

BLOQUE V: RESULTADOS

V.1. Análisis de la gravedad del accidente desde la perspectiva de los peatones

Tal y como se ha comentado anteriormente, el objetivo del primer artículo publicado fruto de la presente tesis doctoral consistió en analizar los diferentes factores que contribuyen a aumentar la probabilidad de un resultado mortal en el caso de que se produzca una colisión que involucre a peatones en travesías españolas. Además, se emplearon técnicas clúster para segmentar los datos de accidentes y de este modo reducir la heterogeneidad. Los datos utilizados en esta primera etapa de la investigación fueron recopilados del registro de accidentes de la Dirección General de Tráfico e incluyeron accidentes con un solo vehículo y un solo peatón en travesías españolas durante un periodo de 11 años (2006-2016). La muestra seleccionada consistió en más de un 90% de los accidentes en travesías que involucran peatones (el número de accidentes con más de un peatón accidentado y más de un vehículo involucrado es muy pequeño). La base de datos disponible no permitió recopilar información sobre los valores de las diversas variables analizadas en aquellas travesías en que no se producen accidentes. Lo ideal hubiera sido contemplar aquellas situaciones en las que un peatón mayor de 65 años cruza una travesía sin ser atropellado. Sin embargo, esto requeriría el diseño de otra encuesta más compleja donde los datos se deben recopilar utilizando otros tipos de metodologías, como por ejemplo el seguimiento de peatones utilizando dispositivos móviles y aplicaciones. Por tanto, la base de datos disponible únicamente nos permite estimar la gravedad de un accidente con peatones.

Finalmente, después de realizar una limpieza a la base de datos y eliminar aquellos accidentes con datos incompletos, se consideraron un total de 1.535 accidentes. Cada observación de la muestra registra la gravedad de la lesión de cada peatón involucrado en un accidente junto con un conjunto de parámetros que incluyen datos de las víctimas, tanto peatones como conductores, características del vehículo y características de la infraestructura vial. Como resultado, la muestra final consistió en 189 accidentes en los que el peatón falleció (12,4% de la muestra total), 452 accidentes en los que el peatón resultó gravemente herido (29,4% de la muestra total) y 894 accidentes en los que el peatón resultó levemente herido (58,2% del total).

V.1.1. Resultados del análisis clúster

En primer lugar, se aplicaron técnicas de análisis clúster al conjunto de datos de accidentes. Se utilizó el clúster k-means, un algoritmo de clasificación no supervisada. Se crearon diez modelos y se seleccionó aquel modelo que formaba cuatro grupos de accidentes. El primer grupo consistió en el 19,7% de la muestra, el segundo grupo estaba formado por el 26,6% de la muestra y los grupos 3 y 4 consistieron en el 15,5% y el 38,2% de la muestra, respectivamente. Las características de estos cuatro grupos se detallan a continuación.

En el primero de los clústeres formados, el conductor del 60,7% de los accidentes del grupo tenía entre 31 y 64 años. Los dos grupos de edad más afectados en este grupo fueron las víctimas entre 31 y 64 años y los peatones mayores de 65 años. El sexo de los conductores implicados en este grupo fue principalmente masculino (en el 78,9% de los casos). Por otro lado, en relación a los peatones, el 50,5% de ellos han sido mujeres, mientras que el resto de los peatones afectados eran de sexo masculino (49,5%). La mayoría de las colisiones ocurrieron en días laborables (71,2% de los casos). Además, se observó que estos accidentes ocurrieron en condiciones de luz diurna y sin ninguna restricción de visibilidad. La gran parte de los accidentes de este grupo ocurrieron en carreteras transversales sin arcén (68,3% del total de accidentes de este grupo) y sin acera (71,6% de los casos). El ancho de carril que caracteriza a este grupo se estima entre 3,25 y 3,75 metros (65,7%). Asimismo, los usuarios implicados en estos accidentes

no han cometido ninguna infracción relevante. Por tanto, este grupo se definió como *“atropellos en travesías sin acera ni arcén en condiciones diurnas y sin infracciones cometidas”*.

El segundo de los grupos, el clúster 2, estaba compuesto por 408 accidentes, en los que el conductor del 61,3% de los mismos tenía entre 31 y 64 años. La mayor parte de los lesionados de este grupo fueron peatones ancianos (mayores de 65 años). Al igual que el grupo anterior, el género de los conductores era prácticamente masculino (77,2%), mientras que en el sexo de los peatones implicados se repartía entre hombres y mujeres. Además, el 43,4% de los accidentes ocurrieron entre semana (de lunes a viernes), mientras que el 43,3% de los mismos sucedieron en días laborables. Asimismo, gran parte de estas colisiones tuvieron lugar en travesías sin arcén o con un arcén de menos de 1,5 metros. Sin embargo, el 70,1% de estos accidentes ocurrieron en travesías con acera. Con respecto a las infracciones, es importante mencionar que un 55,1% de los conductores no respetaron el paso de peatones, el 33,8% estaban distraídos y un bajo porcentaje de los mismos (13,2%) conducía a una velocidad inadecuada para las condiciones de la vía. Por lo tanto, este grupo se definió como *“atropellos en travesías con acera ocurridos entre semana y causados por no respetar los pasos de peatones y por conducir con distracciones”*.

A continuación, el grupo 3 que consistió en el 15,5% de la muestra total. Con respecto a la edad de los conductores, el 63% de los mismos tenían entre 31 y 64 años. Sin embargo, la mayoría de las víctimas fueron peatones de más de 65 años. De manera similar a los grupos 1 y 2, el género de los conductores fue principalmente masculino (79%), mientras que el sexo de los peatones fue mayoritariamente femenino (58,4%). Además, los accidentes ocurrieron entre semana en el 45,8% de los casos. La iluminación en la mayoría de estos accidentes fue adecuada y no hubo restricciones con respecto a la visibilidad. La mayoría de estos accidentes ocurrieron en travesías que no tenían arcén ni acera. En relación a las infracciones, los peatones no metieron ninguna infracción, pero el 60% de los conductores conducían distraídos. Además, otro 33% de los conductores no respetó los pasos de peatones. Por lo tanto, este grupo se definió como *“atropellos en travesías sin arcén ni acera, con peatones ancianos involucrados y causados por no respetar los pasos de peatones y conducir distraído”*.

Finalmente, el grupo 4 estaba formado por un total de 586 accidentes. El 59,7% de los conductores de este grupo tenía entre 31 y 64 años. Sin embargo, es importante señalar que este grupo involucra el mayor porcentaje de conductores jóvenes (26,3%). Los dos grupos de edad más afectados fueron los peatones con edades comprendidas entre 31 y 64 años y mayores de 65 años con un 30,9% y 36,5%, respectivamente. Además, los accidentes ocurrieron en días laborables en el 64,8% de los casos. Estos accidentes ocurrieron en condiciones de luz diurna y sin restricción de visibilidad. Asimismo, gran parte de los accidentes de este grupo tuvieron lugar en travesías sin arcén (49,1% de los casos) o más de 1,5 metros (27,5%) y sin acera (51,5% de los accidentes totales en este grupo). El ancho de carril que caracterizar a este grupo de travesías se estima entre 3,25 y 3,75 metros (58,2% de los casos). Sin embargo, un tercio de los accidentes sucedieron en travesías con un carril muy estrecho, de menos de 3,25 metros. Además, es importante destacar que el 55% de los peatones involucrados en estos accidentes cruzaron la vía ilegalmente y no usaron los pasos de peatones. Por lo tanto, este grupo puede definirse como *“atropellos con un porcentaje relevante de conductores jóvenes y peatones de edad avanzada, en travesías sin arcén o acera en las que los peatones han cometido infracciones”*.

V.1.2. Resultados del modelo de regresión logística multinomial

A continuación, una vez se llevó a cabo la segmentación de los accidentes, se aplicó un modelo de regresión logística multinomial para explorar los diferentes factores contribuyentes que son responsables de aumentar la probabilidad de un resultado mortal teniendo en cuenta el hecho de que produjo un accidente en una travesías española. Para ello, se desarrolló un modelo para

cada uno de los conglomerados creados, así como para el conjunto de la base de datos. La gravedad de la lesión del peatón fue considerada como la variable dependiente con las siguientes tres clases posibles: heridos leves, heridos graves y fallecidos. En estos modelos, se consideraron un total de 20 variables, que incluyeron la edad y el sexo de los conductores, la edad y el sexo de los peatones, los factores atmosféricos, el día de la semana en que ocurrió el accidente, el tipo de día, las condiciones de iluminación, las restricciones de visibilidad durante el accidente, la hora del accidente, el ancho del carril, el tipo de arcén, la presencia de acera, el estado de las marcas viales, el número total de víctimas, el número de ocupantes del vehículo involucrado y finalmente, las infracciones cometidas por los peatones y los conductores. Utilizando el método de máxima verosimilitud, se desarrollaron un total de cinco modelos, uno para todo el conjunto de datos y uno para cada grupo (de los grupos 1-4).

Los coeficientes estimados muestran los efectos de una variable determinante sobre la probabilidad condicional de un desenlace mortal en el caso de un accidente grave o mortal en comparación con un accidente con heridos leves. Los resultados de los modelos se encuentran en la Tabla 4 del primero de los artículos publicados, que puede ser consultada en el apartado V.I del bloque V del presente documento.

Los predictores con coeficientes positivos indican un aumento en la probabilidad de ocurrencia de accidentes mortales o graves en comparación con accidentes con consecuencias menores. Las variables que aumentan significativamente la probabilidad de accidentes mortales y graves teniendo en cuenta todo el conjunto de datos son las siguientes: visibilidad restringida por condiciones climáticas, infracciones cometidas por los peatones (como puede ser no utilizar pasos de peatones, cruzar ilegalmente o caminar por la vía), infracciones cometidas por el conductor (conducción distraída o desatenta, no respetar un semáforo o una intersección) y finalmente, infracciones de velocidad cometida por el conductor, como puede ser una velocidad inadecuada. Los resultados revelaron que la variable de la edad de los peatones es muy significativa. La razón de probabilidades estimada para la edad de un peatón entre 18 y 30 años fue de 0,531 ($e^{-0,633}$). Este resultado sugiere que la probabilidad de un desenlace mortal o grave disminuye cuando el peatón tiene entre 18 y 30 años de edad en comparación con los ancianos (mayores de 65 años), así como ocurre con los otros grupos de edad.

