <input type="radio"/> OTROS VEH. CON MOTOR <input type="radio"/> VEHÍCULO SIN ESPECIFICAR	<input type="radio"/> MENOR DE 3,5 T <input type="radio"/> DE 3,5 A 10 T <input type="radio"/> DE 10T A 20 T <input type="radio"/> MÁS DE 20 T	<input type="checkbox"/> REMOLQUE <input type="checkbox"/> SEMIRREMOLQUE <input type="checkbox"/> VEHÍCULO ADAPTADO	<input type="checkbox"/> CARAVANA <input type="checkbox"/> OTRO TIPO	
		<b>Nº DE LA ONU</b>	<b>Nº DE LA ONU</b>	<b>ANOMALÍAS PREVIAS</b>		
		<input type="checkbox"/> TRANSPORTE ESPECIAL <input type="checkbox"/> MERCANCÍAS PELIGROSAS		<input type="checkbox"/> APARENTEMENTE NINGUNA <input type="checkbox"/> NEUMÁTICOS MUY DESGASTADOS/DEFECTUOSOS <input type="checkbox"/> REVENTÓN		
				<input type="checkbox"/> DIRECCIÓN <input type="checkbox"/> FRENSOS <input type="checkbox"/> OTRAS		
<b>2. Circunstancias del vehículo</b>						
<b>Nº OCUPIANTES</b>	<b>DISCO TACÓGRAFO (SI ES OBLIGATORIO)</b>	<b>TIEMPOS DE DESCANSO</b>		<b>AIRBAG</b>		
<input type="checkbox"/> USO ALUMBRADO REGLAMENTARIO <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> FUNCIONA CORRECTAMENTE <input type="checkbox"/> LEÍDO VELOCIDAD FINAL (km/h) <input type="checkbox"/> MANIPULADO <input type="checkbox"/> FUNCIONAMIENTO INCORRECTO <input type="checkbox"/> NO LLEVA Y DEBERÍA LLEVARLO <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> HA RESPETADO EL DESCANSO DIARIO <input type="checkbox"/> HA SUPERADO LAS HORAS DE CONDUCCIÓN CONTINUA DA <input type="checkbox"/> HA SUPERADO LAS HORAS DE CONDUCCIÓN DIARIA		<input type="checkbox"/> OTRO AIRBAG <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		
<b>FUGADO</b> <input type="checkbox"/> <b>INCENDIADO</b> <input type="checkbox"/>	<b>ÁREA MÁS DAÑADA DEL VEHÍCULO</b>	<b>HORAS CONDUCCIÓN CONTINUADA</b>				
<b>CUANDO EL ACCIDENTE OCURRA EN UN NUDO:</b> <input type="radio"/> CIRCULABA POR LA VÍA PRINCIPAL (LA QUE TIENE PRIORIDAD) <input type="radio"/> CIRCULABA POR LA VÍA SECUNDARIA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> SIN DAÑOS <input type="radio"/> FRONTAL IZQUIERDO <input type="radio"/> FRONTAL CENTRO <input type="radio"/> FRONTAL DERECHO <input type="radio"/> DELANTE NO ESPECIFICADO <input type="radio"/> POSTERIOR DERECHO <input type="radio"/> POSTERIOR CENTRO <input type="radio"/> POSTERIOR IZQUIERDO <input type="radio"/> DETRÁS NO ESPECIFICADO <input type="radio"/> LADO DERECHO <input type="radio"/> LADO IZQUIERDO <input type="radio"/> PARTE SUPERIOR <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
<b>APROXIMACIÓN AL NUDO</b> <input type="radio"/> APROXIMÁNDOSE EN EL NUDO <input type="radio"/> ALEJÁNDOSE SE DESCONOCE	<b>MANIOBRA DEL VEHÍCULO PREVIA AL ACCIDENTE</b>					
<b>SENTIDO DE CIRCULACIÓN (Km o m² en la calle)</b> <input type="radio"/> ASCENDENTE <input type="radio"/> DESCENDENTE <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="radio"/> SIGUIENDO TRAYECTORIA RECTA <input type="radio"/> TOMANDO CURVA A LA DERECHA <input type="radio"/> TOMANDO CURVA A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> ADELANTANDO POR LA DERECHA <input type="radio"/> ADELANTANDO POR LA IZQUIERDA <input type="radio"/> CAMBIANDO AL CARRIL DE LA DERECHA <input type="radio"/> CAMBIANDO AL CARRIL DE LA IZQUIERDA <input type="radio"/> CIRCULANDO MARCHA ATRÁS <input type="radio"/> GIRANDO EN U, 180º O CAMBIO DE SENTIDO <input type="radio"/> CIRCULANDO EN PARALELO <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA <input type="radio"/> INCORPORÁNDOSE A LA CIRCULACIÓN		<input type="radio"/> INCORPORÁNDOSE A UNA VÍA DE MAYOR NIVEL QUE QUEDA A LA DERECHA <input type="radio"/> INCORPORÁNDOSE A UNA VÍA DE MAYOR NIVEL QUE QUEDA A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> ESPERANDO EN UNA SEÑALIZACIÓN DE PRIORIDAD/SEMAFORO <input type="radio"/> ATRAVESANDO INTERSECCIÓN, NO GIRANDO <input type="radio"/> SIGUIENDO TRAYECTORIA EN GLOBIETA <input type="radio"/> GIRANDO O SALIENDO HACIA OTRA VÍA QUE QUEDA A LA DERECHA <input type="radio"/> GIRANDO O SALIENDO HACIA OTRA VÍA QUE QUEDA A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> RETENCIÓN POR IMPERATIVO DE LA CIRCULACIÓN <input type="radio"/> MANIOBRA RÁPIDA PARA SALVAR OBSTÁCULO/VEHÍCULO <input type="radio"/> MANIOBRA RÁPIDA PARA SALVAR A PEATÓN <input type="radio"/> MANIOBRA RÁPIDA PARA SALVAR ANIMAL		<input type="radio"/> ACCIÓN DE FRENADO <input type="radio"/> PARADO A LA DERECHA <input type="radio"/> PARADO A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> PARADO EN DOBLE FILA <input type="radio"/> ESTACIONANDO O SALIENDO DEL ESTACIONAMIENTO <input type="radio"/> ESTACIONADO A LA DERECHA <input type="radio"/> ESTACIONADO A LA IZQUIERDA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	
<b>SI HAY MÁS DE UN VEHÍCULO IMPLICADO Y CIRCULABAN POR LA MISMA VÍA</b> <input type="radio"/> CIRCULABAN POR CALZADAS DIFERENTES <input type="radio"/> POR LA MISMA CALZADA <input type="radio"/> CIRCULABAN POR EL MISMO CARRIL <input type="radio"/> CIRCULABAN POR CARRILES DISTINTOS <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<b>LUGAR POR EL QUE CIRCULABA EL VEHÍCULO</b>					
	<input type="radio"/> CARRIL DERECHO <input type="radio"/> CARRIL IZQUIERDO <input type="radio"/> CARRIL CENTRAL <input type="radio"/> CARRIL REVERSIBLE <input type="radio"/> ARCÉN HABILITADO	<input type="radio"/> CARRIL DE ACCELERACIÓN <input type="radio"/> CARRIL DE DECELERACIÓN <input type="radio"/> CARRIL DE TRENZADO <input type="radio"/> CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN RÁPIDA <input type="radio"/> CARRIL ADICIONAL PARA CIRCULACIÓN LENTA	<input type="radio"/> CARRIL HABILITADO EN SENTIDO CONTRARIO <input type="radio"/> CARRIL PARA CAMBIO DE SENTIDO/DIRECCIÓN <input type="radio"/> CARRIL BUS <input type="radio"/> CARRIL VAO <input type="radio"/> CARRIL TRANVÍA	<input type="radio"/> MEDIANA <input type="radio"/> CUNETA <input type="radio"/> ACERA-BICI <input type="radio"/> CARRIL BICI <input type="radio"/> CARRIL BICI PROTEGIDO	<input type="radio"/> PISTA-BICI <input type="radio"/> ARCÉN <input type="radio"/> ACERA-REFUGIO <input type="radio"/> OTRO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	
