

IV JORNADAS NACIONALES DE SEGURIDAD VIAL
Santander 24-27 de Noviembre de 1998.

Análisis de la influencia de las características geométricas y físicas sobre la accidentalidad en las carreteras de la RIGE en Galicia.

Ignacio Pérez Pérez y Santiago Narciso López Fontán.

Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de La Coruña.

RESUMEN: Se presenta en esta comunicación un estudio sobre la influencia del ancho de la calzada y de los carriles, así como del arcén, sobre los accidentes con salida de calzada y los accidentes de colisión frontal. Además se realiza una comparación entre los índices de peligrosidad de dos tipos de sección transversal de carretera en la RIGE de Galicia.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la Ingeniería de tráfico asume que el diseño geométrico de una carretera tiene una gran relación con la seguridad en la circulación. Sin embargo, en general, no existen datos cuantitativos que expliquen de una manera fehaciente la relación existente entre la seguridad en la circulación vial y las características geométricas de las carreteras; es decir, entre estas características y la accidentalidad no hay una correlación que sea directa y explícita.

Esto es así, porque además de las características geométricas y físicas de las carreteras, también existen una multitud de factores que afectan a la seguridad en la circulación, incluyendo entre los mismos el entorno de la carretera, los conductores y, también, los vehículos. De esta manera, el efecto beneficioso de seguridad producido por un buen diseño geométrico de la

carretera se ve oscurecido por la presencia de todos estos factores.

Por otra parte, aunque la mayoría de los accidentes son el resultado de la combinación de dichos factores interactuando de tal forma que imposibilitan la determinación de una única causa, siempre estará subyacente la presencia del diseño geométrico. Por ejemplo, aún cuando debido a un error del conductor o a un fallo mecánico se produzca la salida de un vehículo de la carretera, el diseño geométrico de la carretera puede todavía afectar, positivamente o negativamente, de una forma directa al índice de peligrosidad o de severidad. Asimismo, esta interacción entre las características de la carretera, de los conductores y de los vehículos complica los intentos por estimar los resultados positivos que se pueden esperar al llevar a cabo una mejora de la seguridad en la circulación vial.

Poco se conoce acerca de la mejora del índice de peligrosidad que resulta del perfeccionamiento del diseño geométrico de una carretera. Habitualmente, se da por bueno que la mejora de estas variables reduce la accidentalidad, sin embargo, existen muy pocas investigaciones con resultados concluyentes. Esta situación es debida, fundamentalmente, a la dificultad inherente a la investigación de accidentes. Dado que los accidentes son sucesos relativamente infrecuentes y, además, se producen de una manera aleatoria, se requieren estudios estadísticos muy rigurosos con datos muy consistentes recopilados durante un gran período de tiempo en muchos miles de kilómetros de carretera. Aún cuando se disponga de grandes bases de datos, los investigadores son a menudo incapaces de demostrar mejoras de la seguridad vial, que sean consideradas de interés, atribuibles a características específicas de la carretera.

Generalmente, se asume que las características de la carretera influyen en

la seguridad de la circulación vial de los modos siguientes (TRB, 1987):

- Contribuyendo a acrecentar la habilidad con la que el conductor mantiene el control del vehículo. En este caso, las características significativas incluyen el ancho de los carriles, la distancia de visibilidad, alineación, peralte y singularidades de la superficie del pavimento.
- Influyendo en el número y en los tipos de oportunidades que existen para que se produzcan los conflictos entre los vehículos. Dentro de este grupo, las características significativas son el control de accesos, diseño de las intersecciones, número de carriles y, por último, la mediana.
- Afectando a las consecuencias producidas por un vehículo descontrolado saliendo fuera de los carriles de la calzada. Las características significativas incluyen tanto el tipo y ancho del carril y arcén como las condiciones laterales de la carretera.

1 ANCHO DE CARRIL Y ARCÉN

Los arcenes y carriles anchos proporcionan a los conductores una mayor oportunidad de recuperar el control de su vehículo cuando éste tiende a salir de la calzada (un factor importante en accidentes de un solo vehículo) y además incrementa la separación lateral entre los vehículos lo cual afecta directamente a los accidentes con choque frontal.

Durante años se han llevado a cabo estudios para investigar los efectos que producen sobre la seguridad tales elementos. No obstante, pocos de estos estudios han sido capaces de controlar rigurosamente otros factores tales como la alineación, zona lateral despejada, ni tampoco de distinguir entre los tipos de accidentes ni su relación lógica con los

elementos de la sección transversal. De todas maneras, parece haber un consenso general sobre algunos aspectos que se explican a continuación.

