

# **CARACTERIZACIÓN DE LOS FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA ACCIDENTALIDAD EN LAS CARRETERAS DE LA RED PRIMARIA**

**Santiago López Fontán**

Profesor Asociado. Universidade da Coruña.

**Ignacio Pérez Pérez**

Profesor Titular Interino. Universidade da Coruña.

## **RESUMEN**

En esta comunicación se procede al estudio de la influencia de la sección transversal en determinados tipos de accidentes, en concreto de los producidos por salidas de calzada o por choque frontal. También se aborda la comparación del índice de peligrosidad en distintas carreteras de la red primaria gallega.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La elevada accidentalidad acaecida en la red de carreteras de España constituye uno de los primeros problemas de nuestra sociedad. Las consecuencias asociadas a dicha accidentalidad generan costes materiales y sociales cuantiosos, y pérdidas humanas irreparables.

Es imprescindible el análisis, complejo pero abordable, de la casuística presente en cada uno de los accidentes para poder decidir estrategias de actuación que permitan la identificación y eliminación de los principales factores que intervienen en la generación del escenario que propicia el accidente.

Los accidentes se producen por diversos motivos, generalmente de difícil determinación y análisis. Dichos motivos o factores se pueden agrupar de distinta manera. Quizás en la mayoría de las ocasiones sobreviene el accidente debido a un fallo humano, en otras ocasiones es importante la vía y su entorno, así como su diseño; y en raras ocasiones se produce un fallo mecánico fatal en alguno de los vehículos implicados. Los factores que propician el accidente suelen presentarse de forma conjunta, siendo incluso difícil discernir el tipo de factor predominante en un accidente.

Los factores que se deben a una deficiente educación vial se deben abordar en ámbitos distintos a los de la ingeniería civil; sin embargo, todos aquéllos en los que pueden intervenir el estado de la vía, su trazado, su señalización, etc., deberían ser objeto de nuestro estudio.

La sección transversal de la carretera influye de forma evidente sobre distintos tipos de accidentes, en concreto sobre los accidentes con salida de calzada y los de colisión frontal.

Sin embargo, aunque parece lógica la existencia de una interdependencia entre la sección transversal y la tipología de los accidentes, en raras ocasiones se ha intentado un análisis riguroso en base a comparaciones y contrastes de tipo estadístico. Este análisis es de suma importancia a la hora del diseño de planes de mejora de la seguridad de las vías convencionales, dado que los factores que más inciden sobre la accidentalidad serán los que determinen las prioridades en las

inversiones para mejora de la red viaria.

## 2. ESQUEMA DEL ANÁLISIS

### 2.1 Planteamiento del problema

El estudio se restringe a los accidentes acaecidos en la red primaria gallega desde al año 1993 hasta el 1996, ambos inclusive. Los datos utilizados provienen de dos fuentes distintas. Por una parte se dispone de los partes de accidentes de la Dirección General de Tráfico (**DGT**) y, por otra, de los datos de aforos en los correspondientes tramos que conforman la red primaria de carreteras de la Comunidad Autónoma Gallega. Ello significa disponer de un total de accidentes bastante elevado, y poder obtener índices de ajuste y ponderación relativamente precisos.

Dado que se va a proceder únicamente al estudio de la influencia del tipo de la sección transversal en los distintos tipos de accidentes, se deben despreciar de partida todas aquellas entradas que respondan a accidentes acaecidos dentro de núcleo urbano, travesía, o en intersecciones; casos todos ellos en el que los accidentes tienen una variada casuística cuya consideración distorsionaría los resultados que se pretenden obtener.

Los accidentes provocados por una salida de calzada (**SC**) y los de choque frontal (**CF**) son los más directamente influidos por la sección transversal. Es de esperar, tal y como señalan varios autores (Zeeger et al, 1987), que dichos accidentes dependan directamente del ancho del carril y de los arcenes: a mayor ancho menor proporción de dichos accidentes respecto al número total de accidentes. Sin embargo dicha afirmación, que parece lógica y plausible, en pocas ocasiones ha sido contrastada rigurosamente mediante métodos estadísticos.