<b>1. Datos Personales</b>			<b>4. Conductor</b>			
<b>DATOS DEL CONDUCTOR</b>			<b>DATOS DEL CONDUCTOR</b>			
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>	<b>SEXO</b>	<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>	<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>	<b>SEXO</b>	
<input type="radio"/> NIF <input type="radio"/> TARJETA DE RESIDENCIA <input type="radio"/> OTRO	____/____/____	<input type="radio"/> H <input type="radio"/> M <input type="radio"/> D	<input type="radio"/> NIF <input type="radio"/> TARJETA DE RESIDENCIA <input type="radio"/> OTRO	____/____/____	<input type="radio"/> H <input type="radio"/> M <input type="radio"/> D	
<b>NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)</b>	<b>POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)</b>		<b>NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)</b>	<b>POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)</b>		
<input type="radio"/> SE DESCONOCE	____		<input type="radio"/> SE DESCONOCE	____		
<b>LESIVIDAD</b>	<b>ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA</b>	<b>HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA (Nombre del hospital)</b>		<b>NO CONTABILIZABLE POR</b>		
<input type="radio"/> FALLECIDO 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS <input type="radio"/> ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD	<input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE <input type="radio"/> SIN ASISTENCIA SANITARIA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="radio"/> MUERTE NATURAL <input type="radio"/> SUICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE SUICIDIO <input type="radio"/> HOMICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE HOMICIDIO		
<b>NORMAS DE CUMPLIMENTACIÓN</b>						
Los selectores de color amarillo corresponden al vehículo 1. Igual sucede con el conductor y los pasajeros						
Los selectores de color azul corresponden al vehículo 2. Igual sucede con el conductor y los pasajeros						



1. Descripción del vehículo			3. Vehículo		
<b>INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO</b>			<b>INFORMACIÓN DEL VEHÍCULO</b>		
<input type="checkbox"/> SIN CONDUCTOR			<input type="checkbox"/> SIN CONDUCTOR		
<b>MATRÍCULA</b>	<b>FECHA 1ª MATRÍCULA</b>	<b>CÓDIGO NACIONALIDAD</b>	<b>MATRÍCULA</b>	<b>FECHA 1ª MATRÍCULA</b>	<b>CÓDIGO NACIONALIDAD</b>
<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SEGURO</b> <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<b>MARCA</b>	<b>MODELO</b>	<b>SEGURO</b> <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE
		<b>ITV</b> <input type="radio"/> CORRECTA <input type="radio"/> CADUCADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE			<b>ITV</b> <input type="radio"/> CORRECTA <input type="radio"/> CADUCADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE
<b>TIPO DE VEHÍCULO</b>		<b>CAMIÓN</b>	<b>MMA</b>	<b>REMOLQUE</b>	<b>MATRÍCULA DEL REMOLQUE</b>
<input type="radio"/> TURISMO <input type="radio"/> FURGONETA <input type="radio"/> TODO TERRENO <input type="radio"/> CICLO <input type="radio"/> BICICLETA <input type="radio"/> CICLOMOTOR <input type="radio"/> MOTOCICLETA <125 <input type="radio"/> MOTOCICLETA >125 <input type="radio"/> QUAD LIGERO <input type="radio"/> QUAD NO LIGERO		<input type="radio"/> CUADRICICLO LIGERO <input type="radio"/> CUADRICICLO NO LIGERO <input type="radio"/> AUTOCARAVANA <input type="radio"/> MAQUINARIA OBRAS/SERVICIOS <input type="radio"/> MAQUINARIA <input type="radio"/> MICROBÚS<-17 OCUF. <input type="radio"/> AUTOBÚS <input type="radio"/> AUTOBÚS ARTICULADO <input type="radio"/> TRANVÍA	<input type="radio"/> MENOR DE 3,5 T <input type="radio"/> DE 3,5 A 10 T <input type="radio"/> DE 10 T A 20 T <input type="radio"/> MÁS DE 20 T	<input type="checkbox"/> REMOLQUE <input type="checkbox"/> SEMIRREMOLQUE <input type="checkbox"/> VEHÍCULO ADAPTADO	<input type="checkbox"/> CARAVANA <input type="checkbox"/> OTRO TIPO
		<input type="radio"/> VEHÍCULO ARTICULADO <input type="radio"/> TREN/METRO <input type="radio"/> OTROS VEH. SIN MOTOR <input type="radio"/> OTROS VEH. CON MOTOR <input type="radio"/> VEHÍCULO SIN ESPECIFICAR	<input type="radio"/> TRANSPORTE ESPECIAL <input type="radio"/> MERCANCIAS PELIGROSAS	<b>ANOMALÍAS PREVIAS</b> <input type="checkbox"/> APARENTEMENTE NINGUNA <input type="checkbox"/> NEUMÁTICOS MUY DESGASTADOS/DEFECTUOSOS <input type="checkbox"/> REVENTÓN	
		<b>Nº DE LA ONU</b>	<b>Nº DE LA ONU</b>	<b>ANOMALÍAS PREVIAS</b>	
		<input type="checkbox"/> DIRECCIÓN	<input type="checkbox"/> FRENOS	<input type="checkbox"/> OTRAS	
<b>2. Circunstancias del vehículo</b>					
<b>Nº OCUPANTES</b>		<b>DISCO TACÓGRAFO (SI ES OBLIGATORIO)</b>		<b>TIEMPOS DE DESCANSO</b>	
<input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> FUNCIONA CORRECTAMENTE <input type="checkbox"/> LEÍDO <input type="checkbox"/> VELOCIDAD FINAL (km/h)		<input type="checkbox"/> HA RESPETADO EL DESCANSO DIARIO <input type="checkbox"/> HA SUPERADO LAS HORAS DE CONDUCCIÓN CONTINUADA <input type="checkbox"/> HA SUPERADO LAS HORAS DE CONDUCCIÓN DIARIA	
<b>FUGADO</b>		<b>ÁREA MÁS DAÑADA DEL VEHÍCULO</b>		<b>AIRBAG</b>	
<input type="checkbox"/> INCENDIADO		<input type="checkbox"/> SIN DAÑOS <input type="checkbox"/> FRONTAL IZQUIERDO <input type="checkbox"/> FRONTAL CENTRO <input type="checkbox"/> FRONTAL DERECHO <input type="checkbox"/> DELANTE NO ESPECIFICADO		<input type="checkbox"/> LADO DERECHO <input type="checkbox"/> LADO IZQUIERDO <input type="checkbox"/> PARTE SUPERIOR <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	
<b>POSICIÓN RESPECTO A LA VÍA</b>		<b>MANIOBRA DEL VEHÍCULO PREVIA AL ACCIDENTE</b>		<b>OTRO AIRBAG</b>	