Con respecto a las restricciones de visibilidad, la razón de probabilidades estimada para la variable de visibilidad restringida por condiciones climáticas fue de 2,654 ($e^{0,976}$) y 2,460 ($e^{0,900}$) para visibilidad restringida por deslumbramiento. Estos resultados sugieren que las restricciones de visibilidad aumentan la probabilidad condicional de un resultado mortal o grave en el caso de que se produzca un accidente. Por otro lado, se ha demostrado que otros factores como el ancho del carril también tuvieron un efecto importante en la gravedad del accidente. La razón de oportunidades estimada para un ancho de carril de menos de 3,25 metros fue 0,602 ($e^{-0,507}$) y de 0,547 ($e^{-0,604}$) para un ancho de carril de entre 3,25 y 3,75 metros, en comparación con un ancho de carril de más de 3,75 metros. Estos resultados sugieren que un carril más estrecho disminuye la probabilidad condicional de un desenlace mortal o grave en el caso de que se produzca un accidente que involucre también a un peatón. En un primer momento, este resultado podría esperarse, ya que de acuerdo con la literatura anterior, un carril ancho puede fomentar velocidades más altas y, por lo tanto, puede aumentar la gravedad del accidente. Algo similar sucede con el ancho del arcén. La gravedad es menor para un ancho de arcén de menos de 2,5 metros y aumenta a medida que se incrementa su tamaño.

Asimismo, se ha observado que se pueden ocultar relaciones significativas al analizar accidentes de tráfico en un gran conjunto de datos heterogéneos. Muchos estudios han demostrado que segmentar los datos en grupos homogéneos ayuda a reducir la heterogeneidad

y proporciona más información sobre el análisis de seguridad del tráfico (Sun et al., 2019; De Oña et al., 2013). Por otro lado, algunas de las variables que no se han identificado como significativas en el análisis del conjunto de la base de datos se consideran determinantes para un determinado clúster. Además, la significancia de los efectos de las variables es estimada a ser muy diferente en el modelo del conjunto de datos y en los modelos de cada conglomerado. Por ejemplo, la razón de probabilidades de la edad de los peatones entre 18 y 30 años de edad se determinó como 0,531 ($e^{-0,633}$) para el modelo del conjunto de datos, mientras que se determinó que era 0,312 ($e^{-1,164}$) para el clúster 2. Además, el modelo de la base de datos completa revela que la razón de probabilidades de un peatón (en el grupo de edad de 18-30 años) involucrado en un accidente con consecuencias mortales o graves es 46,9% menor que en la condición inicial (peatones mayores de 65 años). Sin embargo, la razón de oportunidades estimada para el clúster 2 demostró que los peatones entre 18 y 30 años, que cruzan una travesía sin arcén, con aceras y donde los conductores han cometido infracciones, tienen un 68,8% menos de probabilidades de sufrir lesiones mortales o graves en comparación con la condición inicial (lesiones leves).

Además, algunas variables se consideran significativas sólo para ciertos grupos, que proporcionan información adicional. Por ejemplo, la variable que indica que el accidente ha ocurrido de madrugada no se considera significativa en el modelo de toda la base de datos, mientras que para el grupo 2 sí, siendo la razón de probabilidades 0,158 ($e^{-1,848}$). Esto indica que la razón de probabilidades de un peatón que está involucrado en un accidente con consecuencias mortales o graves cuando sucede en travesías sin arcén, con aceras y donde los conductores han cometido alguna infracción, es un 84,2% menor en la madrugada (12-6 am) en comparación con la noche (9-12 pm). Del mismo modo, con respecto a las marcas viales, la variable que contempla el marcado de los márgenes de la vía no se ha considerado significativa en el análisis del conjunto de la base de datos. No obstante, para el clúster 4 se ha estimado un coeficiente de 65,30 ($e^{4,179}$) para esta variable, lo que sugiere que los accidentes de vehículos y peatones con conductores jóvenes y peatones ancianos tienen un 6.000% más de probabilidades de sufrir lesiones mortales o graves en comparación con la ausencia de marcas viales en los márgenes de la vía. En otras palabras, las travesías sin marcas viales tienen más probabilidades de causar lesiones graves o mortales cuando se produce un atropello.

En general, el análisis estadístico también muestra que los atropellos son más propensos a causar lesiones mortales o graves cuando los peatones cometen una infracción, como pueden ser el no utilizar los pasos de peatones, invadir ilegalmente la vía o cruzar antirreglamentariamente, entre otros. Por ejemplo, cruzar ilegalmente una travesía tiene un 215% más de probabilidades de provocar lesiones graves o mortales en comparación con la condición de referencia (que no se cometa ninguna infracción). Del mismo modo, el exceso de velocidad (en comparación con no cometer ninguna infracción), se considera significativa en el modelo que representa a toda la base de datos. Se estima que este factor es 3,48 ($e^{1,248}$), lo que indica que cuando los conductores exceden la velocidad, los peatones accidentados tienen un 248% más de probabilidades de provocar lesiones graves o la muerte en comparación con la condición de referencia (que no haya infracción de velocidad por parte del conductor). En relación a los factores de infraestructura, se estimó que la razón de oportunidades para un ancho de carril comprendido entre 3,25 y 3,75 metros fue de 0,547 ($e^{-0,604}$) y de 0,602 ($e^{-0,507}$) para un ancho de carril de menos de 3,25 metros. Estos resultados indican que un carril más ancho aumenta la probabilidad condicional de un desenlace mortal en caso de accidente. Además, otro de los resultados que se ha podido obtener de este análisis es que las condiciones de mala visibilidad causadas por los factores atmosféricos o por deslumbramientos aumentan la gravedad de las lesiones de los peatones en los accidentes de tráfico en travesías.

V.2. Análisis de la gravedad del accidente desde la perspectiva de los peatones ancianos

Los resultados del primer artículo, cuyo objetivo fue analizar los accidentes de tráfico con peatones involucrados en las travesías españolas, revelaron que uno de los grupos más afectado y vulnerable fue el de los peatones de edad avanzada (mayores de 65 años). Además, la literatura previa analizada, tal y como se ha visto anteriormente, refleja que una gran parte de las travesías se concentran en poblaciones que tienen un alto porcentaje de residentes ancianos. Por este motivo, se decidió examinar más detalladamente este grupo en particular e ir un paso más allá incorporando a la base de datos variables territoriales.

Para ello se seleccionaron, en una primera etapa, todos los accidentes en travesías españolas que hubieran tenido como consecuencia al menos un herido grave o fallecido. De este conjunto de datos se realizó un análisis exploratorio, obteniendo como conclusión que el 42% del total de peatones involucrados en accidentes con al menos un herido grave fueron peatones ancianos mayores de 65 años. Este porcentaje se incrementa considerablemente cuando consideramos accidentes con al menos un fallecido, llegando a alcanzar un 71% del número total de víctimas. Estas cifras son muy altas y muestran la extrema fragilidad de las personas mayores, dada su mayor comorbilidad, especialmente en el caso de los peatones. Por lo tanto, estas cifras muestran que uno de los grupos de edad más vulnerables en nuestra muestra son los ancianos. Este grupo vulnerable está formado principalmente por peatones, y en menor medida, conductores. Por este motivo, partiendo desde la base de datos inicial, la muestra preliminar se filtró para incluir accidentes con un solo vehículo y un único peatón involucrado, donde unas de las dos víctimas tenían más de 65 años. Como resultado, la muestra final consistió en 225 accidentes (172 accidentes que involucran a un peatón mayor de 65 años; 33 accidentes en los que el conductor era anciano; y 20 accidentes en los que tanto el peatón como el conductor tenían más de 65 años), que tuvieron lugar en travesías durante un periodo de 10 años (2006-2015).

Por otro lado, tal y como se ha explicado en el capítulo II.4 del presente documento, acerca de las fuentes de información disponibles, el registro de accidentes de España no incluye muchas de las variables que serían necesarias para llevar a cabo un análisis con enfoque holístico del problema. Por este motivo se creó una metodología para recopilarlas mediante procedimientos *ad-hoc*, que nos permitió incorporarlas a la base de datos disponible para analizar el impacto de las mismas en la gravedad de los accidentes que involucran a peatones ancianos. Las siguientes variables se midieron *ad-hoc*: indicadores de exposición (intensidad media diaria, IMD), variables socioeconómicas de la población (porcentaje de población de mayores de 65 años, ingreso per cápita, tamaño de la población, tasa de desempleo), variables relacionadas con el trazado (longitud de la travesía, índice de consistencia del trazado, relación entre el radio mínimo y el radio promedio) y finalmente, factores territoriales (índice de separación física e índice de actividad). Finalmente, se obtuvo una muestra con 27 variables, a las que posteriormente se les aplicó una regresión logística binaria. Las 27 variables consideradas fueron las siguientes: ancho de la calzada, ancho del carril, presencia de arcén, tipo de arcén, presencia de acera, marcas viales, longitud de la vía, ratio radio mínimo/radio promedio, edad y sexo del conductor, edad y sexo del peatón, zona de la lesión, intensidad media diaria (IMD), porcentaje de vehículos pesados, tamaño de la población, porcentaje de residentes mayores de 65 años, tasa de desempleo, renta per cápita, tipo de día, factores atmosféricos, iluminación, restricciones de visibilidad, tipo de vehículo, índice de separación física, índice de separación de actividad e índice de permeabilidad peatonal.

V.2.1. Resultados del modelo de regresión logística binaria

A continuación, se desarrolló un modelo de regresión logística binaria mediante el software R-studio, junto con el paquete estadístico MASS. Se crearon tres modelos diferentes basándose

en el método de máxima verosimilitud. Finalmente, tras comparar tres criterios de selección (área bajo la curva ROC, el criterio de información Akaike y el criterio de información bayesiano), se seleccionó aquel modelo calculado mediante el método de retroceso.