Ancho de carril

En USA, se ha señalado que en las carreteras rurales los anchos de carril comprendidos entre 3,4 y 3,7 metros tienen los menores índices de peligrosidad (Zeeger et al, 1981) y que, además, representan el balance más apropiado entre la seguridad y el flujo de tráfico (Cirillo et al, 1986).

Algunas investigaciones (TRB, 1987) han mostrado las ventajas de seguridad vial que resultan de ampliar el ancho de los carriles. Por ejemplo, Zeeger et al (1987) desarrollaron un modelo predictivo que estaba dirigido a estudiar el efecto producido por el incremento del ancho de arcenes y carriles. Para el ancho de carril, el factor que afectaba primordialmente a la reducción de la peligrosidad era la magnitud del ensanche. En este estudio se tomaron solamente los accidentes relacionados; es decir, los tipos de accidentes que solamente están afectados por el ensanche de carril y arcén, tales como los choques frontales y las salidas de la calzada.

Ancho de arcén

Las informaciones en las que se tiene en cuenta el efecto del ancho de arcén sobre los accidentes son mucho menos evidentes. Según algunas investigaciones un factor que aparentemente tiene efectos sobre la accidentalidad es el hecho de que los arcenes estén con o sin pavimentación. Por otra parte, Zeeger et al (1981) produjo resultados que muestran una reducción del 21 por ciento en el número total de accidentes cuando una carretera sin arcenes pasa a tener arcenes de 0.9 a 2.7 metros.

2 DATOS EN LA RIGE DE GALICIA

Se han recopilado los datos de accidentes con víctimas acaecidos en las carreteras de la RIGE en Galicia entre los años 1993 y 1996, ambos inclusive. Asimismo se ha recogido la información correspondiente a las intensidades medias diarias (IMD) en la red señalada, y los datos referidos a su tramificación.

Teniendo en cuenta la tramificación, los datos correspondientes a la accidentalidad se han asociado a los de tráfico con objeto de estimar los índices de peligrosidad de la RIGE en Galicia.

A partir de la información disponible se decidió analizar la influencia de la sección transversal de la carretera sobre la seguridad de la circulación vial.

En función de la experiencia previa de los estudios señalados, se pretende demostrar la existencia de una relación significativa entre el ancho de la calzada, carriles y arcenes, y los accidentes con salida de calzada (ASC) y de choque frontal (ACF).

Para ello se han tomado como referencia seis secciones tipo cuyas características se adjuntan en la siguiente tabla:

	CALZADA	ARCÉN	MARCAS VIALES
S-A	>7 m.	>2,5 m.	Entre carriles y arcenes
S-A1	>7 m	1,5 - 2,5 m	Entre carriles y arcenes
S-B	6- 7 m	1,5 – 2,5 m.	Entre carriles y arcenes
S-C	< 6 m	Inexistente	Solo entre carriles
S-C1	< 6m	< 1,5 m	Entre carriles y arcenes
S-C2	< 6 m	< 1,5 m	Todos los casos

Las secciones S-A y S-A1 responden a tipologías de amplia sección, y únicamente se diferencian en el ancho del arcén.

La sección S-B es una sección de ancho de calzada y arcén intermedio.

Las secciones S-C, S-C1, y S-C2 se corresponden con secciones mínimas, con y sin arcenes, y con diferentes situaciones en cuanto a señalización horizontal.

Para demostrar que existe una relación significativa, por un lado, entre los accidentes con salida de calzada (ASC) y los diferentes tipos de secciones (de mayor a menor plataforma) y, por otro lado, entre los accidentes con colisión frontal (ACF) y los mismos tipos de secciones, se han tomado por separado el número de cada uno de estos tipos de accidentes para cada una de las secciones. Se ha cubierto el estudio de la variación cualitativa de los diferentes tipos de accidentes, con los diversos tipos de secciones estudiadas, verificando si existen variaciones porcentuales en los accidentes de diversa categoría al modificar la sección transversal de la carretera. De esta forma, se comprueba en términos relativos la influencia de cada una de las secciones respecto a los diferentes tipos de accidentes.

En todo caso el planteamiento anterior no es suficiente a la hora de relacionar el fenómeno de la accidentalidad con las características de la sección transversal de la carretera. Por ello en un segundo análisis, apoyado en los índices de peligrosidad de cada uno de los tramos de la red, se debe contrastar, en valores absolutos, la media de los índices de peligrosidad de cada una de las secciones contempladas.

