

IV JORNADAS NACIONALES DE SEGURIDAD VIAL

SANTANDER

**ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL CONTEMPLADOS
EN LA PLANIFICACIÓN DE CARRETERAS**

**Justo Borrajo Sebastián
Dr. Ingeniero de Caminos**

Noviembre de 1998

ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL CONTEMPLADOS EN LA PLANIFICACIÓN DE CARRETERAS

1.- INTRODUCCIÓN

Algunos aspectos de la seguridad vial solo pueden ser contemplados durante el proceso de planificación, pues solo en éste se estudian itinerarios lo suficientemente largos para lograr un equilibrio entre la homogeneidad del trazado de una carretera y su adaptación al entorno de la misma. Por ello, la siempre difícil elección de la velocidad de proyecto de un tramo será un equilibrio entre el coste del mismo y las velocidades de proyecto de los tramos adyacentes.

Además, los costes de la accidentalidad son cada vez más determinantes de la rentabilidad de una actuación y por tanto de su prioridad respecto a otras, sobre todo en momentos de recortes de la inversión. La valoración de los muertos y heridos ha aumentado en los últimos años en nuestra sociedad y lo seguirá haciendo en el futuro, sobre todo por la tendencia a la equiparación con los valores medios de la Unión Europea que son mucho mayores que los españoles.

La diversidad de características geométricas de las vías de gran capacidad y de las mismas carreteras convencionales de la red estatal, así como su demanda también muy diversa, tanto cuantitativa como cualitativamente, fruto de criterios y decisiones diferentes a lo largo del tiempo y basadas en datos no siempre contrastados en la práctica, ha dado lugar a una red muy heterogénea y, lo que es peor, no siempre bien percibida por los usuarios, que pueden encontrarse en un mismo itinerario de autovía con situaciones muy distintas de trazado y control de accesos, lo que puede ser origen de accidentes.

Por todo ello, la Subdirección General de Planificación se ha planteado un estudio estadístico de la influencia de las características de proyecto de las carreteras y de su demanda en la accidentalidad. Para ello, se ha utilizado el inventario de características geométricas existente (actualizado a 1996) y los datos de accidentes de la Subdirección General de Conservación y Explotación, formándose una base de datos con 8.790 Km (1322 tramos) de los que 3.480 Km (508 tramos) corresponden a carreteras de gran capacidad (doble calzada).

La longitud media de cada tramo es de 6,6 Km y se ha establecido de forma que sus características de diseño, entorno y demanda sean homogéneas. Se ha calculado su Intensidad Media Diaria media, su porcentaje de vehículos pesados y sus accidentes con víctimas, en el período 1994/1996, y se ha medido su velocidad de recorrido con coche flotante en 1998. Se conocen además su anchura media de calzada y plataforma, su número de carriles y su anchura de mediana en cuanto a sección transversal; su radio mínimo y medio, su inclinación máxima y media, su distancia de visibilidad y su límite de velocidad en cuanto a trazado; y por último su número de intersecciones y enlaces, la existencia de barreras, los pasos superiores e inferiores y el porcentaje en desmonte y terraplén.

Con todos los datos anteriores se han establecido los índices de peligrosidad para cada tipología de tramo y demanda, lo que permitirá establecer las condiciones de trazado más adecuadas a cada caso y realizar con mayor precisión los estudios de rentabilidad, a conocer los índices de peligrosidad previsibles en las nuevas carreteras.

Los primeros resultados obtenidos se exponen en las tablas que se incluyen a continuación y permiten obtener unas primeras conclusiones que habrá que confirmar e interpretar antes de obtener resultados definitivos.

2.- RESULTADOS OBTENIDOS

- Índices de peligrosidad en función de la IMD en carreteras de calzada única y doble.
- Índices de peligrosidad en función del número de carriles.
- Índices de peligrosidad en función de la IMD, del número de carriles y del tipo de vía (convencional o doble calzada).
- Influencia del trazado en planta en la accidentalidad
- Influencia del trazado en alzado en la accidentalidad
- Influencia de la distancia de visibilidad y el tráfico en la accidentalidad
- Influencia del número de intersecciones y enlaces por kilómetro en la accidentalidad.
- Influencia de las velocidades de proyecto y de recorrido en la accidentalidad.

3.- RESULTADOS OBTENIDOS

- 1) La intensidad media diaria es un factor determinante en la accidentalidad en autovías, disminuyendo claramente la misma al aumentar la IMD. La explicación se encuentra en que la demanda es el único factor limitativo eficaz de la velocidad, y ésta es uno de los factores más importantes de la accidentalidad.

En carreteras convencionales la influencia de la IMD en los índices de accidentes es menor, existiendo un mínimo para una demanda de entre 6.000 y 10.000 vehículos/día.