Los coeficientes estimados revelan los efectos de las variables contribuyentes a la probabilidad condicional de un accidente mortal en el caso de que se haya producido un accidente con al menos un herido grave. El modelo calculado refleja la influencia de un total de 12 variables. Los coeficientes con valores positivos indican un incremento en la probabilidad de un resultado mortal en el caso de una colisión con un peatón. Los resultados del modelo revelan que las siguientes variables incrementan la gravedad del accidente: índice de separación física (travesías laterales y periurbanas), conductores entre 30 y 45 años y entre 55 y 65 años, visibilidad restringida por el terreno o la vegetación, una IMD entre 5.000 y 10.000 vehículos/día, así como un valor del índice de probabilidad mixto comprendido entre 0,8 y 1.

Los resultados del índice de separación física revelan que la variable territorial es muy significativa. La razón de probabilidades estimada para un valor del índice de separación física comprendido entre 0,2 y 0,4 es 2,983 ($e^{1,093}$). Este análisis sugiere que la probabilidad de un resultado mortal en una travesía lateral es un 198,2% mayor que en la condición de referencia, una travesía central. Por otro lado, la razón de oportunidades estimada para un valor del índice de separación física comprendido entre 0,8 y 1 fue de 12,300 ($e^{2,510}$). Este análisis indica que la probabilidad de un accidente con consecuencias mortales en una travesía periurbana es 1.130% mayor que en el caso de una travesía central. Para otros niveles de esta variable, los resultados no son estadísticamente significativos y no se puede llegar a una conclusión firme. Por consiguiente, se puede concluir que la gravedad del accidente es posiblemente menor cuando la travesía atraviesa la población separándola en dos mitades iguales (debido a que las velocidades son más bajas), aunque el número de peatones que cruzan la travesía (y de este modo se exponen a sí mismos a tener un accidente) puede ser considerablemente mayor en esta situación (en comparación con una travesía lateral o periférica). Como resultado, aunque la gravedad es menor, no podemos descartar la posibilidad de que el número de víctimas mortales sea mayor cuando la travesía atraviesa la población dividiéndola por la mitad.

Con respecto al índice de actividad, el modelo sugiere que la ubicación de los diferentes servicios no es sustancialmente relevante en accidentes mortales que involucran a peatones de edad avanzada. Sin embargo, la probabilidad de que las personas que viven en el municipio crucen la travesía es muy significativa en el modelo (índice de probabilidad mixta o de permeabilidad peatonal). De la misma manera que para el índice de separación física, la gravedad de un accidente que ocurre en una travesía que divide a la población en dos mitades iguales y donde los servicios y actividades se distribuyen favorablemente en toda la ciudad, es menor que en las poblaciones donde los servicios están localizados en un solo lado de la carretera (las razones de probabilidad disminuyen a medida que aumenta la probabilidad de cruzar).

Con respecto a los factores de infraestructura, la razón de probabilidad estimada para un ancho de carretera de entre 6 y 7 metros fue de 0,374 ($e^{-0,984}$) y 0,221 ($e^{-1,512}$) para un ancho de calzada mayor de 7 metros. Estos resultados indican que una travesía con una plataforma más ancha disminuye la probabilidad condicional de un resultado mortal en el caso de un accidente que involucre al menos a un individuo gravemente herido. En un primer momento, este resultado no podía esperarse, ya que de acuerdo con la literatura anterior, una travesía con una plataforma ancha puede alentar velocidades más altas y, por lo tanto, puede aumentar la gravedad (Fitzpatrick, Carlson y Brewer, 2001; Ma, Yang y Zeng, 2009). Sin embargo, otra interpretación sería que una plataforma más ancha corresponde a entornos más urbanos (entornos densamente construidos y poblados), donde la carretera se ha ensanchado para dar

espacio para el estacionamiento de vehículos, por ejemplo. Y por varias razones, las velocidades y la gravedad son más bajas en las zonas urbanas más densas. Una carretera ancha en un entorno densamente urbanizado puede corresponder a una sección transversal con más carriles o dos carriles, además de los espacios laterales dedicados al estacionamiento de vehículos y con anchos de carril más estrechos. Esta interpretación sería coherente con los resultados relativos al efecto del ancho del carril: la gravedad es menor para los carriles de menos de 3,25 metros.

En relación con la variable visibilidad, se puede concluir que la visibilidad restringida por la edificación reduce de manera muy significativa la gravedad del accidente en las travesías que involucran a un peatón. La visibilidad restringida puede desempeñar un papel complejo en términos de gravedad: por ejemplo, reduce el tiempo disponible para frenar (lo que lleva a una mayor velocidad de impacto y una mayor gravedad). Además, la visibilidad restringida por un edificio puede corresponder a entornos urbanos más densos, donde las velocidades y la gravedad son más bajas por varias otras razones.

Por otro lado, el tipo de vehículo es otra variable muy significativa para la gravedad de las lesiones del peatón cuando ocurre un atropello. Las consecuencias mortales son menos frecuentes cuando el vehículo que golpea al peatón es una motocicleta en lugar de un automóvil en este tipo particular de carretera. Sin embargo, la probabilidad general de causar un accidente mortal no es necesariamente menor para una motocicleta, ya que en comparación con los automóviles, los motociclistas pueden tener un mayor riesgo de colisionar con un peatón, según Clabaux et al. (2014).

Con respecto a los indicadores de exposición, la razón de probabilidades disminuye a medida que aumenta la intensidad media diaria (IMD). Las travesías con un volumen bajo de tráfico conducen a una mayor gravedad de los accidentes de peatones que aquellos con altos volúmenes de tráfico. La probabilidad de recibir lesiones mortales en las travesías es mayor cuando el peatón está menos expuesto al tráfico. Los volúmenes de tráfico más altos también pueden corresponder a entornos más densamente urbanizados, con un gran tráfico local, y donde la gravedad del accidente es baja por varias razones. También podrían corresponder a un tráfico más congestionado, con velocidades más bajas.

Finalmente, en relación con la zona de la lesión en los peatones, como se puede esperar, los peatones tienen un 70% menos de probabilidades de recibir lesiones mortales cuando la lesión es en un área que no sea la cabeza.

V.3. Análisis de la gravedad del accidente desde la perspectiva del conductor

Una vez se han analizado los accidentes desde el punto de vista del peatón, el siguiente paso fue analizarlos teniendo en cuenta la visión de otro tipo de usuario: el conductor. Para ello se han examinado todos los accidentes con un solo vehículo implicado, que han tenido lugar en travesías en el periodo comprendido entre los años 2006 y 2016, desde el punto de vista del conductor, identificando los factores de riesgo que determinan la mayor o menor incidencia en la siniestralidad vial, la gravedad y el grado de lesión de las víctimas en caso de accidente.

El primer paso consistió en extraer del registro de accidentes de la Dirección General de Tráfico todos aquellos accidentes localizados en travesías en un periodo de 11 años (2006-2016). A continuación, se seleccionaron únicamente aquellos accidentes con un solo vehículo implicado, obteniendo un total de 3.351 accidentes. Posteriormente, los datos generales del accidente se cruzaron con los datos de la víctima y solo se seleccionaron aquellos accidentes en los que el conductor resultó fallecido, herido grave o herido leve, descartando, por tanto, los accidentes que han tenido como consecuencia únicamente ilesos. Finalmente, después de realizar este procedimiento y de eliminar aquellos accidentes con datos incompletos acerca de las variables

que queremos analizar, se obtuvieron un total de 2.355 accidentes. Cada observación de la muestra representa la gravedad de la lesión de cada conductor involucrado en un accidente junto con un conjunto de parámetros que incluyen datos del conductor, atributos del vehículo y características de la infraestructura vial.

Tal y como hemos visto en capítulos anteriores, a pesar de que la base de datos española es una de las más consolidadas en el marco de la seguridad vial en comparación con otros países, no contiene información sobre algunas variables de interés, como pueden ser indicadores de exposición al tráfico, variables de trazado o factores territoriales relacionados con el punto donde se produjo el accidente. El análisis de la causalidad de los accidentes de tráfico es una tarea compleja debido a la heterogeneidad de los accidentes y es importante abordar tantas variables como sea posible para tener en cuenta todos los factores de influencia posibles. Independientemente de esto, es importante mencionar que la recopilación de estas variables es un proceso muy laborioso y requiere recursos extensos y considerables debido a que deben recopilarse manualmente. Sin embargo, es la única forma de estudiar la seguridad vial de manera integral. Por esta razón, se decidió seleccionar sólo una pequeña muestra representativa basándonos en el coste, el tiempo y la conveniencia de recopilar los datos, ofreciendo un poder estadístico suficiente.

Por tanto, de la muestra que inicialmente habíamos extraído y seleccionado previamente, se seleccionaron únicamente aquellas travesías de las que habíamos obtenido datos territoriales, de trazado y de tráfico, en el estudio previo que se había realizado sobre peatones de edad avanzada (Casado-Sanz et al., 2019). Se comprobó que esta muestra fuese representativa del conjunto de accidentes. Por tanto, la muestra final consistió en 1.064 accidentes, entre ellos 396 accidentes en los que el conductor resultó fallecido (37,2% de la muestra total), 193 accidentes en los que el conductor resultó gravemente herido (18,1% de la muestra total) y 475 accidentes en los que el conductor resultó levemente herido (44,7% de la muestra total). Se contemplaron un total de 23 variables para el análisis estadístico, que son las siguientes: tipo de accidente, edad y sexo del conductor implicado, factores atmosféricos, día de la semana, tipo de día, iluminación, restricciones de visibilidad, hora del accidente, ancho de carril, tipo de arcén, presencia de acera, marcas viales, número de heridos, número de ocupantes, infracciones del conductor, longitud de la carretera, ratio radio mínimo/radio promedio, intensidad media diaria (IMD), porcentaje de vehículos pesados, índice de separación física (efecto barrera), índice de separación de actividad o permeabilidad peatonal.