<input type="checkbox"/> CIRCULABA POR LA VÍA PRINCIPAL (LA QUE TIENE PRIORIDAD) <input type="checkbox"/> CIRCULABA POR LA VÍA SECUNDARIA <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> SIGUIENDO TRAYECTORIA RECTA <input type="checkbox"/> TOMANDO CURVA A LA DERECHA <input type="checkbox"/> TOMANDO CURVA A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> ADELANTANDO POR LA DERECHA <input type="checkbox"/> ADELANTANDO POR LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> CAMBIANDO AL CARRIL DE LA DERECHA <input type="checkbox"/> CAMBIANDO AL CARRIL DE LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> CIRCULANDO MARCHA ATRÁS ___ m <input type="checkbox"/> GIRANDO EN U, 180º O CAMBIO DE SENTIDO <input type="checkbox"/> CIRCULANDO EN PARALELO <input type="checkbox"/> CRUZANDO LA CALZADA <input type="checkbox"/> INCORPORÁNDOSE A LA CIRCULACIÓN		<input type="checkbox"/> INCORPORÁNDOSE A UNA VÍA DE MAYOR NIVEL QUE QUEDA A LA DERECHA <input type="checkbox"/> INCORPORÁNDOSE A UNA VÍA DE MAYOR NIVEL QUE QUEDA A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> ESPERANDO EN UNA SEÑALIZACIÓN DE PRIORIDAD/SEMAFORO <input type="checkbox"/> ATRAVESANDO INTERSECCIÓN, NO GIRANDO <input type="checkbox"/> SIGUIENDO TRAYECTORIA EN GLOBIETA <input type="checkbox"/> GIRANDO O SALIENDO HACIA OTRA VÍA QUE QUEDA A LA DERECHA <input type="checkbox"/> GIRANDO O SALIENDO HACIA OTRA VÍA QUE QUEDA A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> RETENCIÓN POR IMPERATIVO DE LA CIRCULACIÓN <input type="checkbox"/> MANIOBRA RÁPIDA PARA SALVAR OBSTÁCULO/VEHÍCULO <input type="checkbox"/> MANIOBRA RÁPIDA PARA SALVAR A PEATÓN <input type="checkbox"/> MANIOBRA RÁPIDA PARA SALVAR ANIMAL	
<b>APROXIMACIÓN AL NUDO</b>		<b>SENTIDO DE CIRCULACIÓN (Km o nº en la calle)</b>		<b>OTRO AIRBAG</b>	
<input type="checkbox"/> APROXIMÁNDOSE <input type="checkbox"/> EN EL NUDO <input type="checkbox"/> ALEJÁNDOSE <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> ASCENDENTE <input type="checkbox"/> DESCENDENTE <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> OTRO AIRBAG <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	
<b>SI HAY MÁS DE UN VEHÍCULO IMPLICADO Y CIRCULABAN POR LA MISMA VÍA</b>		<b>LUGAR POR EL QUE CIRCULABA EL VEHÍCULO</b>		<b>OTRO AIRBAG</b>	
<input type="checkbox"/> CIRCULABAN POR CALZADAS DIFERENTES <input type="checkbox"/> POR LA MISMA CALZADA <input type="checkbox"/> CIRCULABAN POR EL MISMO CARRIL <input type="checkbox"/> CIRCULABAN POR CARRILES DISTINTOS <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> CARRIL DERECHO <input type="checkbox"/> CARRIL IZQUIERDO <input type="checkbox"/> CARRIL CENTRAL <input type="checkbox"/> CARRIL REVERSIBLE <input type="checkbox"/> ARCÉN HABILITADO		<input type="checkbox"/> ACCIÓN DE FRENADO <input type="checkbox"/> PARADO A LA DERECHA <input type="checkbox"/> PARADO A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> PARADO EN DOBLE FILA <input type="checkbox"/> ESTACIONAMIENTO O SALIENDO DEL ESTACIONAMIENTO <input type="checkbox"/> ESTACIONADO A LA DERECHA <input type="checkbox"/> ESTACIONADO A LA IZQUIERDA <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	
<b>SE DESCONOCE</b>		<b>SE DESCONOCE</b>		<b>SE DESCONOCE</b>	
<b>1. Datos Personales</b>					
<b>DATOS DEL CONDUCTOR</b>			<b>DATOS DEL CONDUCTOR</b>		
<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>		<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>	<b>NOMBRE Y APELLIDOS</b>		<b>FECHA DE NACIMIENTO</b>
<input type="radio"/> NIF <input type="radio"/> TARJETA DE RESIDENCIA <input type="radio"/> OTRO		<input type="radio"/> H <input type="radio"/> D	<input type="radio"/> NIF <input type="radio"/> TARJETA DE RESIDENCIA <input type="radio"/> OTRO		<input type="radio"/> H <input type="radio"/> D <input type="radio"/> M
<b>NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)</b>		<b>POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)</b>	<b>NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)</b>		<b>POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)</b>
<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE
<b>LESIVIDAD</b>		<b>ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA</b>		<b>HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA (Nombre del hospital)</b>	
<input type="checkbox"/> FALLECIDO 24 HORAS <input type="checkbox"/> INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS <input type="checkbox"/> INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS <input type="checkbox"/> ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO <input type="checkbox"/> ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD		<input type="checkbox"/> ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA <input type="checkbox"/> ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE <input type="checkbox"/> SIN ASISTENCIA SANITARIA <input type="checkbox"/> SE DESCONOCE		<input type="checkbox"/> SE DESCONOCE	
<b>NO CONTABILIZABLE POR</b>		<b>NO CONTABILIZABLE POR</b>		<b>NO CONTABILIZABLE POR</b>	
<input type="checkbox"/> MUERTE NATURAL <input type="checkbox"/> SUICIDIO <input type="checkbox"/> INTENTO DE SUICIDIO <input type="checkbox"/> HOMICIDIO <input type="checkbox"/> INTENTO DE HOMICIDIO					
<b>NORMAS DE CUMPLIMENTACIÓN</b>					
Los selectores de color amarillo corresponden al vehículo 1. Igual sucede con el conductor y los pasajeros					
Los selectores de color azul corresponden al vehículo 2. Igual sucede con el conductor y los pasajeros					

<p><b>2. Datos Permiso</b></p> <p><b>PERMISO O LICENCIA DE CONDUCCIÓN (VEHÍCULOS A MOTOR)</b></p> <p>FECHA EXPEDICIÓN <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> CLASE <input type="text"/></p> <p>FECHA EXPEDICIÓN <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/> CLASE <input type="text"/></p> <p><input type="radio"/> SE DESCONOCE <input type="radio"/> SE DESCONOCE</p>	<p><b>4. Conductor</b></p> <p><b>CARACTERÍSTICAS DEL PERMISO</b></p> <p><input type="radio"/> EN VIGOR <input type="radio"/> CADUCADO <input type="radio"/> ANULADO O SUSPENDIDO <input type="radio"/> NO HA TENIDO NUNCA</p> <p><input type="radio"/> CANJEADO <input type="radio"/> (SI ES MOTORISTA) B AUTORIZADO 125CC, SIN A1-A <input type="radio"/> NO LO PRESENTA <input type="radio"/> PÉRDIDA TOTAL DE PUNTOS DECLARADA</p> <p><input type="radio"/> INAPROPIADO</p>																								