- 2) Para niveles de demanda inferiores a 10.000 vehículos/día las autovías existentes en la red estatal no son más seguras que las carreteras convencionales de la misma red. Podría pensarse que esto se debe a las características de diseño de las primeras autovías construidas por duplicación de la carretera existente, pero los valores de las autopistas de peaje con baja demanda (Sevilla-Cádiz, Bilbao-Zaragoza y León-Campomanes) también ponen de manifiesto valores de los índices de peligrosidad superiores a la media de las autopistas (IP de 13,8; 18,2 y 21,5 respectivamente sobre una media total de 12,8) y próximos a los de las carreteras convencionales de la red estatal con similar demanda (IP 18,35).
- 3) Los tramos de carreteras convencionales con tres carriles continuos son más peligrosos que aquellos que solo poseen tercer carril en la zona de

rampa. Las autovías con tres carriles son más seguras que con dos, aunque ello puede ser debido a su mayor demanda y menores velocidades de circulación.

- 4) En carreteras convencionales la mejora de los radios mínimos y medios disminuye claramente la accidentalidad (hasta un 30% al pasar de radios mínimos menores de 1000 m a mayores de 2000 m).

En las autovías existentes la influencia del trazado en planta en la accidentalidad es menor, pues los radios mínimos no son nunca inferiores a 450 m. La disminución de accidentalidad al pasar de radios mínimos menores de 1000 m a mayores de 2000 m es solo de un 15%.

- 5) El trazado en alzado no influye prácticamente en la accidentalidad de las autovías existentes. En cambio, en carreteras convencionales cuando se superan las inclinaciones máximas o medias del 4% el índice de peligrosidad aumenta en una 19%.
- 6) Para un mismo volumen de tráfico, pasar de una distancia de visibilidad menor de 200 m a una mayor de 500 m supone reducir la accidentalidad entre un 20% y un 36%, siendo las reducciones mayores cuanto menor es la IMD.
- 7) El número de intersecciones por kilómetro tiene una influencia significativa en la accidentalidad. Así, pasar de 2 ó menos intersecciones por kilómetro a 10 o más incrementa el índice de accidentalidad en un 67%, e incluso superar las 5 intersecciones por kilómetro incrementa dicho índice en un 33%.

En cambio, el número de enlaces por kilómetro, en los valores que se dan en las autovías españolas, no influye en la accidentalidad. Es preciso señalar que en tramos interurbanos de autovías no existen prácticamente enlaces separados menos de 2 km.

- 8) La anchura de mediana tampoco se ha mostrado como significativa a la hora de establecer diferencias en los índices de accidentalidad. Ello puede deberse a que las medianas de 8-10 m han estado sin barreras en los años 1994/96 estudiados, siendo opinión generalmente aceptada que dicho elemento de seguridad es imprescindible incluso con medianas de 14 m

Parece, por tanto, que las medianas de 8-10 m solo estarían justificadas cuando se prevea la necesidad de ampliación de un tercer carril.

- 9) La velocidad, sobre todo la media de recorrido, es uno de los factores determinantes de la accidentalidad. Además, sólo está controlada en la práctica por la existencia de una demanda y suficiente.

En las autovías españolas pasar de una velocidad media de recorrido de 100-120 km/h a valores mayores supone un incremento de accidentalidad del 42%.

La velocidad mínima en el elemento más limitativo del tramo, velocidad de proyecto, es menos influyente que la velocidad media de recorrido, pues su variación máxima solo aumenta un 20% el índice de peligrosidad en carreteras convencionales y no es significativa en autovías.

Quizás la variable: velocidad media de recorrido-velocidad de proyecto sea la más influyente en la seguridad, por lo que se está investigando en estos momentos, dentro de una profundización del estudio realizado, que culminará tratando de establecer leyes que ligen el índice de accidentalidad a las variables de que dependa.

**ASPECTOS DE SEGURIDAD VIAL
CONTEMPLADOS EN LA
PLANIFICACION DE
CARRETERAS**

Justo Borrajo Sebastián

Noviembre 1998

INDICES DE PELIGROSIDAD EN FUNCIÓN DE LA CALZADA

<u>Calzada única</u>	18,90	accidentes/10 ⁸ veh-Km
2 carriles	23,50	“
2 y 3 carriles	18,39	“
3 carriles	21,14	“
<u>Calzada doble</u>	13,67	“
2 carriles	14,49	“
3 carriles	11,56	“

ÍNDICES DE PELIGROSIDAD EN FUNCIÓN DE LA I.M.D. Y DEL TIPO DE VÍA

I.M.D. (veh./día)	Calzada única			Calzada doble	
	2 carriles	2 y 3 carriles	3 carriles	2 carriles	3 carriles
<2000	17,62	20,91	-	-	-
2000-4000	22,25	20,34	24,83	-	-
4000-6000	32,12	18,52	26,44	-	-
6000-10000	-	17,38	25,67	27,32	-
10000-15000	-	18,70	27,57	19,06	-
15000-25000	-	20,72	23,21	15,66	19,52
25000-50000	-	18,39	10,70	11,00	9,70
50000-100000	-	-	-	8,67	12,47
>100000	-	-	-	-	10,68

ÍNDICES DE PELIGROSIDAD EN FUNCIÓN DE LA IMD

A) CALZADA ÚNICA

IMD (veh/día)