Al ser los accidentes sucesos estocásticos, poco frecuentes y raros, se deben tratar como no deterministas y, por lo tanto, el aseverar o no un determinado enunciado, en este caso la reducción de la proporción de los accidentes de un determinado tipo en secciones transversales amplias, pasa por el correspondiente contraste de hipótesis.

### 2.2 Análisis estadísticos de los datos

Para un primer estudio de la dependencia de la sección transversal sobre la accidentalidad se clasificarán todos los accidentes disponibles según dos criterios diferenciados, por una parte, según *el tipo de sección transversal* y, por otra, según *el tipo del accidente*. Ambos criterios de clasificación se pueden extraer directamente de los partes de accidentes de la **DGT**.

Tal y como se observa en la tabla 1, el tipo de sección se clasifica de la “**A**” a la “**F**”, de forma decreciente según sus características geométricas. La sección “**A**” responde a unas características óptimas con carriles y arcenes anchos, y la “**F**” a secciones transversales reducidas sin arcén.

Los tipos de accidentes considerados en el análisis, tal y como se ha señalado, son los de salida de calzada (**SC**) y choque frontal (**CF**).

	<b>Calzada</b>	<b>Arcén</b>	<b>Marcas viales</b>
<b>A</b>	>7 m.	>2,5 m.	Entre carriles y arcenes
<b>B</b>	>7 m	1,5 - 2,5 m	Entre carriles y arcenes
<b>C</b>	6- 7 m	1,5 – 2,5 m.	Entre carriles y arcenes
<b>D</b>	< 6 m	Inexistente	Solo entre carriles

<b>E</b>	< 6m	< 1,5 m	Entre carriles y arcenes
<b>F</b>	< 6 m	< 1,5 m	Todos los casos

**Tabla 1. Clasificación de las secciones transversales**

A continuación, con objeto de realizar un análisis de contingencia entre ambas clasificaciones, se contabiliza el número de accidentes que caen dentro de cada uno de los casos de esta doble clasificación y, por lo tanto, se comprueba si existe interdependencia entre los dos criterios de clasificación; es decir, entre la sección transversal y el tipo de accidente. Este análisis, al incluir dos clasificaciones distintas, se denomina estadísticamente como “análisis de dos factores, bifactorial, o sobre tablas de contingencia”.

Seguidamente, el análisis se puede repetir para cada uno de los distintos tipos de accidente (**SC** y **CF**) por separado. Para ello se contabiliza el número de casos de accidentes **SC** (ó **CF**) que corresponden a cada tipo de sección. La dependencia del porcentaje de accidentes **SC** (**CF**) con la sección transversal se comprueba con un análisis denominado de “un factor, ó unifactorial” dado que sólo interviene un único criterio de clasificación, el de la sección transversal.

Con la finalidad de elevar el nivel de confianza de los contrastes, a partir de los resultados de los análisis se pueden escoger aquellos casos en donde se produzcan mayores interdependencias y aplicarles de forma parcial “test sobre igualdad de proporciones”.

Por último, la intensidad de tráfico no se ha tenido en cuenta en la formulación de los anteriores análisis porque se trataba únicamente de estudiar la influencia de la sección transversal en los accidentes con salida de calzada y con choque frontal. No obstante, conceptualmente la *intensidad de tráfico* debe influir en la aparición y en la tipología de los accidentes. El aumento, por ejemplo, de la ocupación media del carril incrementa la probabilidad de que una salida del vehículo respecto de su trayectoria ideal provoque un choque con otro vehículo que circule en sentido contrario. A mayor intensidad mayor número de accidentes, aunque ello no quiere decir que se tenga que incrementar a su vez el índice de peligrosidad. Por tanto, se efectuará el estudio de la influencia de la intensidad de tráfico en el índice de peligrosidad global mediante la comparación de los índices de peligrosidad medios correspondientes a diversas carreteras de la red primaria gallega. Para dichas comparaciones se utilizarán “contrastos de igualdad de medias”. Para el cálculo de los índices de peligrosidad se debe establecer una ligazón entre la base de datos formada por los partes de accidente de la DGT y los datos de aforos de la red, utilizando evidentemente los puntos kilométricos como enlace entre ambas bases de datos.

