

**RECOMENDACIONES DE**  
**INFRAESTRUCTURA**  
**PARA VEHÍCULOS DE**  
**DOS RUEDAS**



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### PRÓLOGO

El presente estudio, “Recomendaciones de infraestructuras para vehículos de dos ruedas”, supone la primera actividad conjunta que se enmarca dentro del Convenio de Colaboración en el Ámbito de la Seguridad Vial, firmado el pasado 30 de Diciembre de 1997 entre el Instituto Mapfre de Seguridad Vial y la Asociación Española de la Carretera.

Debe destacarse que uno de los objetivos fundacionales del Instituto Mapfre de Seguridad Vial es el desarrollo de actividades que tiendan a la promoción, defensa y divulgación de la seguridad integral del transporte por carretera, prestando especial interés por los esfuerzos encaminados a la prevención de los accidentes.

Además, uno de los medios que el Instituto estima más adecuados para la consecución de sus objetivos es a través de colaboraciones con empresas, organismos o entidades que puedan aportar sus conocimientos y experiencias a través de líneas de trabajo complementarias o de investigaciones conjuntas. De este modo, la Asociación Española de la Carretera ha colaborado intensamente con el Instituto Mapfre en el desarrollo de este informe, que tiene como objetivo la determinación de aquellas posibles actuaciones o recomendaciones de cualquier ámbito que pudieran significar una mejora sustancial de la adecuación de las carreteras a los usuarios de los vehículos de dos ruedas y, en particular, en la búsqueda de la disminución de la gravedad de los accidentes en que estos vehículos se ven envueltos.

El Instituto Mapfre de Seguridad Vial espera que este primer documento atraiga el interés necesario de todos los que trabajan en la construcción y explotación de carreteras, con el fin de que, al menos, las medidas aquí expuestas puedan ser llevadas a la práctica para valorar la idoneidad de las mismas. Igualmente confía en que la línea de colaboración entablada entre el Instituto Mapfre de Seguridad Vial y la Asociación Española de la Carretera pueda resultar fructífera en el objetivo común de mejora de la seguridad de todos los usuarios de nuestras vías.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### **SUMARIO**

En este contexto, el estudio presenta inicialmente un análisis exhaustivo de la tipología de los accidentes sufridos por las motocicletas en nuestro país, buscando la identificación del accidente-tipo. A continuación se analizan las características más importantes de las lesiones que sufren el mayor porcentaje de conductores de motocicletas. Del mismo modo, se incorpora una encuesta opinática a conductores habituales de motocicletas, intentando establecer el orden de prioridades que para ellos suponen medidas como las relacionadas con el conductor en sí mismo, el equipamiento personal, la motocicleta, las infraestructuras, la legislación o las campañas divulgativas.

Una vez analizados los tres apartados anteriores, se profundiza en el estudio pormenorizado de todos aquellos elementos de la infraestructura que pudieran tener una mayor importancia en la cantidad y gravedad de los accidentes que se producen con estos vehículos. Así, se evalúan estándares de diseño relacionados con el firme, la normativa de trazado, la señalización vertical y horizontal, las barreras metálicas de contención y las glorietas en entornos interurbanos.

Como conclusión de este completo análisis, se finaliza el documento con el planteamiento de una serie de recomendaciones que afectan a la infraestructura, todas ellas consideradas como de bajo coste, y que, por su facilidad de implantación y potencial ratio de rentabilidad, se estiman aplicables en las carreteras españolas en un corto o medio plazo.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