3 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En cada una de las secciones se ha efectuado un recuento de los accidentes agrupados en cada uno de los tipos mencionados (ASC, ACF, totales); con lo que se obtiene de forma directa la proporción de cada uno de estos tipos de accidentes en cada sección. Es de esperar que una merma en las características geométricas de la sección, tanto por la disminución del ancho de la calzada, como del arcén, provoquen o se vean acompañadas de un aumento en la proporción de este tipo de accidentes que se supone depende directamente del ancho de la sección. Esta hipótesis se

confirma, al menos en apariencia, en la tabla adjunta, en la que a medida que “degradamos” las características de la sección se aprecia, en algunos casos de forma ostensible, un aumento considerable en la proporción de este tipo de accidentes, sobre todo, de los accidentes con salida de calzada (ASC). También se observa que a igualdad de características de la sección, la disminución del ancho del arcén genera un incremento mayor de la proporción de ASC que de ACF (S-A<>S-A1; S-C<>S-C1, donde <> significa comparado con); además se puede ver que para carreteras con calzada estrecha el paso de carretera con arcén a sin arcén genera un incremento de la proporción de ACF mucho más elevado que en el caso de darse este paso en carreteras con calzada amplia. Sin embargo la proporción de ACF en carreteras de calzadas amplias (secciones A) y estrechas (secciones C) son significativamente comparables, por lo que aparentemente la amplitud de la calzada no debe afectar a tales accidentes. Por otra parte, si en una sección (S-A1) se contabilizan los ACF, separando los diferentes casos de anchura de carril, se observa una influencia, aunque no significativa, en el sentido de que a mayor anchura de carril, menor proporción de ACF.

Con objeto de confirmar en términos estadísticos las anteriores afirmaciones, se puede aplicar un contraste de igualdad de proporciones para verificar la igualdad o desigualdad de las proporciones de cada uno de los tipos de accidentes entre pares de secciones. El contraste se basa en que el número de accidentes de un determinado tipo en una sección tipo prefijada es una variable binomial, y que el número de accidentes es lo suficientemente elevado como para poder considerar la hipótesis de normalidad (Larsen et al, 1986). Las hipótesis primaria y secundaria son:

$$H_0 : p_x = p_y$$

$$H_1 : p_x > p_y$$

y la estadística de prueba, con distribución normal estándar, a utilizar es:

$$z = \frac{\frac{x}{n} - \frac{y}{m}}{\sqrt{\frac{(\frac{x+y}{n+m})(1 - \frac{x+y}{n+m})(n+m)}{nm}}}$$

donde:

x = Número de accidentes del tipo

elegido en el primer tipo de sección

n = Número total de accidentes en el primer tipo de sección

y = Número de accidentes del tipo elegido en el segundo tipo de sección

m = Número total de accidentes en el segundo tipo de sección

Recuento de tipos de accidentes por secciones tipo								
<i>En proporción</i>								
	Barrera seg.	ASC	ACF	Peatón	Total	ASC	ACF	A*
S-A	0	16	31		93	0,17	0,33	0,51
S-A1	12	638	962	216	2524	0,25	0,38	0,64
S-B	1	53	70		189	0,28	0,37	0,66
S-C	0	11	12		26	0,34	0,36	0,70
S-C1	0	96	102		283	0,42	0,46	0,88
S-C2	0	20	37	9	92	0,22	0,40	0,62

$$A^*=(B.S.+ASC+ACF)/Total$$

Relación entre la ACF y la anchura del carril (S-A1)			
	Nº de ACF	Nº total acc.	Proporción
Anchura I	54	136	0,40
Anchura II	887	2326	0,38
Anchura III	21	62	0,34

Contrastes de hipótesis para comprobación de los niveles de significación

i) comprobación diferencia S-A y S-A1

ASC			
x=	638	n=	2524
y=	16	m=	93
Dif. Porc.=	0,08		
Aux=	0,25		
Estad.=	1,77		
Nivel P=	0,04		
ACF			
x=	962	n=	2524
y=	31	m=	93
Dif. Porc.=	0,05		
Aux=	0,38		
Estad.=	0,93		
Nivel P=	0,18		