<p><b>3. Circunstancias</b></p>																									
<p><b>ACCESORIOS DE SEGURIDAD</b></p> <p><input type="radio"/> CINTURÓN UTILIZADO <input type="radio"/> CASCO UTILIZADO <input type="radio"/> CASCO SUPUESTAMENTE EXPULSADO</p> <p><input type="radio"/> CINTURÓN NO UTILIZADO <input type="radio"/> CASCO NO UTILIZADO</p> <p><input type="radio"/> SE DESCONOCE</p> <p><b>OTROS ACCESORIOS DE SEGURIDAD</b></p> <p>EQUIPAMIENTO DE PROTECCIÓN EN</p> <p><input type="checkbox"/> BRAZOS <input type="checkbox"/> ESPALDA <input type="checkbox"/> TORSO <input type="checkbox"/> MANOS <input type="checkbox"/> PIERNAS <input type="checkbox"/> PIES</p> <p><input type="checkbox"/> PRENDA REFLECTANTE</p> <p><b>MOTIVO DE DESPLAZAMIENTO</b></p> <p><input type="radio"/> BUS EN TRANSPORTE DE MENORES <input type="radio"/> BUS DE LÍNEA REGULAR <input type="radio"/> BUS DE LÍNEA DISCRECIONAL <input type="radio"/> EN MISIÓN (TRANSP. NO PROFESIONAL) <input type="radio"/> OTRAS ACTIVIDADES PARTICULARES <input type="radio"/> OCIO Y ENTRETENIMIENTO <input type="radio"/> ACTIVIDAD DEPORTIVA PARTICULAR <input type="radio"/> ESTUDIANTE HACIA CENTRO DE ESTUDIOS <input type="radio"/> TRANSPORTE DE MENORES AL COLEGIO <input type="radio"/> IDA/REGRESO DE PUENTES/FESTIVOS VACACIONES <input type="radio"/> SE DESCONOCE</p> <p><input type="radio"/> TRANSPORTE PROFESIONAL DE MERCANCÍAS <input type="radio"/> TAXI <input type="radio"/> BUS URBANO <input type="radio"/> BUS ESCOLAR <input type="radio"/> SERVICIO DE LIMPIEZA, RECOGIDA DE BASURA <input type="radio"/> SERVICIO DE MANTENIMIENTO VIARIO <input type="radio"/> BOMBEROS, POLICÍA, AMBULANCIA <input type="radio"/> IN ITINERE (TRANSP. NO PROFESIONAL) <input type="radio"/> EN PRÁCTICAS DE AUTOSCUOLA <input type="radio"/> SERVICIO AUXILIO EN CARRETERA</p>	<p><b>PRUEBA DE ALCOHOL</b></p> <p><input type="radio"/> NO SE REALIZA PRUEBA <input type="radio"/> NO, PORQUE SE NEGGA <input type="radio"/> NO, PORQUE NO PUEDE <input type="radio"/> PRUEBA EN AIRE</p> <p>mg/l <input type="text"/> mg/l <input type="text"/></p> <p>mg/l <input type="text"/> mg/l <input type="text"/></p> <p><input type="radio"/> PRUEBA EN SANGRE</p> <p>g/l <input type="text"/> g/l <input type="text"/></p> <p><b>SIGNOS DE INFLUENCIA</b></p> <p><input type="radio"/> SIN SIGNOS <input type="radio"/> CON SIGNOS</p> <p><b>DESPLAZAMIENTO PREVISTO</b></p> <p><input type="radio"/> LOCAL (&lt;50KM) <input type="radio"/> MEDIO (50-200KM) <input type="radio"/> LARGO (MÁS DE 200KM) <input type="radio"/> SE DESCONOCE</p> <p><b>PRUEBA DE DROGAS</b></p> <p><input type="radio"/> NO SE REALIZA PRUEBA <input type="radio"/> EN SALIVA <input type="radio"/> EN SANGRE <input type="radio"/> OTRAS</p> <p><b>SIGNOS DE INFLUENCIA</b></p> <p><input type="radio"/> SIN SIGNOS <input type="radio"/> CON SIGNOS</p> <p><b>RESULTADO +/-</b></p> <p>AMP <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>BDZ <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>COC <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>THC <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>OPI <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>METH <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p>OTRAS <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/></p> <p><b>CONFIRMADO SI/NO</b></p> <table border="1" style="font-size: small;"> <tr><td>SI</td><td>NO</td><td>SI</td><td>NO</td></tr> <tr><td>SI</td><td>NO</td><td>SI</td><td>NO</td></tr> <tr><td>SI</td><td>NO</td><td>SI</td><td>NO</td></tr> <tr><td>SI</td><td>NO</td><td>SI</td><td>NO</td></tr> <tr><td>SI</td><td>NO</td><td>SI</td><td>NO</td></tr> <tr><td>SI</td><td>NO</td><td>SI</td><td>NO</td></tr> </table> <p>(DEL RESULTADO +/-)</p>	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO	SI	NO
SI	NO	SI	NO																						
SI	NO	SI	NO																						
SI	NO	SI	NO																						
SI	NO	SI	NO																						
SI	NO	SI	NO																						
SI	NO	SI	NO																						
<p><b>PRESUNTAS INFRACCIONES DEL CONDUCTOR</b></p> <p><input type="radio"/> PRESUNTAMENTE NO EXISTE INFRACCIÓN <input type="radio"/> ADELANTAR ANTIREFLEGRAMENTARIAMENTE <input type="radio"/> NO RESPETAR EL STOP <input type="radio"/> FRENAR SIN CAUSA JUSTIFICADA <input type="radio"/> NO RESPETAR "CEDA EL PASO" <input type="radio"/> NO MANTENER EL INTERVALO DE SEGURIDAD <input type="radio"/> NO RESPETAR EL SEMÁFORO <input type="radio"/> PARADO O EN ESTACIONAMIENTO PROHIBIDO O PELIGROSO <input type="radio"/> NO RESPETAR LA NORMA GENÉRICA DE PRIORIDAD <input type="radio"/> SIN LUCES DE EMERGENCIA <input type="radio"/> NO RESPETAR EL PASO DE PEATONES <input type="radio"/> EN SU CASO, SIN TRIÁNGULO DE PRESEÑALIZACIÓN <input type="radio"/> NO RESPETAR LAS INDICACIONES DE UN AGENTE <input type="radio"/> NO INDICAR O INDICAR MAL UNA MANIOBRA <input type="radio"/> NO RESPETAR OTRAS SEÑALES DE PRIORIDAD DE PASO <input type="radio"/> CIRCULAR EN SENTIDO CONTRARIO <input type="radio"/> INVADIR PARCIALMENTE EL SENTIDO CONTRARIO <input type="radio"/> N° kms <input type="text"/> N° kms <input type="text"/></p> <p><input type="radio"/> CIRCULAR EN ZIG ZAG <input type="radio"/> CIRCULAR POR LUGAR PROHIBIDO <input type="radio"/> GIRAR O CAMBIAR DE SENTIDO INCORRECTAMENTE <input type="radio"/> COMPETICIONES O CARRERAS <input type="radio"/> CIRCULAR MARCHA ATRÁS DE MANERA INCORRECTA <input type="radio"/> SE DESCONOCE</p>	<p><b>PRESUNTAS INFRACCIONES DE VELOCIDAD</b></p> <p><input type="radio"/> NINGUNA <input type="radio"/> VELOCIDAD INADECUADA PARA LAS CONDICIONES DE LA VÍA <input type="radio"/> SOBREPASAR LA VELOCIDAD ESTABLECIDA <input type="radio"/> MARCHA LENTA ENTORPECIENDO LA CIRCULACIÓN <input type="radio"/> SE DESCONOCE</p> <p><b>OTRA INFRACCIÓN</b></p> <p><input type="radio"/> NINGUNA <input type="radio"/> EXCESO DE OCUPANTES <input type="radio"/> CIRCULAR SIN LUZ <input type="radio"/> OTRA INFRACCIÓN <input type="radio"/> CIRCULAR DESLUMBRANDO <input type="radio"/> CARGA MAL ACONDICIONADA <input type="radio"/> SE DESCONOCE <input type="radio"/> CARGA MAL ACONDICIONADA <input type="radio"/> EXCESO DE CARGA <input type="radio"/> DESPRENDIMIENTO DE CARGA <input type="radio"/> APERTURA DE PUERTAS SIN PRECAUCIÓN</p> <p><b>ACCIÓN ESPECIAL DEL CONDUCTOR</b></p> <p><input type="radio"/> BAJANDO O SUBIENDO DEL VEHÍCULO <input type="radio"/> CAÍDA EN LA VÍA DESDE EL VEHÍCULO</p>																								