<2000

2000-4000

4000-6000

6000-10000

10000-15000

15000-25000

Accidentes/10⁸ vehículos-km

20,12

20,71

19,43

18,35

21,18

21,18

B) CALZADA DOBLE

<10000

10000-15000

15000-25000

25000-50000

50000-100000

>100000

27,32

19,06

15,70

10,77

10,10

10,68

INFLUENCIA DEL TRAZADO EN PLANTA EN LA ACCIDENTALIDAD

1) <u>Radio mín.(m)</u>	<u>Calzada única</u>	<u>Calzada doble</u>
<1000	19 acc/10 ⁸ veh-Km	14 acc/10 ⁸ veh-Km
1000 a 2000	17 “	14 “
>2000	13 “	12 “
2) <u>Radio medio (m)</u>		
<1000	20 acc//10 ⁸ veh-Km	13 acc/10 ⁸ veh-Km
1000 a 2000	19 “	14 “
>2000	16 “	13 “

Autor: Justo Borrajo Sebastián
Dr. Ingeniero de Caminos

INFLUENCIA DEL TRAZADO EN ALZADO EN LA ACCIDENTALIDAD

<u>Inclinación máx. (%)</u>	<u>Calzada única</u>	<u>Calzada doble</u>
<2	16 acc/10 ⁸ veh-Km	14 acc/10 ⁸ veh-Km
2 a 4	16 “	14 “
>4	19 “	14 “
<u>Inclinación media (%)</u>		
<2	17 acc/10 ⁸ veh-Km	14 acc/10 ⁸ veh-Km
2 a 4	21 “	14 “
>4	24 “	15 “

Autor: Justo Borrajo Sebastián
Dr. Ing. De Caminos

Intersecciones y enlaces

- **Intersecciones (nº)**
- **Enlaces (nº)**
- **Accesos (si/no)**

Equipamiento

- **Con marcas viales (nº)**
- **Con barreras (%)**
- **Con mojones (%)**

Entorno

- **Pasos inferiores (nº)**
- **Pasos superiores (nº)**
- **Túneles (nº)**
- **Desmonte o terraplén (%)**

INFLUENCIA DE LA VELOCIDAD EN LA ACCIDENTALIDAD

1) Límite de velocidad (Km/h)

	<u>Calzada única</u>	<u>Calzada doble</u>
<40.....	22	-
40 a 60	20	12
60 a 80	20	13
80 a 100	16	16
> 100	-	13

2) Velocidad media de recorrido de ligeros (Km/h)

<60	26	-
60 a 80	22	14
80 a 100	19	14
100 a 120	14	12
>120	12	17

- **1.322 tramos con 8.790 Km**

- 1.131 tramos (7.730 km) **Inventario completo**

- 191 “ (1.060 km) “ **simplificado**

- 508 tramos (3.480 km) **Doble calzada**

- 814 “ (5.310 km) **Carretera Convencional**

- **Identificación del tramo**

- **Longitud ((m)**

- **Accidentes con víctimas (1994-1996)**

- **IMD media 1994-1996**

- **% vehículos pesados 1994-1996**

- **Velocidad de recorrido media (km/h)**

- **Indice de peligrosidad (acc/10⁸ veh-km)**

Sección Transversal

- Doble calzada (si/no)
- Anchura media de calzada (m)
- Anchura media de plataforma (m)
- Número medio de carriles (n°)
- Con arcén pavimentado (%)
- Anchura de mediana (m)

Trazado

- Radio mínimo (m)
- Radio medio (m)
- Inclinación máxima (%)
- Inclinación media (%)
- Distancias de visibilidad (m)
- Límite de velocidad (km/h)

INFLUENCIA DE LAS INTERSECCIONES Y ENLACES POR KILOMETRO

Intersecciones (n°/km)

<2	15
2 a 5	19
5 a 10	20
>10	25

Calzada única

acc/10 ⁸ veh-km
“
“
“

Enlaces (n°/km)

<0,2	15
0,2 a 0,5	13
>0,5	13

Calzada doble

acc/10 ⁸ veh-km
“
“

Autor: Justo Borrajo Sebastián
Dr. Ingeniero de Caminos

INFLUENCIA DE LA DISTANCIA DE VISIBILIDAD SEGÚN EL TRÁFICO EN LA ACCIDENTALIDAD

DISTANCIA DE VISIBILIDAD (m)

<u>TRAFICO (Veh/día)</u>	<u>< 200</u>	<u>200 a 500</u>	<u>≥ 500</u>
< 2000	26	21	--
2.000 a 4.000	25	20	17
4 .000 a 6.000	23	20	16
6.000 a 10.000	22	20	14
10.000 a 15.000	21	20	17

SEGURIDAD VIAL Y PLANIFICACIÓN

- **El diseño de una carretera incluye en su coste y en su seguridad y por tanto en su rentabilidad.**
- **Hay que contemplar los itinerarios de forma que se adapten al entorno y sean homogéneos y después tramificar para proyecto y obra.**