V.3.1. Resultados del análisis clúster

En primer lugar, se aplicaron técnicas de análisis clúster al conjunto de datos de accidentes. Se utilizó el clúster latente empleando el software Latent GOLD v. 5.1. La gravedad de la lesión del conductor se consideró como una variable dependiente con tres categorías posibles: heridos leves, heridos graves o fallecidos. Se calcularon ocho modelos de conglomerados para elegir el número apropiado de clústeres. El criterio BIC se utilizó para seleccionar el número óptimo de grupos. Finalmente, los datos de accidentes con un solo vehículo implicado se agruparon en tres grupos. Para este propósito, las categorías más significativas para cada variable se determinaron usando la probabilidad condicional más alta de pertenecer a un grupo específico. La caracterización se basó en la selección de las variables que permitieron la distinción entre grupos. El primer grupo consistió en el 37,6% de la muestra, el segundo grupo estaba formado por el 32,8% de la muestra y por último, el grupo 3 consistió en el 29,6% de la muestra. Una vez que se había seleccionado el número óptimo de grupos, el siguiente paso fue caracterizarlos. Las características de estos cuatro grupos se detallan a continuación.

El clúster 1 contiene el 37,6% del total de accidentes de la muestra. Los conductores del 59,7% de estos accidentes tenían entre 26 y 64 años. El género de los conductores de este grupo ha sido principalmente masculino (75,2%). Los accidentes han sido causados por vuelcos de vehículos en el 38,2% de los casos. Estos vuelcos tuvieron lugar en días laborables en el 61,1% de los casos y durante la tarde (12-6 pm). Además, estos accidentes sucedieron en condiciones de luz diurna y sin restricciones de visibilidad. La mayor parte de los accidentes en este grupo tuvieron lugar en travesías sin arcén (66% de los casos) y sin acera (80,7% de los accidentes totales). Asimismo, el ancho de carril predominante en este primer grupo estaba comprendido entre 3,25 y 3,75 metros. Los conductores heridos involucrados en estos accidentes no han cometido ninguna infracción significativa. En relación con el volumen de tráfico, estos accidentes se han producido en travesías con un alto volumen de tráfico y un porcentaje de vehículos pesados de más del 5%. Finalmente, con respecto a los factores territoriales, este grupo se compone principalmente de travesías centrales donde la mayoría de los puntos de interés se encuentran en un sólo lado de la vía. Como resultado, este grupo se define como *“vuelcos de vehículos en travesías centrales sin arcén ni acera causado por conductores entre 26 y 64 años sin infracciones cometidas”*.

El segundo grupo formado incluyó el 32,8% del total de accidentes de la muestra. Los conductores del 40,6% de estos accidentes eran mayores de 65 años. A diferencia de los resultados obtenidos en el grupo anterior, en este clúster el género de los conductores fue predominantemente femenino (54,2%). Los accidentes en este grupo han sido causados por atropellos de peatones en el 82,4% de los casos. El 60,5% de estos accidentes ocurrieron en días laborables y durante la mañana (6-12 am). Además, los resultados relevaron que estos accidentes tuvieron lugar en condiciones de luz diurna y sin restricción de visibilidad. La mayor parte de los mismos sucedieron en travesías sin arcén (73,2% de los casos) y sin acera (92,7% del total de accidentes de este grupo). Se ha estimado que el ancho del carril que predomina en este grupo es aquel con un ancho menor de 3,25 metros. Con respecto a las infracciones, en el 38,9% de los accidentes, los conductores circulaban a una velocidad inadecuada para las condiciones existentes. Además, estos accidentes se han producido en travesías con un alto volumen de tráfico y un porcentaje de vehículos pesados de más del 7,5%. Finalmente, en relación a los indicadores territoriales, este grupo está formado fundamentalmente por travesías centrales donde la mayoría de los puntos de interés se encuentran únicamente a un lado de la travesía. Por lo tanto, este grupo se define como *“atropellos en travesías centrales sin aceras ni arcenes causados por conductores de edad avanzada que circulan a una velocidad inadecuada en días laborables”*.

El tercer y el último grupo está formado por el 29,6% del total de accidentes de la muestra. Los conductores del 51,5% de estos accidentes tenían menos de 26 años. Al igual que el grupo 1, el género de los conductores de este grupo fue principalmente masculino (86,8%). Los accidentes en este grupo han sido causados por salidas de vía con o sin colisión en el 71,8% de los casos. Estos accidentes ocurrieron principalmente en días festivos durante el fin de semana en el 53,1% de los casos y durante la madrugada (12-6 am). Además, se observó que estos accidentes ocurrieron en condiciones de luz diurna y sin restricciones de visibilidad. Gran parte de los mismos ocurrieron en travesías sin arcén o con un arcén de menos de 1,5 metros (45,7% y 42,3%, respectivamente). El ancho del carril que caracteriza a este grupo se estima entre 3,25 y 3,75 metros. Con respecto a las infracciones, el 38,3% de los conductores circulaban distraídos o desatentos y otro 33,1% de ellos cometió otra infracción. Además, el 39,7% de ellos circulaba a una velocidad inadecuada para las condiciones existentes. En relación con el volumen de tráfico, estos accidentes se han producido en travesías con un bajo nivel de tráfico y un porcentaje de vehículos pesados de más de 7,5%. Finalmente, en lo que se refiere a los indicadores

territoriales, este grupo consiste fundamentalmente en travesías centrales donde la mayoría de los puntos de interés se encuentran a un lado de la vía. Por lo tanto, este grupo se definió como “salidas de vía con un alto porcentaje de conductores en travesías centrales sin acera ni arcén, causadas por conducción distraída y velocidad excesiva durante el fin de semana por la noche”.

V.3.2. Resultados del modelo de regresión logística multinomial

A continuación, se aplicó un modelo de regresión logística multinomial a todo el conjunto de la base de datos y a cada uno de los grupos individualmente. La gravedad de la lesión del conductor se seleccionó como una variable dependiente con las siguientes tres categorías posibles: heridos leves, heridos graves y fallecidos. Los coeficientes resultantes de los modelos estadísticos muestran los efectos que tiene una variable contribuyente sobre la probabilidad condicional de una consecuencia mortal en caso de que ocurra un accidente grave o fatal en comparación con un accidente leve. Los resultados de los modelos revelaron que las variables que incrementan significativamente la probabilidad de accidentes mortales y graves, teniendo en cuenta el modelo del conjunto de la base de datos, son las siguientes: índice de separación física, intensidad media diaria (IMD), porcentaje de vehículos pesados, día de la semana, ancho de carril, marcas viales, infracciones cometidas por el conductor y el tipo de accidente. Los resultados del indicador de separación física revelaron que la variable territorial es muy relevante. La razón de probabilidades calculada para un valor del índice de separación física entre 0,4 y 0,6 fue 2,370 ($e^{0,863}$). Este análisis sugiere que la probabilidad de un desenlace mortal o grave en una travesía lateral es 237% mayor que la condición de referencia, una travesía periurbana. Este resultado puede parecer, a priori, contrario a lo esperado. Como se mencionó en secciones anteriores y dadas las evidencias encontradas por en el segundo artículo publicado en esta investigación (Casado-Sanz, Guirao y Gálvez-Pérez, 2019), una travesía central podría ser la situación más desfavorable para un peatón. Sin embargo, el análisis actual ha revelado que, desde la perspectiva del conductor, las travesías que pasan por las afueras de la ciudad son más peligrosas con los mayores riesgos de gravedad de las lesiones. Esto puede deberse a varias razones que deberían analizarse en mayor profundidad. Por un lado, al atravesar la población, los conductores podrían encontrarse más obstáculos, secciones más estrechas, menos visibilidad o calles más urbanizadas que reducirían la velocidad del conductor. Por otro lado, si la carretera bordea la población por sus alrededores (como una variante), la sección es generalmente más generosa, no hay obstáculos y la velocidad aumenta. Para los otros niveles de esta variable, los resultados no son estadísticamente significativos y, por lo tanto, no se puede llegar a una conclusión firme.

Con respecto a los indicadores de exposición, la razón de probabilidades disminuye a medida que aumenta la intensidad media diaria (IMD). Este resultado sugiere que las travesías con un volumen de tráfico bajo aumentan la gravedad de la lesión del conductor en caso de accidente, en comparación con los volúmenes de tráfico más altos. Una posible explicación podría ser que los volúmenes de tráfico más altos generalmente están relacionados con áreas más densamente urbanizadas, donde el conductor espera encontrar más tráfico local y las travesías tienen a estar mejor señalizadas y con limitaciones de velocidad (más semáforos en los pasos de peatones, travesías de mayor longitud, aceras en lugar de arcenes, etc.). Además, estas áreas generalmente están más congestionadas y las velocidades también son más bajas debido a esta razón. Además, en relación con los vehículos pesados, la razón de probabilidad estimada para una travesía con un porcentaje de vehículos pesados entre el 5% y el 7,5% es 0,615 ($e^{-0,486}$). Este análisis sugiere que la probabilidad de un desenlace mortal o grave disminuye cuando la travesía tiene un porcentaje más bajo de vehículos pesados.

En relación a los factores de infraestructura, varias variables han resultado ser significativas. En primer lugar, la razón de oportunidades obtenida para un ancho de travesía de menos de 3,25 metros fue de 0,501 ($e^{-0,692}$), lo que sugiere que un carril más estrecho disminuye la gravedad de la lesión del conductor en caso de accidente, en comparación con un ancho de carril de más de 3,75 metros. Estos resultados son consistentes con la literatura previa (Fitzpatrick et al., 2001; Ma et al., 2009), lo que sugiere que las travesías con una plataforma más anchas pueden implicar velocidades más altas con el consiguiente aumento de la gravedad del accidente. En cambio, en el clúster 2, los resultados revelan que las travesías con arcenes pequeños son más peligrosas que aquellas que tienen un arcén mayor de 2,5 metros. Es importante mencionar que una superficie pavimentada más amplia generalmente corresponde a entornos más urbanos (ciudades densamente construidas y pobladas), donde la travesía se ha ampliado para proporcionar espacio para estacionamiento de automóviles, por ejemplo. Además, por varias causas, las velocidades y la gravedad son más bajas en las zonas urbanas más densas.

Por otro lado, teniendo en cuenta las marcas viales, los resultados revelaron que las travesías sin marcas viales tienen más probabilidades de causar lesiones mortales o graves durante los accidentes de un solo vehículo.