ii) comprobación S-A1 y S-B

ASC			
x=	53	n=	189
y=	638	m=	2524
Dif. Porc.=	0,03		
Aux=	0,25		
Estadístico	0,84		
Nivel P=	0,20		
ACF			
x=	70	n=	189
y=	962	m=	2524
Dif. Porc.=	0,01		
Aux=	0,38		
Estad.=	0,29		
Nivel P=	0,38		

iii) Diferencia entre S-A1 y S-C1

ASC			
x=	96	n=	283
y=	638	m=	2524
Dif. Porc.=	0,09		
Aux=	0,26		
Estad.=	3,14		
Nivel P=	0,00		
ACF			
x=	102	n=	283
y=	962	m=	2524
Dif. Porc.=	0,02		
Aux=	0,38		
Estad.=	0,68		
Nivel P=	0,25		

iv) Diferencia entre S-C1 y S-C

ASC			
x=	11	n=	26
y=	96	m=	283
Dif. Porc.=	0,08		
Aux=	0,35		
Estad.=	0,86		
Nivel P=	0,19		
ACF			
x=	12	n=	26
y=	102	m=	283
Dif. Porc.=	0,10		
Aux=	0,37		
Estad.=	1,02		
Nivel P=	0,15		

v) Diferencias dentro de una misma sección S-A1

Anchura II y III			
x=	887	n=	2326
y=	21	m=	62
Dif. Porc.=	0,04		
Aux=	0,38		
Estad.=	0,68		
Nivel P=	0,25		

Nota: anchura I.($<3,25$ m.); anchura II ($3,25-3,75$ m.); anchura III($>3,75$ m.)

Los resultados de los contrastes confirman que la proporción de ASC aumenta significativamente (bajo valor del “nivel p”) con la reducción del ancho de los arceles, y en menor medida del ancho de la calzada. En cuanto al aumento en la proporción de ACF los “niveles p” de los contrastes son elevados, por lo que estadísticamente los resultados no son significativos. Sin embargo, se produce un mayor incremento en la proporción de ACF con la disminución de la anchura de la arceles que con la de los carriles.

Por otra parte, el análisis en términos absolutos de los índices de peligrosidad asociados a cada sección tipo, permite aseverar que la media de los índices de peligrosidad de los tramos con secciones amplias (secciones A), son menores que la de los de las secciones disminuidas (secciones C). En algunos casos (S-A1<>S-C1) el contraste para igualdad de medias con un test “t de Student” permite aceptar el aumento de peligrosidad en la sección S-C1 con niveles α que estén por encima del 12,5%.

IP	Media	Desviación típica
S-A1	41,42	18,65
S-C1	44,54	22,19
Nivel “p” del contraste; p=0,1225		

4 CONCLUSIONES

Existe una clara dependencia, significativa, entre la anchura del arcén y, en menor medida, del carril con los accidentes de salida de calzada (ASC).

Existe una dependencia, no significativa, entre la anchura del arcén y del carril con los accidentes de colisión frontal (ACF).

Las secciones con peores características geométricas (secciones C) tienen una mayor proporción de accidentes con salida de calzada (ASC) y de colisión frontal (ACF) que las secciones con mejores características geométricas (secciones A).

Las secciones con peores características geométricas (secciones C) tienen un mayor índice de peligrosidad (IP) que las secciones con mejores características geométricas (secciones A). Sin embargo, esta diferencia de comportamiento no es significativa con niveles α inferiores al 12,5%.

Del análisis efectuado se confirma la necesidad de abordar el estudio de la influencia de las características geométricas y físicas sobre la accidentalidad con criterios estadísticos, con objeto de refrendar los resultados obtenidos. Para incrementar los niveles de confianza de los resultados, sería necesario, sin embargo, una mayor cantidad de información, más precisa y que abarcase carreteras con tipologías más variadas.

5 BIBLIOGRAFÍA

Cirillo, J.A. y Council F.M. (1986) Highway safety: Twenty years later. Transportation Research Record 1068 pp 90-95.

Larsen, R.J. y Marx, M.L. (1986) An Introduction to Mathematical Statistics and its Applications. Prentice Hall. Englewood Cliffs, N.Y.

Transportation Research Board (1987) Designing safer roads. Special report 214. 319 pp. TRB. Washington,DC.

Zeeger C.V., Deen, R.C. y Mayes, J.G. (1981) Effect of lane and shoulder widths on accident reduction on rural two-lane roads. Transportation Research Record 806, pp 33-43.

Zeeger C.V, et al (1987) Safety Effects of Cross-Section Design for Two-Lane Roads. Volume 1, Final Report. 210 p. Federal Highway Administration, Washington,DC.