<p><b>POSIBLE RESPONSABLE DEL ACCIDENTE</b></p> <p><input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE</p>																									
<p><b>FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR LA ATENCIÓN Y PRESUNTOS ERRORES</b></p>																									
<p><b>FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR A LA ATENCIÓN</b></p> <p><input type="radio"/> USO DE TELÉFONO MÓVIL <input type="radio"/> PRESENCIA ACCIDENTE ANTERIOR <input type="radio"/> USO DE MANOS LIBRES <input type="radio"/> MIRAR EL ENTORNO (PAISAJE, PUBLICIDAD, SEÑALES...) <input type="radio"/> USO DE GPS <input type="radio"/> ESTAR PENSATIVO O ABSTRAIDO <input type="radio"/> USO DE RADIO, DVD, VIDEO, AURICULARES... <input type="radio"/> SUEÑO, CANSANCIO/FATIGA <input type="radio"/> FUMAR <input type="radio"/> ENFERMEDAD SÚBITA/INDISPOSICIÓN <input type="radio"/> ACTIVIDADES SIMULTÁNEAS A LA CONDUCCIÓN (COMER, BEBER, BUSCAR OBJETOS...) <input type="radio"/> NO SE APRECIA NINGÚN FACTOR <input type="radio"/> INTERACCIÓN CON LOS OCUPANTES</p>	<p><b>PRESUNTOS ERRORES DEL CONDUCTOR</b></p> <p><input type="radio"/> NO SE APRECIA ERRORES <input type="radio"/> NO VER UNA SEÑAL <input type="radio"/> NO VER UN VEHÍCULO/PEATÓN/OBSTÁCULO... <input type="radio"/> NO ENTENDER UNA SEÑAL DE TRÁFICO O CONFUNDIRLA <input type="radio"/> INDECISIÓN, DEMORA O RETRASO EN TOMAR UNA DECISIÓN <input type="radio"/> EJECUCIÓN INCORRECTA DE MANIOBRA/MANIOBRA INADECUADA <input type="radio"/> OLVIDOS (INTERMITENTES, LUCES...)</p>																								



6. Peatón

DATOS DEL PEATÓN NOMBRE Y APELLIDOS			
<input type="radio"/> NIF <input type="radio"/> PASAPORTE <input type="radio"/> TARJETA DE RESIDENCIA <input type="radio"/> OTRO	<b>FECHA DE NACIMIENTO</b> ____ / ____ / ____	<b>SEXO</b> <input type="radio"/> H <input type="radio"/> M <input type="radio"/> D	<b>NACIONALIDAD (SI EXTRANJERO)</b> <input type="radio"/> SE DESCONOCE
<b>POBLACIÓN DE RESIDENCIA (PAÍS EN CASO DE EXTRANJERO)</b> <input type="radio"/> SE DESCONOCE			
<b>LESIVIDAD</b> <input type="radio"/> FALLECIDO 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO SUPERIOR A 24 HORAS <input type="radio"/> INGRESO INFERIOR O IGUAL A 24 HORAS <input type="radio"/> ATENCIÓN EN URGENCIAS SIN POSTERIOR INGRESO <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA AMBULATORIA CON POSTERIORIDAD <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA INMEDIATA EN CENTRO DE SALUD O MUTUA <input type="radio"/> ASISTENCIA SANITARIA SOLO EN EL LUGAR DEL ACCIDENTE <input type="radio"/> SIN ASISTENCIA SANITARIA <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<b>NO CONTABILIZABLE POR</b> <input type="radio"/> MUERTE NATURAL <input type="radio"/> SUICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE SUICIDIO <input type="radio"/> HOMICIDIO <input type="radio"/> INTENTO DE HOMICIDIO  <b>ACCESORIOS DE SEGURIDAD</b> <input type="radio"/> SIN REFLECTANTES <input type="radio"/> CON CHALECO <input type="radio"/> CON OTRO REFLECTANTE <input type="radio"/> SE DESCONOCE	<b>PRUEBA DE ALCOHOL</b> <input type="radio"/> NO SE REALIZA PRUEBA <input type="radio"/> NO, PORQUE SE NIEGA <input type="radio"/> NO, PORQUE NO PUEDE <input type="radio"/> PRUEBA EN AIRE mg/l _____ mg/l _____ <input type="radio"/> PRUEBA EN SANGRE g/l _____ <b>SIGNOS DE INFLUENCIA</b> <input type="radio"/> SIN SIGNOS <input type="radio"/> CON SIGNOS	<b>PRUEBA DE DROGAS</b> <input type="radio"/> NO SE REALIZA PRUEBA <input type="radio"/> EN SALIVA <input type="radio"/> EN SANGRE <input type="radio"/> OTRAS  <b>SIGNOS DE INFLUENCIA</b> <input type="radio"/> SIN SIGNOS <input type="radio"/> CON SIGNOS  <b>RESULTADO +/-</b> → <b>CONFIRMADO SI/NO</b> AMP <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO BDZ <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO COC <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO THC <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO OPI <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO METH <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO OTRAS <input type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO (SEL RESULTADO ES -)
<b>HOSPITAL AL QUE SE TRASLADA</b> <input type="radio"/> SE DESCONOCE			
<b>MOTIVO DE DESPLAZAMIENTO</b> <input type="radio"/> SERVICIO DE LIMPIEZA, RECOGIDA DE BASURA <input type="radio"/> EN ITINERE <input type="radio"/> TRANSPORTE DE MENORES AL COLEGIO <input type="radio"/> SERVICIO DE MANTENIMIENTO VIARIO <input type="radio"/> EN MISIÓN <input type="radio"/> OTRAS ACTIVIDADES <input type="radio"/> BOMBEROS, POLICÍA, AMBULANCIA <input type="radio"/> OCHO Y ENTRETENIMIENTO <input type="radio"/> SE DESCONOCE <input type="radio"/> ESTUDIANTE HACIA CENTRO DE ESTUDIOS			