Con respecto a las infracciones cometidas por el conductor, se puede concluir que los accidentes de un solo vehículo son más propensos a causar lesiones graves o mortales cuando los conductores cometen una infracción (como exceder la velocidad, retroceder incorrectamente o conducir distraído). Además, se puede concluir que conducir distraído o sin prestar atención tiene un 637% más de probabilidades de provocar lesiones graves o mortales en comparación con la condición de referencia, no cometer ninguna infracción.

Por otro lado, se ha podido observar que numerosas variables que no han resultado significativas en el análisis del conjunto de datos, se identifican como relevantes en algunos de los conglomerados. Por ejemplo, la variable índice de separación de actividad no ha resultado significativa en el conjunto de la base de datos, mientras que para el grupo 2, la razón de probabilidad obtenida para un valor entre 0,6 y 0,8 fue de 48,47 ($e^{3,881}$). Este valor indica que los accidentes con peatones implicados y conductores de edad avanzada tienen un 4.847% más de probabilidades de sufrir lesiones mortales o graves cuando la travesía tiene todos los puntos de interés (escuelas, hospitales, tiendas de comestibles, etc.) ubicados en un solo lado de la carretera. Este hecho es coherente con los resultados obtenidos en el segundo artículo expuesto en el presente documento (Casado-Sanz et al., 2019), y puede deberse a la mayor probabilidad de que los residentes crucen la travesía con el consiguiente aumento de los conflictos entre vehículos y peatones. Otra conclusión que se puede obtener del modelo es que la razón de oportunidades de que un conductor esté involucrado en un atropello con consecuencias graves o mortales cuando el accidente tiene lugar en una travesía central sin acera ni arcén es un 81,6% menor en comparación con una travesía periurbana.

El clúster número 3, correspondiente a los accidentes en travesías causados por conductores jóvenes, también permite obtener resultados muy reveladores. En primer lugar, de los resultados obtenidos se puede deducir que conducir a una velocidad inadecuada aumenta significativamente la gravedad de las lesiones del conductor, así como las restricciones de visibilidad, que es otra variable que afecta principalmente a este grupo. Además, los accidentes causados por el grupo de jóvenes son mucho más graves cuando ocurren a última hora de la noche que por la mañana. En relación con el género, se ha demostrado que los accidentes presentan una mayor gravedad de las lesiones del conductor cuando éste es un hombre. Por otro lado, los resultados del clúster 1, correspondiente a los accidentes causados por vuelcos de vehículos en travesías centrales con conductores entre 26 y 64 años, revelan que la variable de

separación de actividad es muy significativa. Para este grupo en particular, la razón de probabilidades obtenida para un valor entre 0 y 0,2 se estima en 18,84 ($e^{2,936}$). Este valor indica que los vuelcos de vehículos con conductores adultos son 1.884% más propensos a sufrir lesiones graves o mortales cuando la población tiene todos los puntos de interés distribuidos de manera homogénea (50% de ellos en un lado de la carretera y 50% en el otro lado). Además, como ha sucedido con otros grupos, las infracciones de los conductores han desempeñado un papel importante en el aumento de la gravedad de este grupo de accidentes. En este caso, se ha demostrado que la conducción distraída o desatenta aumenta notablemente la gravedad de los accidentes por vuelco. Finalmente, en relación con el tamaño del arcén, los resultados obtenidos para el conglomerado 2, revelan que los accidentes que ocurren en travesías sin un arcén o con un arcén muy estrecho son más graves que aquellos que tienen un arcén de más de 2,5 metros. Por lo tanto, se puede concluir que un arcén más ancho reduce la probabilidad condicional de una consecuencia mortal cuando ocurre un atropello.

V.4. Análisis de la seguridad vial desde diferentes perspectivas: conductores vs peatones

Una vez hemos analizado los resultados obtenidos en cada uno de los tres modelos desarrollados, a continuación en esta sección se va a realizar una comparación entre ellos. La Figura 52 muestra un resumen de los principales resultados del análisis de los accidentes en las travesías españolas desde la perspectiva de dos de los usuarios que intervienen: los peatones y los conductores. Las pirámides incluyen las cinco variables predictoras más significativas para cada análisis realizado bajo las perspectivas del conductor y del peatón. La perspectiva de los peatones de edad avanzada (mayores de 65 años) también ha sido representada. El nivel de significancia disminuye con la altura de la pirámide y la variable más significativa para el grupo se encuentra en la base de la pirámide. Tal y como podemos observar en esta figura, las infracciones cometidas por el conductor y el tipo de accidente son los factores contribuyentes más relevantes en la gravedad del conductor en los accidentes ocurridos en las travesías españolas y que involucran a un único vehículo. Los resultados de este análisis ponen de manifiesto que estos factores deben tenerse en cuenta en los estudios de accidentalidad vial en travesías y para los conductores.

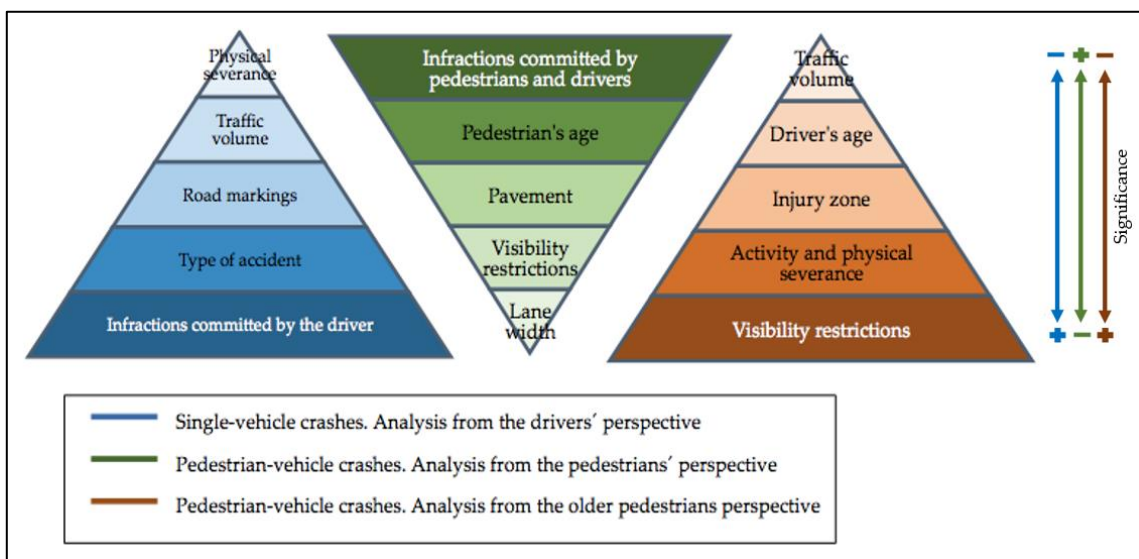


Figura 52. Ranking de variables significativas obtenidas en los diversos análisis realizados para explorar los principales factores que contribuyen a la gravedad del accidente. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, al igual que en el caso anterior, si tenemos en cuenta la perspectiva de los peatones, las variables relacionadas con las infracciones, tanto de los peatones como del

conductor, también son significativas, seguido de la edad del peatón, que también juega un papel fundamental en este tipo de accidentes. Sin embargo, si únicamente consideramos el grupo de los peatones de edad avanzada (mayores de 65 años), las variables más significativas cambian, siendo las que más afectan, en este caso, las restricciones de visibilidad y la separación física y de actividad.

Los resultados y conclusiones obtenidos de estos tres conjuntos de análisis pueden ayudar a los responsables políticos a diseñar un conjunto de planes de acción estratégicos a nivel urbano, en particular, para este tipo específico de carretera y por categorías de usuarios. Conocer cuáles son las variables más significativas y en qué medida afectan a la gravedad del accidente es un pilar fundamental para comprender y resolver mejor los problemas reales de seguridad vial existentes.

BLOQUE VI: CONCLUSIONES

VI.1. Conclusiones

La presente tesis doctoral ha tenido como objetivo fundamental la caracterización de la seguridad vial de las travesías españolas para explicar por qué ocurren los accidentes en este tipo de vías y encontrar respuestas que cubran las lagunas existentes en el conocimiento de la casuística de los accidentes de tráfico, analizando su gravedad y su posible relación con el proceso de envejecimiento poblacional en España. La travesía es un tipo de vía muy singular, con características propias tanto de carretera urbana como de interurbana, y el hecho de que se asocie a entornos rurales ha motivado que el análisis de su siniestralidad haya quedado relegado frente al estudio de la seguridad vial en las grandes ciudades y en las vías claramente interurbanas. Por cuestiones de equidad social, la seguridad vial en zonas rurales debe ser estudiada con la misma intensidad y medios que en las grandes ciudades. La ausencia de un transporte público denso (que supone mayor dependencia del vehículo privado) junto con el envejecimiento poblacional de las áreas rurales y pequeñas poblaciones, son los argumentos que sostienen la necesidad de investigación en seguridad vial de las travesías.

En la presente tesis doctoral se ha realizado un gran esfuerzo en la recopilación de datos para la obtención de una base de datos que permita estudiar los accidentes desde una perspectiva holística. Además, se han desarrollado nuevos indicadores y metodologías que han permitido analizar las travesías desde el punto de vista territorial, un enfoque tratado por pocos estudios sobre seguridad vial hasta el momento. Asimismo, esta investigación ha puesto de manifiesto que las travesías no pueden estudiarse sin la perspectiva de dos tipos de usuarios que básicamente la utilizan:

- Peatones habitantes del municipio atravesado por la travesía, para los que esta vía forma parte de sus itinerarios a pie entre su residencia y los centros de actividad habituales dentro del municipio.
- Conductores de larga distancia o del municipio, cuyo objetivo es circular por esta vía lo más rápido posible.

A este enfoque de la investigación, se le ha añadido otra variable que caracteriza a las poblaciones pequeñas: el envejecimiento poblacional.