Con todos los análisis estadísticos planteados se pueden establecer interdependencias reales entre factores que inciden sobre distintos aspectos de la peligrosidad de las carreteras. En todo caso, de los resultados de los contrastes es difícil establecer una relación causa-efecto, debido a la posible interacción entre los distintos factores y, también, a la no consideración de variables que también intervienen en el problema. Este inconveniente de variabilidad debida a factores extraños se podría bloquear mediante estudios “*antes-después*”, por ejemplo, registrando los efectos que sobre la peligrosidad tienen las actuaciones de mejora y ensanchamiento de calzada. Ello exigiría sin embargo un mayor detalle en la tramificación e inventario de la red.

### 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

#### 3.1 Aspectos previos

Los contrastes a realizar quedaron explicados en el anterior apartado; mediante técnicas estadísticas se intentará demostrar la influencia de la sección transversal en ambos tipos de accidentes. Se utilizan contrastes bifactoriales y unifactoriales así como de igualdad de proporciones y medias. El procedimiento seguido para la realización de los contrastes se puede consultar en cualquier tratado de estadística (Mendenhall et al, 1997). En todos se suponen una serie de hipótesis de partida, como por ejemplo la independencia de cada uno de los experimentos que forman el muestreo.

#### 3.2 Contraste bifactorial o de contingencia

Los resultados reafirman la existencia de una interdependencia entre el tipo de sección transversal y el tipo de accidente. En general, en los casos más significativos, se observa una reducción en la frecuencia de dichos accidentes en las secciones con mejor sección transversal. La interdependencia y las tendencias del contraste se pueden consultar en la **tabla 2**. El test es concluyente al deducirse la interrelación con un “nivel p” del contraste muy bajo “ $p = 0,0014$ ”. Incluso con niveles de confianza del 99 por ciento aceptaríamos la hipótesis de que ambos criterios de clasificación están relacionados.

#### 3.3 Contrastes unifactoriales

En este apartado, para cada uno de los tipos de accidentes contemplados (**SC** ó **CF**) se realiza un análisis unifactorial. En el caso de *accidentes con salida de calzada* se observa una clara dependencia del número de accidentes con la sección transversal: a mejor sección transversal menor accidentalidad por este concepto. Tal y como se observa en la tabla 3, el contraste unifactorial confirma la interdependencia con un “nivel p” bajo, “ $p = 0,090$ ”, lo que permite mantener dicha afirmación con niveles de confianza del 90 por ciento. Además, si en este caso se agrupan, por un lado, las secciones de mejor sección transversal (A+B) y, por otro, las restantes secciones (C+D+E+F) y, a continuación, se realiza un test sobre la igualdad de las proporciones de accidentes tipo **SC** se observa claramente la reducción de este tipo de accidentalidad en las secciones transversales de mejores características. En esta tabla se ve que el “nivel p” del contraste es menor que en el caso anterior, “ $p = 0,051$ ”.

i) Número de accidentes				
Sección\Tipo Acc.	SC	CF	Otros	Total
A	16	31	46	93
B	650	962	696	2308
C	54	70	65	189
D	11	12	3	26
E	96	102	85	283

<b>F</b>	20	37	26	83
<b>ii) Diferencias relativas al cuadrado respecto a independencia</b>				
<b>A</b>	4,107	1,243	10,392	
<b>B</b>	0,047	0,534	0,397	
<b>C</b>	0,002	0,627	0,752	
<b>D</b>	1,770	0,189	3,151	
<b>E</b>	3,034	1,515	0,066	
<b>F</b>	0,542	0,305	0,005	
<b>Total=</b>	9,502	4,413	14,764	
<b>iii) Tendencias de la accidentalidad de cada caso</b>				
<b>A</b>	-	-	+	
<b>B</b>	-	+	-	
<b>C</b>	+	-	+	
<b>D</b>	+	+	-	
<b>E</b>	+	-	-	
<b>F</b>	-	+	+	
<b>iv) Resultados de la Prueba Chi-Cuadrado</b>				
<b>Test</b>	28,678			
<b>Valor límite (<math>1 - \alpha = 0,95</math>)</b>	18,307			
<b>Nivel p</b>	0,001			