<b>ACCIÓN DEL PEATÓN PREVIA AL ACCIDENTE</b> <input type="radio"/> SALIENDO ENTRE VEHÍCULOS APARCADOS <input type="radio"/> EN LA CALZADA DELANTE DE LA PARADA DEL BUS <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA JUSTO ANTES DE UNA INTERSECCIÓN <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA JUSTO DESPUÉS DE UNA INTERSECCIÓN <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA EN INTERSECCIÓN <input type="radio"/> CRUZANDO LA CALZADA EN SECCIÓN <input type="radio"/> CAMINANDO O PARADO EN LA ACERA O REFUGIO <input type="radio"/> CAMINANDO POR LA CALZADA O ARCÉN <input type="radio"/> PARADO EN LA CALZADA O ARCÉN <input type="radio"/> TRABAJANDO EN LA CALZADA O ARCÉN <input type="radio"/> REPARANDO EL VEHÍCULO <input type="radio"/> SERVICIO AUXILIO EN CARRETERA <input type="radio"/> PRECIPITACIÓN A LA VÍA (PUENTE, EDIFICIO...) <input type="radio"/> IRRUMPE EN LA CALZADA CORRIENDO/JUGANDO <input type="radio"/> AUXILIANDO ACCIDENTE ANTERIOR <input type="radio"/> SE DESCONOCE		<b>PRESENTAS INFRACCIONES DEL PEATÓN</b> <input type="radio"/> NINGUNA INFRACCIÓN <input type="radio"/> NO RESPETA SEMÁFORO DE PEATONES <input type="radio"/> NO CRUZA POR PASO PARA PEATONES <input type="radio"/> ESTÁ O CAMINA POR LA VÍA ANTIRREGLEMENTARIAMENTE <input type="radio"/> NO OBEDECE LAS INDICACIONES DEL AGENTE <input type="radio"/> OTRAS INFRACCIONES <input type="radio"/> SE DESCONOCE  <b>POSIBLE RESPONSABLE DEL ACCIDENTE</b> <input type="radio"/> SI <input type="radio"/> NO <input type="radio"/> SE DESCONOCE	
<b>FACTORES QUE PUEDEN AFECTAR A LA ATENCIÓN</b> <input type="radio"/> USO DE TELÉFONO MÓVIL <input type="radio"/> USO DE RADIO, DVD, VIDEO, AURICULARES... <input type="radio"/> PRESENCIA ACCIDENTE ANTERIOR <input type="radio"/> MIRAR EL ENTORNO (PAISAJE, PUBLICIDAD, SEÑALES...) <input type="radio"/> ESTAR PENSATIVO O ABSTRAIDO <input type="radio"/> ENFERMEDAD SÚBITA/INDISPOSICIÓN <input type="radio"/> NO SE Aprecia NINGÚN FACTOR		<b>PRESENTOS ERRORES DEL CONDUCTOR / PEATÓN</b> <input type="radio"/> NO SE Aprecian ERRORES <input type="radio"/> NO VER UNA SEÑAL <input type="radio"/> NO VER UN VEHÍCULO/PEATÓN/OBSTÁCULO... <input type="radio"/> NO ENTENDER UNA SEÑAL DE TRÁFICO O CONFUNDIRLA <input type="radio"/> INDECISIÓN, DEMORA O RETRASO EN TOMAR UNA DECISIÓN <input type="radio"/> EJECUCIÓN INCORRECTA DE MANIOBRA/MANIOBRA INADECUADA	

<p><b>SECUENCIA DEL ACCIDENTE</b> (CUMPLIMENTAR SÓLO EN CASO DE ACCIDENTES GRAVES O MORTALES)</p> <p>Los vehículos se identificarán como V1, V2, V3, V...</p> <p>Los peatones se identificarán como P1, P2, P3, P...</p> <p>Los conductores que hayan sido atropellados (se han caído del vehículo, estaban subiendo o bajando del mismo...) se identificarán como C. Se le asignará un número C1, C2, C3 teniendo en cuenta el vehículo en que viajaban). En el caso de los pasajeros se utilizará PA1, PA2... siguiendo la misma lógica.</p>	<p style="text-align: center;"><b>TIPOS DE EVENTOS:</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="vertical-align: top; width: 50%;"> <p><b>COLISIÓN ENTRE VEHÍCULOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. COLISIÓN FRONTAL</li> <li>2. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO DERECHO</li> <li>3. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO IZQUIERDO</li> <li>4. COLISIÓN LATERAL O REFLEJA</li> <li>5. RASPADO POSITIVO</li> <li>6. RASPADO NEGATIVO</li> <li>7. COLISIÓN POR DETRÁS, ALCANCE O EN CARAVANA</li> <li>8. ALCANCE INVERSO</li> <li>9. COLISIÓN POSTERIOR-LATERAL</li> <li>10. EMPOTRAMIENTO</li> </ol> <p><b>ATROPELLO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>11. ATROPELLO A PERSONA</li> <li>12. ATROPELLO A ANIMAL → <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span></li> </ol> <p><b>CAÍDA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>13. CAÍDA EN LA VÍA</li> <li>14. CAÍDA DE PASAJERO DENTRO DE BUS</li> </ol> <p><b>CHOQUE CONTRA OBSTÁCULO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15. ELEMENTOS DE OBRAS</li> <li>16. CONOS U OTROS ELEMENTOS DE BALIZA MÓVILES</li> <li>17. VALLA (NO BARRERA DE SEGURIDAD)</li> <li>18. DESPRENDIMIENTOS DE PIEDRA O VEGETACIÓN</li> <li>19. VEHÍCULO DETENIDO</li> <li>20. CARGA O ELEMENTOS DE OTROS VEHÍCULOS</li> <li>21. VEHÍCULOS IMPLICADOS EN ACCIDENTE PREVIO</li> </ol> <p><b>SALIDA DE LA CALZADA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>22. SALIDA POR LA DERECHA</li> <li>23. SALIDA POR LA IZQUIERDA</li> <li>24. SALIDA EN LÍNEA RECTA</li> <li>25. CRUCE DE MEDIANA</li> <li>26. INVASIÓN DE OTRA VÍA O CALZADA</li> <li>27. RETORNO A LA VÍA</li> </ol> </td> <td style="vertical-align: top; width: 50%;"> <p><b>CHOQUE CONTRA ELEMENTOS FIJOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>28. GLORIETA</li> <li>29. REFUGIO/ISLETA</li> <li>30. BORDILLO</li> <li>31. BOLLAROS</li> <li>32. SEÑAL DE TRÁFICO</li> <li>33. SETOS, ARBUSTOS</li> <li>34. ÁRBOL</li> <li>35. FAROLA O POSTE</li> <li>36. CONTENEDOR</li> <li>37. FUENTE O ESTATUA</li> <li>38. PARADA DE BUS</li> <li>39. BARRERA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS</li> <li>40. BARRERA DE PASO A NIVEL</li> <li>41. AMORTIGUADORES DE IMPACTO</li> <li>42. PASO SALVACUNETAS</li> <li>43. PUENTE O TÚNEL</li> <li>44. DIQUE, MURO DE CONTENCIÓN</li> <li>45. CASA, MURO O EDIFICIO</li> <li>46. MURO DE NIEVE O HIELO</li> <li>47. ROCA</li> <li>48. OTROS ELEMENTOS</li> </ol> <p><b>VUELCO, INCENDIO, REVENTÓN, OTRO TIPO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>49. GIROS SOBRE SÍ MISMO</li> <li>50. VUELTAS DE TONEL O DE CAMPANA</li> <li>51. VUELCO DEL VEHÍCULO</li> <li>52. INCENDIO DEL VEHÍCULO</li> <li>53. DESPEÑAMIENTO</li> <li>54. INMERSIÓN</li> <li>55. DESPLAZAMIENTO DE LA CARGA</li> <li>56. SEPARACIÓN DE UNIDADES DE CARGA</li> <li>57. DESPRENDIMIENTO DE CARGA</li> <li>58. OTRO TIPO DE SUCESO</li> </ol> <p><b>VEHÍCULO IMPLICADO SIN EVENTO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>59. SIN EVENTO O IMPLICADO SIN CHOQUE NI COLISIÓN</li> </ol> </td> </tr> </table>	<p><b>COLISIÓN ENTRE VEHÍCULOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. COLISIÓN FRONTAL</li> <li>2. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO DERECHO</li> <li>3. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO IZQUIERDO</li> <li>4. COLISIÓN LATERAL O REFLEJA</li> <li>5. RASPADO POSITIVO</li> <li>6. RASPADO NEGATIVO</li> <li>7. COLISIÓN POR DETRÁS, ALCANCE O EN CARAVANA</li> <li>8. ALCANCE INVERSO</li> <li>9. COLISIÓN POSTERIOR-LATERAL</li> <li>10. EMPOTRAMIENTO</li> </ol> <p><b>ATROPELLO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>11. ATROPELLO A PERSONA</li> <li>12. ATROPELLO A ANIMAL → <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span></li> </ol> <p><b>CAÍDA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>13. CAÍDA EN LA VÍA</li> <li>14. CAÍDA DE PASAJERO DENTRO DE BUS</li> </ol> <p><b>CHOQUE CONTRA OBSTÁCULO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15. ELEMENTOS DE OBRAS</li> <li>16. CONOS U OTROS ELEMENTOS DE BALIZA MÓVILES</li> <li>17. VALLA (NO BARRERA DE SEGURIDAD)</li> <li>18. DESPRENDIMIENTOS DE PIEDRA O VEGETACIÓN</li> <li>19. VEHÍCULO DETENIDO</li> <li>20. CARGA O ELEMENTOS DE OTROS VEHÍCULOS</li> <li>21. VEHÍCULOS IMPLICADOS EN ACCIDENTE PREVIO</li> </ol> <p><b>SALIDA DE LA CALZADA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>22. SALIDA POR LA DERECHA</li> <li>23. SALIDA POR LA IZQUIERDA</li> <li>24. SALIDA EN LÍNEA RECTA</li> <li>25. CRUCE DE MEDIANA</li> <li>26. INVASIÓN DE OTRA VÍA O CALZADA</li> <li>27. RETORNO A LA VÍA</li> </ol>	<p><b>CHOQUE CONTRA ELEMENTOS FIJOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>28. GLORIETA</li> <li>29. REFUGIO/ISLETA</li> <li>30. BORDILLO</li> <li>31. BOLLAROS</li> <li>32. SEÑAL DE TRÁFICO</li> <li>33. SETOS, ARBUSTOS</li> <li>34. ÁRBOL</li> <li>35. FAROLA O POSTE</li> <li>36. CONTENEDOR</li> <li>37. FUENTE O ESTATUA</li> <li>38. PARADA DE BUS</li> <li>39. BARRERA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS</li> <li>40. BARRERA DE PASO A NIVEL</li> <li>41. AMORTIGUADORES DE IMPACTO</li> <li>42. PASO SALVACUNETAS</li> <li>43. PUENTE O TÚNEL</li> <li>44. DIQUE, MURO DE CONTENCIÓN</li> <li>45. CASA, MURO O EDIFICIO</li> <li>46. MURO DE NIEVE O HIELO</li> <li>47. ROCA</li> <li>48. OTROS ELEMENTOS</li> </ol> <p><b>VUELCO, INCENDIO, REVENTÓN, OTRO TIPO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>49. GIROS SOBRE SÍ MISMO</li> <li>50. VUELTAS DE TONEL O DE CAMPANA</li> <li>51. VUELCO DEL VEHÍCULO</li> <li>52. INCENDIO DEL VEHÍCULO</li> <li>53. DESPEÑAMIENTO</li> <li>54. INMERSIÓN</li> <li>55. DESPLAZAMIENTO DE LA CARGA</li> <li>56. SEPARACIÓN DE UNIDADES DE CARGA</li> <li>57. DESPRENDIMIENTO DE CARGA</li> <li>58. OTRO TIPO DE SUCESO</li> </ol> <p><b>VEHÍCULO IMPLICADO SIN EVENTO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>59. SIN EVENTO O IMPLICADO SIN CHOQUE NI COLISIÓN</li> </ol>																									
<p><b>COLISIÓN ENTRE VEHÍCULOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. COLISIÓN FRONTAL</li> <li>2. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO DERECHO</li> <li>3. COLISIÓN FRONTOLATERAL AFECTANDO EL LADO IZQUIERDO</li> <li>4. COLISIÓN LATERAL O REFLEJA</li> <li>5. RASPADO POSITIVO</li> <li>6. RASPADO NEGATIVO</li> <li>7. COLISIÓN POR DETRÁS, ALCANCE O EN CARAVANA</li> <li>8. ALCANCE INVERSO</li> <li>9. COLISIÓN POSTERIOR-LATERAL</li> <li>10. EMPOTRAMIENTO</li> </ol> <p><b>ATROPELLO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>11. ATROPELLO A PERSONA</li> <li>12. ATROPELLO A ANIMAL → <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span></li> </ol> <p><b>CAÍDA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>13. CAÍDA EN LA VÍA</li> <li>14. CAÍDA DE PASAJERO DENTRO DE BUS</li> </ol> <p><b>CHOQUE CONTRA OBSTÁCULO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>15. ELEMENTOS DE OBRAS</li> <li>16. CONOS U OTROS ELEMENTOS DE BALIZA MÓVILES</li> <li>17. VALLA (NO BARRERA DE SEGURIDAD)</li> <li>18. DESPRENDIMIENTOS DE PIEDRA O VEGETACIÓN</li> <li>19. VEHÍCULO DETENIDO</li> <li>20. CARGA O ELEMENTOS DE OTROS VEHÍCULOS</li> <li>21. VEHÍCULOS IMPLICADOS EN ACCIDENTE PREVIO</li> </ol> <p><b>SALIDA DE LA CALZADA</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>22. SALIDA POR LA DERECHA</li> <li>23. SALIDA POR LA IZQUIERDA</li> <li>24. SALIDA EN LÍNEA RECTA</li> <li>25. CRUCE DE MEDIANA</li> <li>26. INVASIÓN DE OTRA VÍA O CALZADA</li> <li>27. RETORNO A LA VÍA</li> </ol>	<p><b>CHOQUE CONTRA ELEMENTOS FIJOS</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>28. GLORIETA</li> <li>29. REFUGIO/ISLETA</li> <li>30. BORDILLO</li> <li>31. BOLLAROS</li> <li>32. SEÑAL DE TRÁFICO</li> <li>33. SETOS, ARBUSTOS</li> <li>34. ÁRBOL</li> <li>35. FAROLA O POSTE</li> <li>36. CONTENEDOR</li> <li>37. FUENTE O ESTATUA</li> <li>38. PARADA DE BUS</li> <li>39. BARRERA DE CONTENCIÓN DE VEHÍCULOS</li> <li>40. BARRERA DE PASO A NIVEL</li> <li>41. AMORTIGUADORES DE IMPACTO</li> <li>42. PASO SALVACUNETAS</li> <li>43. PUENTE O TÚNEL</li> <li>44. DIQUE, MURO DE CONTENCIÓN</li> <li>45. CASA, MURO O EDIFICIO</li> <li>46. MURO DE NIEVE O HIELO</li> <li>47. ROCA</li> <li>48. OTROS ELEMENTOS</li> </ol> <p><b>VUELCO, INCENDIO, REVENTÓN, OTRO TIPO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>49. GIROS SOBRE SÍ MISMO</li> <li>50. VUELTAS DE TONEL O DE CAMPANA</li> <li>51. VUELCO DEL VEHÍCULO</li> <li>52. INCENDIO DEL VEHÍCULO</li> <li>53. DESPEÑAMIENTO</li> <li>54. INMERSIÓN</li> <li>55. DESPLAZAMIENTO DE LA CARGA</li> <li>56. SEPARACIÓN DE UNIDADES DE CARGA</li> <li>57. DESPRENDIMIENTO DE CARGA</li> <li>58. OTRO TIPO DE SUCESO</li> </ol> <p><b>VEHÍCULO IMPLICADO SIN EVENTO</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>59. SIN EVENTO O IMPLICADO SIN CHOQUE NI COLISIÓN</li> </ol>																											