En una primera etapa, se analizaron los accidentes en travesías con peatones implicados, de todos los tipos de edad. Las conclusiones que se pudieron obtener de este análisis indican que la visibilidad restringida por las condiciones climáticas o el deslumbramiento y las infracciones cometidas por el peatón y por el conductor (como no usar pasos de peatones, cruzar ilegalmente o conducir distraído o a una velocidad inadecuada) inciden negativamente en la accidentalidad

de las travesías, incrementando notablemente la gravedad de las lesiones cuando se produce un accidente. Por otro lado, también se pudo concluir que los accidentes ocurridos en travesías con presencia de aceras en sus secciones transversales, así como la existencia de marcas viales en óptimas condiciones está asociada con accidentes de menor gravedad.

De la primera fase del estudio, se concluyó que sólo con las variables aportadas por el Registro Nacional de Accidentes de la DGT, que no contiene indicadores territoriales, era muy difícil analizar la perspectiva del peatón en el estudio de la seguridad vial de las travesías y poder modelizar adecuadamente los factores determinantes en la severidad de los accidentes. De hecho, una de las principales aportaciones de esta tesis ha sido el diseño de indicadores territoriales que representen no sólo el efecto de la “barrera” física generada por el trazado de la travesía (áreas edificadas separadas), sino también que traten de medir el efecto de barrera generado por la travesía entre domicilios y centros de actividad. La incorporación de variables socioeconómicas y, sobre todo, la medición de otras variables ad-hoc vinculadas a la infraestructura (sinuosidad del trazado en planta), y no contenidas en la base de datos, han representado también retos para la investigación. Lo más interesante, como conclusión de esta segunda fase, en la que se incorporan nuevas variables a la modelización de la severidad de accidentes con peatones ancianos implicados, es la relevancia de los factores territoriales, junto con la visibilidad como variables significativas. El efecto “barrera física” y la distribución de los servicios y actividades a lo largo del territorio juegan un papel fundamental en la siniestralidad de este grupo vulnerable de usuarios, incrementando significativamente la severidad del accidente. Este resultado supone un cambio en el planteamiento de las medidas de actuación en travesías, que no deben focalizarse sólo en la implementación generalizada de actuaciones de “traffic calming” en la infraestructura (aceras más anchas, mayor semaforización, lomos de asno como reguladores de velocidad, etc). Los itinerarios peatonales recurrentes que utilizan la travesía como parte de camino recorrido deben ser estudiados, junto con el análisis de las infracciones más habituales de este grupo de edad. Una de recomendaciones sería intensificar la señalización en aquellos puntos de cruce más utilizados por los ancianos en sus itinerarios peatonales, pero para ello se requiere un mayor conocimiento de esta movilidad peatonal. Otra de las conclusiones derivadas de esta investigación, a la vista de la importancia que adquieren las infracciones cometidas por los peatones, es la necesidad de un proceso de formación continua de todos los usuarios de la vía (peatones, conductores, pasajeros). Los cursos de “re-educación vial” para peatones y conductores ancianos son necesarios. Y, en este sentido, existe una preocupación en la Administración gestora de la seguridad vial en España (DGT) por conocer algunos aspectos importantes de la movilidad de los ancianos, como la edad real en la que dejan de conducir (aunque no lo declaren) o su comportamiento como peatones en la ciudad (velocidades reales de desplazamiento, percepción de la señales acústicas y visuales de la señalización variable, etc.).

Una vez concluido el análisis del peatón anciano en travesías, en la tercera y última etapa de la investigación se estudió la accidentalidad desde la perspectiva de los conductores. Se añadieron igualmente a los modelos, las variables obtenidas ad-hoc, y del modelo estadístico desarrollado se pudo concluir que las travesías laterales, con un volumen de tráfico bajo y un alto porcentaje de vehículos pesados incrementan notablemente la gravedad de las lesiones de estos usuarios. Otra vez, los indicadores territoriales cobran relevancia, incluso desde la perspectiva del conductor. ¿Por qué una travesía lateral puede conducir las lesiones más graves para el conductor en caso de accidente? Las travesías centrales suelen estar más señalizadas, iluminadas y están dotadas de elementos en la sección transversal claramente urbanos, por lo que el conductor suele reducir su nivel de distracción, y es consciente de que empieza a discurrir por zona urbana. En travesías laterales ocurre justamente lo contrario, y este resultado invita a intensificar también la señalización e iluminación de las travesías laterales.

En términos generales, se puede concluir que los resultados obtenidos ponen de manifiesto la importancia de considerar los factores territoriales en la siniestralidad vial de las travesías. El análisis realizado confirma, desde la perspectiva del peatón, una mayor peligrosidad para aquellas travesías centrales con centros de actividad concentrados en uno de los márgenes de la travesía y longitudes y tráficos acotados por debajo de unos máximos (1 km de longitud y 2.500 vehículos/día). Con relación a la influencia del proceso de envejecimiento poblacional en la siniestralidad en travesías, el análisis exploratorio indica la necesidad de segregar los accidentes en los que hay implicado un peatón, ya que las víctimas de accidentes en travesías con más de 65 años se concentran prácticamente sólo en los peatones. Las víctimas conductores, sin embargo, no se asocian a este grupo de mayores, sino que presentan una mayor dispersión.

Los resultados del análisis de conglomerados ponen de manifiesto, por un lado, la relevancia de los factores territoriales, diseñando nuevos indicadores que reflejen la discontinuidad de los itinerarios peatonales y, por otro, la necesidad de explorar científicamente muestras más extensas de travesías (sin accidentes y con accidentes leves), en las que posteriormente a la identificación de clústeres, se puedan analizar los mismos mediante técnicas de redes bayesianas o regresiones logísticas. Por último, el envejecimiento poblacional parece influir mucho más en los accidentes en los que hay víctimas peatones (fallecidos y heridos graves) que en el resto, por ello gestores de la infraestructura y planificadores tendrán que analizar los itinerarios peatonales más frecuentes en poblaciones con travesías y su posible adaptación (señalización, semaforización, visibilidad, etc.) a este grupo de edad.

VI.2. Futuras líneas de investigación

La metodología desarrollada en la presente tesis doctoral, así como los resultados obtenidos de su aplicación pueden convertirse en una herramienta interesante para el estudio de la seguridad vial de cara a la prevención de accidentes y a la reducción de su gravedad. Sin embargo, como se ha citado a lo largo del presente trabajo, esta metodología ha abierto nuevas líneas de investigación que se centran básicamente en los siguientes aspectos:

- a) Diseño de nuevos indicadores ad-hoc territoriales
- b) Diseño de nuevos indicadores ad-hoc de infraestructura y movilidad
- c) Diseño de nuevas herramientas para modelizar la posibilidad de tener un accidente en una travesía y su severidad

Una de las aportaciones de esta tesis ha sido demostrar la importancia de los indicadores territoriales en el estudio de la severidad de los accidentes de peatones. Esta aportación abre el camino para explorar nuevos indicadores territoriales en los que la identificación de itinerarios peatonales recurrentes es clave para diseñar actuaciones sobre la travesía y el viario urbano (mejora de la iluminación, intensificación de la señalización, continuidad en el ancho de las aceras). Estos estudios adquieran un mayor interés, si cabe, cuando nos referimos a la población de ancianos, que sufren como peatones el porcentaje más alto de accidentes mortales. Indicadores más precisos requieren de otro tipo de herramientas de toma de datos, datos de una movilidad personalizada que hoy pueden recogerse con la ayuda de la geolocalización proporcionada por smartphones y otros dispositivos TIC.

En segundo lugar, como futura línea de investigación se propone indagar en mayor medida en la adquisición de datos de infraestructura y movilidad. El trazado de las travesías es un ejemplo de ello. En la presente investigación la consideración de indicadores de trazado en alzado se ha descartado al no disponer de inventarios o bases de datos que contemplen estos factores. Sin embargo, conocer la relación entre variables del trazado en alzado y la severidad del accidente es fundamental en el estudio de las travesías ya que el factor de trazado en planta, por sí solo, puede no aportar peligrosidad a la vía, pero en combinación con otras características de la misma (trazado en alzado) puede generar situaciones de riesgo para los usuarios. Es por

este motivo por el que es necesario en futuros análisis desarrollar una metodología que permita recopilar de una forma sencilla y sin un coste elevado, índices de calidad del trazado en alzado para cada tramo de travesía. Con relación al trazado de la travesía y la perspectiva del conductor, es importante analizar el papel de cada travesía dentro del itinerario interurbano de conductor de largo recorrido. Cuando el itinerario está formado por varias travesías cercanas, la distracción del conductor se presupone menor que cuando aparece una travesía aislada en un itinerario en los que no hay reducción de la velocidad media por otros motivos. El conocimiento de los itinerarios interurbanos frecuentes de los conductores que utilizan la travesía es también muy interesante y necesita ser explorado en futuras líneas de investigación.

Por otro lado, con respecto a los factores de exposición, los resultados han revelado que la intensidad media diaria de la carretera tiene una influencia muy significativa en la gravedad de los accidentes. Las estaciones de aforo generalmente están lejos del punto del accidente, por lo que se debe llevar a cabo un proceso de asignación de las estaciones más cercanas a los puntos de accidente. Por tanto, esta variable no es indicativa de las verdaderas condiciones del tráfico en el momento del accidente, por lo que es una variable que sería conveniente obtener de forma más específica para enriquecer los modelos, basada en aforos ad-hoc, o incluso en herramientas basadas en TICs utilizando la geolocalización de los accidentes.

Con respecto a la metodología, también sería atractivo implementar nuevos enfoques y metodologías estadística, como los modelos de regresión de Poisson, para examinar diferentes indicadores que contribuyen a los accidentes de peatones y no solo el estudio de los niveles de gravedad de las lesiones. Para estudiar la peligrosidad de una travesía en concreto, deberíamos disponer en la base de datos de todas las travesías españolas en las que no se han registrado accidentes, y no sólo aquellas en las que se ha registrado accidentes. Ello supondría ampliar la base de datos y la medición de variables ad-hoc de una forma más sistematizada, pero nos ofrecería una visión más holística del problema. También sería interesante desarrollar modelos con enfoque bayesiano para la evaluación de tendencias en los próximos años, como herramienta para el soporte de políticas de seguridad vial.