**Tabla 2. Análisis bifactorial con dos criterios de clasificación**

El mismo análisis para los *accidentes con colisión frontal* no revela resultados concluyentes. En este sentido, en la tabla 4 puede observarse que el “nivel p” del análisis unifactorial es muy alto, por lo que a todos los efectos, estadísticamente, no se observa interdependencia entre la sección transversal y los accidentes con choque frontal. No obstante, si en los casos en los que existe una mayor interdependencia (comparación entre secciones “A” y “F”) se realiza un contraste de igualdad los resultados son más significativos. En este caso se mejora en gran medida el “nivel p” del contraste hasta alcanzar “ $p = 0,063$ ”, por lo que se acepta la hipótesis de que, con niveles de confianza superiores al 90 por ciento, la sección “A” tiene menor proporción de accidentes **CF** que la sección “F”.

<b>i) Diferencias relativas al cuadrado del nº de accidentes respecto a independencia y tendencias</b>		
<b>A</b>	4.107	-
<b>B</b>	0.047	-
<b>C</b>	0.002	+
<b>D</b>	1.770	+
<b>E</b>	3.034	+
<b>F</b>	0.542	-

<b>total</b>	9.502		
<b>ii) Prueba Chi-Cuadrado con un solo factor</b>			
Test=	9.50		
$\alpha(0.05)=$	11.07		
Nivel p=	0.091		
<b>iii) Test sobre igualdad de proporciones</b>			
Sección:	SC	Total	Porcen
(A+B)	666	2401	0.277
(C+D+E+F)	181	581	0.312
		Media=	0.284
<b>Prueba:</b>	z=-1.64		
	Nivel p= 0.050		

**Tabla 3. Análisis unifactorial sólo con accidentes con salida de calzada**

<b>i) Diferencias relativas al cuadrado del nº de accidentes respecto a independiencia y tendencias</b>			
<b>A</b>	1.243	-	
<b>B</b>	0.534	+	
<b>C</b>	0.627	-	
<b>D</b>	0.189	+	
<b>E</b>	1.515	-	
<b>F</b>	0.305	+	
<b>total</b>	4.413		
<b>ii) Prueba Chi-Cuadrado con un solo factor</b>			
Test=	4.413		
$\alpha(0.05)=$	11.070		
Nivel p=	0.492		
<b>iii) Test sobre igualdad de proporciones</b>			
Sección:	CF	Total	Porcen
A	31	93	0.333
F	37	83	0.446
		Media=	0.386
<b>Prueba:</b>	z=-1.529		
	Nivel p=0.063		

**Tabla 4. Unifactorial sólo con accidentes con colisión frontal**

### 3.4 Estudios sobre los índices de peligrosidad

Finalmente, en todas las carreteras de las que se dispone de suficiente información se han hallado los índices de peligrosidad.

Debido a la deficiente tramificación de la red se ha desechado la posibilidad de un contraste de influencia de la sección transversal con dichos índices de peligrosidad. En su lugar, dado que la información disponible permite la realización de contrastes de igualdad sobre los índices de peligrosidad medios de las distintas carreteras, ésta se ha agrupado por carreteras. Se supone que las características medias de una cierta carretera responden en la mayor parte de su trazado a unas variables más o menos homogéneas, por lo que de forma indirecta el análisis planteado puede

proporcionar información sobre la influencia de la sección transversal en la accidentalidad global de la carretera.