<p style="text-align: center;"><b>MÉTODO METRAS DE SECUENCIACIÓN DEL ACCIDENTE</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 15%;">UNIDADES IMPLICADAS</th> <th style="width: 15%;">EVENTOS</th> <th style="width: 15%;">SUCESO MÁS GRAVE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table> <p>Ejemplar 1: <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></span> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Ejemplar 2: <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></span> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span></p> <p>Ejemplar 3: <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: yellow; border: 1px solid black;"></span> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightblue; border: 1px solid black;"></span> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 15px; background-color: lightgreen; border: 1px solid black;"></span></p> <p><small>Como guía puede identificar en estos diagramas a qué ejemplar en papel corresponde cada vehículo o peatón (si hay más de dos vehículos o más de un peatón) y el color que lo representa en papel (V1, P1...).</small></p> <p><small>NOTA: El vehículo o peatón que haya intervenido en primer lugar en un evento del accidente se situará en la primera columna de la secuenciación, y así sucesivamente. En el caso de vehículos que han intervenido en el accidente pero no han sufrido directamente las consecuencias del mismo se indicarán en la tabla y se indicará: Evento 59.</small></p>	UNIDADES IMPLICADAS	EVENTOS	SUCESO MÁS GRAVE																									<p><b>DESCRIPCIÓN DEL ACCIDENTE: NO PODRÁ CONTENER DATOS DE CARÁCTER PERSONAL</b></p> <div style="border: 1px solid black; height: 150px; width: 100%;"></div>
UNIDADES IMPLICADAS	EVENTOS	SUCESO MÁS GRAVE																										
<p><b>CROQUIS</b></p>	<p><b>OBSERVACIONES PODRÁN CONTENER DATOS DE CARÁCTER PERSONAL</b></p>																											
<p><b>FACTORES CONCURRENTES</b></p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%;"> <p>A) CONDUCCIÓN DISTRAIDA O DESATENTA: <input type="checkbox"/></p> <p>C) NO RESPETAR PRIORIDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>E) ADELANTAMIENTO ANTIRREGLEMENTARIO: <input type="checkbox"/></p> <p>G) CONDUCCIÓN NEGLIGENTE: <input type="checkbox"/></p> <p>I) IRRUMPIR ANIMAL EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> <p>K) ALCOHOL: <input type="checkbox"/></p> <p>M) ESTADO O CONDICIÓN DE LA VÍA: <input type="checkbox"/></p> <p>O) CANSANCIO O SUEÑO: <input type="checkbox"/></p> <p>Q) AVERÍA MECÁNICA: <input type="checkbox"/></p> <p>S) MAL ESTADO DEL VEHÍCULO: <input type="checkbox"/></p> <p>U) ESTADO O CONDICIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN: <input type="checkbox"/></p> <p>W) OTRO FACTOR: <input type="checkbox"/></p> </td> <td style="width: 50%;"> <p>B) VELOCIDAD INADECUADA: <input type="checkbox"/></p> <p>D) NO MANTENER INTERVALO DE SEGURIDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>F) GIRO INCORRECTO: <input type="checkbox"/></p> <p>H) CONDUCCIÓN TEMERARIA: <input type="checkbox"/></p> <p>J) IRRUMPIR PEATÓN EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> <p>L) DROGAS: <input type="checkbox"/></p> <p>N) METEOROLOGÍA ADVERSA: <input type="checkbox"/></p> <p>P) INEXPERIENCIA CONDUCTOR: <input type="checkbox"/></p> <p>R) TRAMO EN OBRAS: <input type="checkbox"/></p> <p>T) ENFERMEDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>V) OBSTÁCULO EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> </td> </tr> </table>		<p>A) CONDUCCIÓN DISTRAIDA O DESATENTA: <input type="checkbox"/></p> <p>C) NO RESPETAR PRIORIDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>E) ADELANTAMIENTO ANTIRREGLEMENTARIO: <input type="checkbox"/></p> <p>G) CONDUCCIÓN NEGLIGENTE: <input type="checkbox"/></p> <p>I) IRRUMPIR ANIMAL EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> <p>K) ALCOHOL: <input type="checkbox"/></p> <p>M) ESTADO O CONDICIÓN DE LA VÍA: <input type="checkbox"/></p> <p>O) CANSANCIO O SUEÑO: <input type="checkbox"/></p> <p>Q) AVERÍA MECÁNICA: <input type="checkbox"/></p> <p>S) MAL ESTADO DEL VEHÍCULO: <input type="checkbox"/></p> <p>U) ESTADO O CONDICIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN: <input type="checkbox"/></p> <p>W) OTRO FACTOR: <input type="checkbox"/></p>	<p>B) VELOCIDAD INADECUADA: <input type="checkbox"/></p> <p>D) NO MANTENER INTERVALO DE SEGURIDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>F) GIRO INCORRECTO: <input type="checkbox"/></p> <p>H) CONDUCCIÓN TEMERARIA: <input type="checkbox"/></p> <p>J) IRRUMPIR PEATÓN EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> <p>L) DROGAS: <input type="checkbox"/></p> <p>N) METEOROLOGÍA ADVERSA: <input type="checkbox"/></p> <p>P) INEXPERIENCIA CONDUCTOR: <input type="checkbox"/></p> <p>R) TRAMO EN OBRAS: <input type="checkbox"/></p> <p>T) ENFERMEDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>V) OBSTÁCULO EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p>																									
<p>A) CONDUCCIÓN DISTRAIDA O DESATENTA: <input type="checkbox"/></p> <p>C) NO RESPETAR PRIORIDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>E) ADELANTAMIENTO ANTIRREGLEMENTARIO: <input type="checkbox"/></p> <p>G) CONDUCCIÓN NEGLIGENTE: <input type="checkbox"/></p> <p>I) IRRUMPIR ANIMAL EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> <p>K) ALCOHOL: <input type="checkbox"/></p> <p>M) ESTADO O CONDICIÓN DE LA VÍA: <input type="checkbox"/></p> <p>O) CANSANCIO O SUEÑO: <input type="checkbox"/></p> <p>Q) AVERÍA MECÁNICA: <input type="checkbox"/></p> <p>S) MAL ESTADO DEL VEHÍCULO: <input type="checkbox"/></p> <p>U) ESTADO O CONDICIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN: <input type="checkbox"/></p> <p>W) OTRO FACTOR: <input type="checkbox"/></p>	<p>B) VELOCIDAD INADECUADA: <input type="checkbox"/></p> <p>D) NO MANTENER INTERVALO DE SEGURIDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>F) GIRO INCORRECTO: <input type="checkbox"/></p> <p>H) CONDUCCIÓN TEMERARIA: <input type="checkbox"/></p> <p>J) IRRUMPIR PEATÓN EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p> <p>L) DROGAS: <input type="checkbox"/></p> <p>N) METEOROLOGÍA ADVERSA: <input type="checkbox"/></p> <p>P) INEXPERIENCIA CONDUCTOR: <input type="checkbox"/></p> <p>R) TRAMO EN OBRAS: <input type="checkbox"/></p> <p>T) ENFERMEDAD: <input type="checkbox"/></p> <p>V) OBSTÁCULO EN CALZADA: <input type="checkbox"/></p>																											