Finalmente, sería interesante incorporar otro tipo de estudios que complementen los resultados obtenidos, con nuevos enfoques y nuevas herramientas de análisis, como por ejemplo el análisis de los factores psicológicos que incrementan el riesgo de accidentes de circulación en travesías. Asimismo, también se propone como futura línea de investigación la realización de un análisis de las diferencias existentes en la percepción del riesgo de accidentes de los diferentes tipos de usuarios de las travesías (peatones y conductores). De igual modo, otra posible línea de investigación que surge a raíz de la realización de este trabajo es el análisis de las travesías a nivel micro, estudiando en detalle cada una de ellas y sus itinerarios peatonales en particular.

REFERENCIAS

Abellán, A., Ayala, A., Pujol, R. (2017). *Un perfil de las personas mayores en España, 2017. Indicadores estadísticos básicos*. Madrid, Informes Envejecimiento en red nº15, 48 p. Recuperado de: <http://envejecimiento.csic.es/documentos/documentos/enred-indicadoresbasicos17.pdf>

Akaike, H. (1987). Factor analysis and AIC. *Psychometrika*, 52(3), 317-332, DOI: 10.1007/BF02294359

Aldenderfer, M. S. y Blashfield, R. K. (1984). *Cluster analysis: Quantitative applications in the social sciences*: Beverly Hills: Sage Publication

Arenas, B. (2008). *Desarrollo de una metodología para la evaluación de la seguridad de tráfico y el análisis de la influencia del transporte de mercancías y el trasvase intermodal entre modos terrestres* (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid

- Asamblea General de las Naciones Unidas (2015). Resolución A/RES/70/1, Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Nueva York: Naciones Unidas
- BP, Castrol & RACE (2014). *Uso de los smartphones en la conducción*. Recuperado de: https://www.race.es/documentos/seguridad_vial/formacion_vial/Informe%20RACE%20BP%20ASTROL%20Uso%20de%20los%20smartphones%20en%20la%20conduccion.pdf
- Borkenstein, R. F., Crowther, R. F., Shumate, R. P., Ziel, W. B. y Zylman, R. (1974). The role of the drinking driver in traffic accidents (the Grand Rapids study). *Blutalkohol: Alcohol, Drugs and Behaviour*, 11(1), 1-131
- Burch, C., Cook, L., Dischinger, P. (2014). A comparison of KABCO and AIS injury severity metrics using CODES linked data. *Traffic Injury Prevention*, 15(6), 627-630, DOI: 10.1080/15389588.2013.854348
- Castro-Nuño, M., Arévalo-Quijada, M. T. (2018). Assessing urban road safety through multidimensional indexes: Application of multicriteria decision making analysis to rank the Spanish provinces. *Transport Policy*, 68, 118-129, DOI: 10.1016/j.tranpol.2018.04.017
- Chen, Z., Fan, W. (2019). A multinomial logit model of pedestrian-vehicle crash severity in North Carolina. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 8(1), 43-52, DOI: 10.1016/j.ijtst.2018.10.001
- Clabaux, N., Fournier, J-Y., Michel, J-E. (2014). Powered two-wheeler drivers' risk of hitting a pedestrian in towns. *Journal of Safety Research*, 51, 1-5, DOI: 10.1016/j.jsr.2014.07.002
- Comisión de las Comunidades Europeas. Comunicación COM (92) 494 final, de 2 de diciembre de 1992, sobre El curso futuro de la política común de transportes. Un enfoque global para la elaboración de un marco comunitario de movilidad sostenible, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:51992DC0494>
- Comisión de las Comunidades Europeas. Comunicación COM (2001) 370, de 12 de septiembre de 2001, sobre La política Europea de transportes de cara al 2010: la hora de la verdad, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=celex:52001DC0370>
- Comisión de las Comunidades Europeas. Comunicación COM (2003) 311 de 2 d junio de 2003, sobre el Programa de acción europeo de seguridad vial. Reducir a la mitad el número de víctimas de accidentes de tráfico en la Unión Europea de aquí a 2010: una responsabilidad compartida, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/BG/TXT/?uri=celex:52003DC0311>
- Consejo de las Comunidades Europeas. Resolución de 19 de diciembre de 1984, relativa en particular al año 1986 de la seguridad vial en la Comunidad. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº C 341/1, de 21 de diciembre de 1984, p.1
- Consejo de las Comunidades Europeas. Directiva 91/671CEE, de 16 de diciembre de 1991, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el uso obligatorio de cinturones de seguridad en vehículos de menos de 3,5 toneladas. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº L 373, de 31 de diciembre de 1991, pp. 26-28
- Comisión Europea (2010). COM (2010) 389 Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones. Hacia un espacio europeo de seguridad vial: orientaciones políticas sobre seguridad vial 2011-2020

- D'Ambrosio, L. A., Donorgio, L. K. M., Coughlin, J. F., Mohyde, M., Meyes, J. (2008). Gender differences in self-regulation patterns and attitudes toward driving among older adults. *Journal of Women & Aging*, 20(3-4), 265-282, DOI: 10.1080/08952840801984758
- De la Garza, J., Morales, B. N., González, B. A. (2013). Análisis estadístico multivariante. Madrid: McGraw-Hill Educación
- De Oña, J., López, G., Mujalli, R., Calvi, F. (2013). Analysis of traffic accidents on rural highways using Latent Class Clustering and Bayesian Networks. *Accident Analysis and Prevention*, 51, 1-10, DOI: 10.1016/j.aap.2012.10.016
- Díaz, M. (2002). Estadística multivariada: Inferencia y métodos. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia
- Díaz, P., Izal-Fernández, M. (2005). Repercusiones en la deficiencia visual de personas mayores en cuidadores familiares. *Revista Española de Geriatria y Gerontología*, 40, 62-68, DOI: 10.1016/S0211-139X(05)75075-7
- Dirección General de Tráfico (2011). *Estrategia de Seguridad Vial 2011-2020*. Recuperado de: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estrategias-y-planos/estrategicos-2011-2020/doc/estrategico_2020_004.pdf
- Dirección General de Tráfico (2012). Anuario Estadístico de Accidentes 2012. Recuperado de: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/anuario-estadistico-de-accidentes/Anuario-estadistico-de-accidentes-2012.pdf>
- Dirección General de Tráfico (2015). *Cuestiones de seguridad vial, conducción eficiente, medio ambiente y contaminación*. Recuperado de: <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/formacion-vial/cursos-para-profesores-y-directores-de-autoescuelas/XVIII-Curso-de-Profesores/Seguridad-Vial.pdf>
- Dirección General de Tráfico (2016). *Las principales cifras de la siniestralidad vial*. Recuperado: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/2017-1969_Las_principales_cifras_de_la_Siniestralidad_Vial._Españaa_2016.PDF
- Dirección General de Tráfico (2018). Las principales cifras de la siniestralidad vial. Recuperado: <http://www.dgt.es/es/seguridad-vial/estadisticas-e-indicadores/publicaciones/principales-cifras-siniestralidad/>
- Dirección General de Tráfico (2019). Estrategia-T. Un nuevo marco para abordar el tratamiento de las travesías. Recuperado de: http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/Publicaciones/Libro-ESTRATEGIA-T_DGT-baja-resolucion.pdf
- European Commission (2018). *Annual Accident Report 2018*. Recuperado de: https://ec.europa.eu/transport/road_safety/sites/roadsafety/files/pdf/statistics/dacota/asr2018.pdf
- EUROSTAT (2018). Population structure and ageing – Statistics explained. Recuperado de: http://ec.europa.eu/Eurostat/statistics-explained/index.php/Population_structure_and_ageing
- Evans, L. (2004). Traffic safety. Michigan: Science Service Society
- Everitt, B. S., Landau, S., Leese, M. (2001). Cluster Analysis. Taylor & Francis. ISBN 0340761199, 9780340761199

- Fitzpatrick, K. et al., (2000). Evaluation of design consistency methods for two-lane rural highways, executive summary. Washington: Federal Highway Administration, Report No. FHWA-RD-99-173
- Fitzpatrick, K., Carlson, P. y Brewer, M. (2001). Design factors that affect driver speed on suburban streets. *Transportation Research Board*, 18-25
- Fraley, C., Raftery, A. E. (1998). How many clusters? Which clustering method? Answers via model-based cluster analysis. *The Computer Journal*, 41(8), 578-588, DOI: 10.1093/comjnl/41.8.578
- Garre-Olmo, J., Planas, X., Turró, O., López-Pousa, S., Vilalta-Franch, J. (2009). Biopsychosocial differences between drivers and non-drivers over the age of 74. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 49(3), 355-359, DOI: 10.1016/j.archger.2008.11.012
- Gonawala, R. J., Badami, N. B., Electicwala, F., Kumar, R. (2013). Impact of elderly road users characteristics at intersection. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 104, 1088-1094, DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.11.204
- Hair, J. F. J., Anderson, R. E., Tatham, R. L., Black, W. C. (1998). *Multivariate Data Analysis*, 5th ed.; Prentice Hall: Upper Saddle River, NJ, USA
- Hakamies-Blomqvist, L., Raitanen, T., O'Neill, D. (2002). Driver ageing does not cause higher accident rates per km. *Transport Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 5(4), 271-274, DOI: 10.1016/S1369-8478(03)00005-6
- Hakim, S., Shefer, D., Hakkert, A., Hocherman, I. (1991). A critical review of macro models for road accidents. *Accident Analysis & Prevention*, 23(5), 379-400, DOI: 10.1016/0001-4575(91)90058-D
- Herbert, C., Delaney, J. A. C., Hemmelgarn, B., Levesque, L. E., Suissa, S. (2007). Benzodiazepines and elderly drivers: A comparison of pharmacoepidemiological study designs. *Pharmacoepidemiology & Drug Safety*, 16(8), 845-849, DOI: 10.1002/pds.1432
- Hess, P. M. (1997). Mesasures of connectivity. *Places*, 11(2), 58-65
- Horswill, M. S., Marrington, S. A., McCullough, C. M., Wood, J., Pachana, N. A., McWilliam, J., Raikos, M. K. (2008). The hazard perception ability of older drivers. *The Journals of Gerontology: Series B*, 63(4), 212-218, DOI: 10.1093/geronb/63.4.P212
- Hyden, C. (1987). *The development of a method for traffic safety evaluation*. Lund: Lund Institute of Technology.
- ITF-OECD (2018). IRTAD Road Safety Database. Recuperado de: <https://www.itfoecd.org/irtad-road-safety-database>
- Joshua, S. C., Garber, N. J. (1990). Estimating truck accident rate and involvements using linear and Poisson regression models. *Transportation Planning and Technology*, 15(1), 41-58, DOI: 10.1080/03081069008717439
- Karlaftis, M., Tarko, A. P. (1998). Heterogeneity considerations in accident modelling. *Accident Analysis & Prevention*, 30(4), 425-433, DOI: 10.1016/S0001-4575(97)00122-X
- Kim, K., Yamashita, E. Y. (2007). Using a k-means clustering algorithm to examine patterns of pedestrian involved crashes in Honolulu, Hawaii. *Journal of Advanced Transportation*, 41(1), 69-89, DOI: 10.1002/atr.5670410106