<b>i) Índices de peligrosidad</b>					
	<b>N-640</b>	<b>N-634</b>	<b>N-525</b>	<b>N-550</b>	<b>N-6</b>
<b>Media índices=</b>	30,01	33,09	34,00	36,03	46,04
<b>Nº casos=</b>	68	64	88	100	72
<b>Desv=</b>	25,63	19,23	29,24	16,00	21,58
<b>Desv_media=</b>	3,10	2,40	3,12	1,70	2,54
<b>ii) Diferencias entre medias estandarizas</b>					
	<b>N-640</b>	<b>N-634</b>	<b>N-525</b>	<b>N-550</b>	<b>N-6</b>
<b>N-640</b>	0,000	-0,785	-1,134	-1,701	-3,992
<b>N-634</b>	0,785	0,000	-0,484	-0,999	-3,700
<b>N-525</b>	1,134	0,484	0,000	-0,292	-2,745
<b>N-550</b>	1,701	0,999	0,292	0,000	-3,271
<b>N-6</b>	3,992	3,700	2,745	3,271	0,000
<b>iii) Diferencias significativas, y signo</b>					
	<b>N-640</b>	<b>N-634</b>	<b>N-525</b>	<b>N-550</b>	<b>N-6</b>
<b>N-640</b>				-	-
<b>N-634</b>					-
<b>N-525</b>					-
<b>N-550</b>	+				-
<b>N-6</b>	+	+	+	+	
<b>Notas:</b>					
"+" = mayor peligrosidad en la fila considerada que en la columna correspondiente					
"- " = menor peligrosidad en la fila considerada que en la columna correspondiente					
<b>Unidades:</b> Índice de peligrosidad= $10^{-8}$ accidentes/(veh.km.año)					

**Tabla 5. Comparativa de índices de peligrosidad**

Las carreteras estudiadas son la N-640, la N-634, la N-525, la N-550 y la N-VI. En la tabla 5 quedan reflejados los resultados de la comparativa de índices de peligrosidad. Éstos son crecientes según la enumeración de carreteras antes señalada, y en el caso de la N-VI claramente superiores al resto de carreteras. La N-550 y la N-VI en su tramo gallego son carreteras que sufren una alta intensidad de tráfico rodado y que además atraviesan zonas muy densamente pobladas. La N-550 realiza las funciones de vertebración de toda la cornisa atlántica gallega y la N-VI de conexión con el centro peninsular. Por consiguiente, no es de extrañar que aún a pesar de disponer de una sección transversal aceptable, debido a esta sobrecarga y complejidad adolezcan de los mayores índices de peligrosidad. Esto sugiere la idea de que el número de accidentes no crece linealmente con respecto a la intensidad de circulación (no permaneciendo constante por lo tanto el índice de peligrosidad).

Mediante los respectivos contrastes sobre la igualdad de los índices de peligrosidad medios de las distintas carreteras se deduce con niveles de confianza superiores al 90 por ciento que la N-VI tiene un índice de peligrosidad superior al del resto de carreteras consideradas. También se infiere lo mismo del índice de peligrosidad medio de la N-550 respecto de la N-640. Respecto del resto de las comparaciones los resultados no son concluyentes, ya que estadísticamente las diferencias no son discernibles.

#### **4. CONCLUSIONES**

Del estudio realizado se deduce la *influencia de la sección transversal sobre los accidentes con salida de calzada y sobre los de colisión frontal*. En el caso de los accidentes con salida de calzada, los contrastes apoyan de forma muy significativa la minoración de este tipo de accidentes con la mejora de la sección transversal. En los de colisión frontal, la interdependencia no está tan clara, y únicamente se puede observar dependencia entre secciones tipo muy diferentes.

Si se considera la influencia de la *intensidad de tráfico*, se observa una relación entre la intensidad de circulación que soporta la carretera y los índices de peligrosidad. Se justifica dicha relación en la hipótesis de que el número de accidentes crezca más que linealmente con la intensidad de circulación.

En los contrastes es difícil eliminar la influencia de variables que no están ligadas con los efectos que se pretenden estudiar. Estas variables participan y alteran las medidas de las respuestas, limitando en algunos casos las posibilidades de los análisis estadísticos, generando un “ruido” que perjudica la precisión y significación de los contrastes. Debido a la presencia de estas variables externas es difícil establecer fehacientemente una relación causa-efecto entre los distintos factores involucrados.

#### **5. REFERENCIAS**

MENDENHALL, W., y SINCICH, T (1997). Probabilidad y Estadística para Ingeniería y Ciencias. Prentice Hall. México.

ZEEGER, C. V. y DEACON, J. A. Effect of Lane Width, Shoulder Width, and Shoulder Type on Highway Safety. Relationship Between Safety and Key Highway Features: State of the Art Report 6. Transportation Research Board, 1987.