- Kumara, S. S. P., Chin, H. C. (2005). Application of Poisson underreporting model to examine crash frequencies at signalized three-legged intersections. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1908(1), 46-50, DOI: 10.1177/0361198105190800106
- Langford, J., Koppel, S. (2006). Epidemiology of older driver crashes – Identifying older driver risk factors and exposure patterns. *Transport Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 9(5), 309-321, DOI: 10.1016/j.trf.2006.03.005
- Litman, T. (2015). Evaluating transportation equity: Guidance for incorporating distributional impacts in transportation planning. Victoria, BC: Victoria Transport Polity Institute
- Litman, T. (2017). Public transit's impact on rural and small towns. A vital mobility link. American Public Transportation Association. Recuperado de: <https://www.ruralhealthinfo.org/resources/9437>
- Lord, D. (2006). Modeling motor vehicle crashes using Poisson-gamma models: Examining the effects of low sample mean values and small sample size on the estimation of the fixed dispersion parameter. *Accident Analysis & Prevention*, 38(4), 751-766, DOI: 10.1016/j.aap.2006.02.001
- Lord, D., Mannering, F. (2010). The statistical analysis of crash-frequency data: A review and assessment of methodological alternatives. *Transportation Research Part A*, 44(5), 291-305, DOI: 10.1016/j.tra.2010.02.001
- Luque, T. (2012). Técnicas de análisis de datos en investigación de mercados (2ª ed.). Madrid: Ediciones Pirámide
- Ma, Y., Yang, X. y Zeng, Y. (2009). Association analysis of urban road free-flow speed and lane width. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 37(12), 1621-1626, DOI: 10.3969/j.issn.0253-374x.2009.12.011
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. In Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, Berkeley, CA, USA
- Magidson, J., Vermunt, J.K. (2002). Latent class models for clustering: a comparison with K-means. *Canadian Journal of Marketing Research*, 20(1), 36-43.
- Magidson, J., Vermunt, J.K., (2004). Latent class models. In: Kaplan., D (Ed.), *The Sage Handbook of Quantitative Methodology for the Social Sciences*, Chapter 10. 175-198. Thousand Oaks: Sage Publications.
- Mannering, F., Bhat, C. R. (2014). Analytic methods in accident research: Methodological frontier and future directions. *Analytic Methods in Accident Research*, 1, 1-22, DOI: 10.1016/j.amar.2013.09.001
- Marmeleiaa, J. F., Godinho, M. B., Fernandes, O. M. (2009). The effects of an exercise program on several abilities associated with driving performance in older adults. *Accident Analysis & Prevention*, 41(1), 90-97, DOI: 10.1016/j.aap.2008.09.008
- Marshall, W. E., Ferenchak, N. N. (2017). Assessing equity and urban/rural road safety disparities in the US. *Journal of Urbanism: International Research on Placemaking and Urban Sustainability*, 10(4), 422-441, DOI: 10.1080/17549175.2017.1310748

- McFadden, D. (1974). Conditional logit analysis of qualitative choice behaviour. *Frontiers in Econometrics*; Zarembka, P., Ed.; Academic Press: New York, NY, USA
- McFadden, D. (1981). Econometric models of probabilistic choice. *Structural Analysis of Discrete Data with Econometric Applications*; MIT Press: Cambridge, MA, USA
- Meuleners, L. B., Harding, A., Lee, A. H., Legge, M. (2006). Fragility and crash over representation among older drivers in Western Australia. *Accident Analysis & Prevention*, 38(5), 1006-1010, DOI: 10.1016/j.aap.2006.04.005
- Miaou, S., Lum, H. (1993). Modeling vehicle accidents and highway geometric design relationship. *Accident Analysis & Prevention*, 25(6), 689-709, DOI: 10.1016/0001-4575(93)90034-T
- Miaou, S. (1994). The relationship between truck accidents and geometric design of road sections: Poisson versus negative binomial regressions. *Accident Analysis & Prevention*, 26(4), 471-482, DOI: 10.1016/0001-4575(94)90038-8
- Millán, J. (1990). Las travesías urbanas en la red principal de carreteras de Andalucía. *Revista de Estudios Andaluces*, 14, 93-111, DOI: 10.12795/rea.1990.il4.06
- Morales, J. F., Arenas, B. (2014). Temario General de la Escala Superior de Técnicos de Tráfico. Parte 1: Movilidad Segura. Tema 18: Principios de estadística aplicada a la seguridad vial. Recuperado de: <http://www.dgt.es/es/la-dgt/empleo-publico/oposiciones/2014/20141216-temario-promocion-interna-2014-parte-1-movilidad-segura.shtml>
- Naciones Unidas (2017). World Population Ageing 2017 – Highlights (ST/ESA/SER.A/397). Recuperado de: https://www.un.org/en/development/desa/population/publications/pdf/ageing/WPA2017_Highlights.pdf
- Okonkwo, O. C., Crowe, M., Wadley, V. G., Ball, K. (2008). Visual attention and self-regulation of driving among older adults. *International Psychogeriatrics*, 20(1), 162-173, DOI: 10.1017/S104161020700539X
- Organización Mundial de la Salud (2004). Informe mundial sobre prevención de los traumatismos causados por el tránsito. Recuperado de: https://www.who.int/violence_injury_prevention/publications/road_traffic/world_report/summary_es.pdf
- Organización Mundial de la Salud (2014). Fortalecimiento de la legislación sobre seguridad vial: Manual de prácticas y recursos para los países. Recuperado de: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/128039/9789243505107_spa.pdf?sequence=1
- Organización Mundial de la Salud (2018). *Lesiones causadas por el tránsito*. Recuperado de: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/road-traffic-injuries>
- Pardillo-Mayora, J., Domínguez-Lira, C., Jurado-Piña, R. (2010). Empirical calibration of a roadside hazardousness index for Spanish two-lane rural roads. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 2018-2023, DOI: 10.1016/j.aap.2010.06.012
- Parlamento Europeo. Resolución de 13 de marzo de 1984, sobre la adopción de un programa comunitario de medidas para promover la seguridad vial. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº C 104, de 16 de abril de 1984, p. 38, <https://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html>
- Parlamento Europeo. Resolución A3-0014/93, de 12 de marzo de 1993, sobre un programa de acción comunitario en materia de seguridad vial. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas*, nº C 115, de 26 de abril de 1993, p. 260

- Polders, E., Brijs, T., Vlachogianni, E., Papadimitriou, E., Yannis, G., Leopold, L., Durso, C., Diamandouros, K., 2015. ElderSafe - Risks and countermeasures for road traffic of elderly in Europe, Final report, N° MOVE/C4/2014-244, Brussels, European Commission.
- Raftery, A. E. (1986). A note on Bayes factors for log-linear contingency table models with vague prior information. *Journal of the Royal Statistical Society: Series B (Methodological)*, 48(2), 249-250, DOI: 10.1111/j.2517-6161.1986.tb01408.x
- Rothman, L., Howards, A. W., Camden, A., Macarthur, C. (2012). Pedestrian crossing location influences injury severity in urban areas. *Injury Prevention*, 18(6), 365-370, DOI: 10.1136/injuryprev-2011-040246
- Sánchez, J. F. (2011). Metodología para la evaluación de la consistencia del trazado en carreteras interurbanas de dos carriles (tesis doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid
- Sasidharan, L., Wu, K-F., Menendez, M. (2015). Exploring the application of latent class cluster analysis for investigating pedestrian crash injury severities in Switzerland. *Accident Analysis & Prevention*, 85, 219-228, DOI: 10.1016/j.aap.2015.09.020
- Smeed, R. J. (1949). Some statistical aspects of road safety research. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 112(1), 1-34, DOI: 10.2307/2984177
- Sun, M., Sun, X., Shan, D. (2019). Pedestrian crash analysis with latent class clustering method. *Accident Analysis & Prevention*, 124, 50-57, DOI: 10.1016/j.aap.2018.12.016
- Trigoso, J., Areal, S., Pires, C. (2016). Distraction and fatigue. ESRA thematic report no. 3. ESRA project (European Survey of Road users' safety Attitudes). Lisbon, Portugal: Prevenção Rodoviária Portuguesa.
- Uriel, E. y Aldás, J. (2005). Análisis multivariante aplicado. THOMSON-Paraninfo
- Vargas, C., Castro, C., Martos, F. J., Trujillo, H. M. (2006). Análisis del índice de accidentalidad en ancianos: una revisión de la problemática en las últimas décadas. En: Ballesteros S, editor. Ageing, cognition and neuroscience. Madrid: UNED ediciones, 321-331
- Ye, X., Pendyala, R. M., Shankar, V., Konduri, K. C. (2013). A simultaneous model of crash frequency by severity level for freeway sections. *Accident Analysis & Prevention*, 57, 140-149, DOI: 10.1016/j.aap.2013.03.025
- Yuan, J., Lin, H. (2013). An empirical study of commuting characteristics in rural areas. *Procedia – Social and Behavioral Sciences*, 96, 114-122, DOI: 10.1016/j.sbspro.2013.08.016