<b>1</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1-7</b>
1.1	SITUACIÓN DEL SEGMENTO DE LOS VEHÍCULOS DE DOS RUEDAS	1-7
1.2	NORMATIVA DE REFERENCIA	1-13
<b>2</b>	<b>TIPOLOGIA DE LOS ACCIDENTES SUFRIDOS POR LAS MOTOCICLETAS</b>	<b>2-16</b>
2.1	BASE DOCUMENTAL	2-16
2.2	FACTORES QUE INTERVIENEN EN LOS ACCIDENTES	2-17
2.2.1	<i>Tipo de carretera</i>	2-17
2.2.2	<i>Tipo de vehículos implicados</i>	2-18
2.2.3	<i>Lugar del accidente</i>	2-19
2.2.4	<i>Tipología de accidente</i>	2-21
2.2.5	<i>Factores atmosféricos</i>	2-23
2.2.6	<i>Luminosidad</i>	2-24
2.3	IDENTIFICACIÓN DEL ACCIDENTE TIPO	2-25
2.4	LOCALIZACIÓN DE LOS ACCIDENTES DE MOTOCICLETA EN LA RED DE CARRETERAS DEL ESTADO	2-25
2.4.1	<i>Accidentes sufridos por motocicletas</i>	2-26
2.4.2	<i>Accidentes debidos a salida de calzada</i>	2-28
<b>3</b>	<b>ESTUDIO DE LAS LESIONES PRODUCIDAS EN ACCIDENTES DE MOTOCICLETA</b>	<b>3-30</b>
3.1	CARACTERIZACIÓN DE LAS LESIONES EN FUNCIÓN DE LOS ACCIDENTES	3-30
3.2	MEDIDAS DE PROTECCIÓN DEL CONDUCTOR	3-31
3.2.1	<i>Vestimenta</i>	3-31
3.2.2	<i>Air-bags</i>	3-32
<b>4</b>	<b>OPINION DE LOS USUARIOS DE VEHICULOS DE DOS RUEDAS</b>	<b>4-34</b>
4.1	ENCUESTA LECTORES REVISTA MOTOCICLISMO	4-34
4.1.1	<i>Resultados de la encuesta</i>	4-39
4.1.2	<i>Contenido de “Encuesta AEC sobre motos y seguridad en carretera”</i>	4-39
4.1.3	<i>Sugerencias presentadas</i>	4-42
4.1.4	<i>Resultados obtenidos</i>	4-44
4.2	ENCUESTA A USUARIOS EUROPEOS (MIEMBROS DE LA FEDERATION OF EUROPEAN MOTORCYCLISTS’ ASSOCIATIONES)	4-54
<b>5</b>	<b>ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA</b>	<b>5-56</b>
		1-4

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

5.1	PARÁMETROS DE TRAZADO	5-57
5.1.1	<i>Transiciones recta-curva</i>	5-57
5.1.2	<i>Transición de peraltes</i>	5-57
5.2	FIRME	5-59
5.2.1	<i>Importancia de un firme en buen estado</i>	5-59
5.2.2	<i>Fenómeno adherencia neumático-pavimento</i>	5-59
5.2.3	<i>Resistencia al deslizamiento</i>	5-63
5.2.4	<i>Rozamiento del caucho</i>	5-63
5.2.5	<i>Influencia de las características del pavimento y el neumático</i>	5-65
5.2.6	<i>Factores que disminuyen adherencia</i>	5-66
5.2.7	<i>Recomendaciones</i>	5-69
5.2.8	<b><i>Relativas a materiales a emplear en el sellado de defectos</i></b>	5-72
5.3	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	5-75
5.3.1	<i>Pintura con resaltos</i>	5-75
5.3.2	<i>Pasos de cebra en zonas urbanas</i>	5-77
5.4	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	5-81
5.4.1	<i>Situación actual</i>	5-81
5.4.2	<i>Alternativas propuestas</i>	5-81
5.4.3	<i>Recomendaciones</i>	5-82
5.5	SISTEMAS DE CONTENCIÓN	5-84
5.5.1	<i>Introducción</i>	5-84
5.5.2	<i>Definición del problema</i>	5-85
5.5.3	<i>Situación actual en España</i>	5-87
5.5.4	<i>Alternativas existentes</i>	5-88
5.6	REJILLAS EN ZONAS URBANAS	5-106
5.7	ELEMENTOS SINGULARES: GLORIETAS	5-108
5.7.1	<i>Valoración de la magnitud del problema</i>	5-108
5.7.2	<b><i>ACCIDENTE CARACTERÍSTICO EN GLORIETAS</i></b>	5-123
5.7.3	<b><i>RECOMENDACIONES DE DISEÑO</i></b>	5-125
<b>6</b>	<b>RESUMEN DEL ESTUDIO</b>	<b>6-134</b>
6.1	INTRODUCCIÓN	6-134
6.1.1	<i>Evolución del parque de motocicletas</i>	6-134
6.1.2	<i>Edad y siniestralidad</i>	6-134
6.1.3	<i>Evolución de la accidentalidad</i>	6-135
6.1.4	<i>Tipología de los accidentes</i>	6-135
6.2	OPINION DE LOS USUARIOS DE VEHICULOS DE DOS RUEDAS	6-136
6.2.1	<i>Resultados encuesta lectores revista MOTOCICLISMO</i>	1-5

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

6.3	ANÁLISIS DE LA INFRAESTRUCTURA	6-137
6.3.1	<i>Parámetros de trazado</i>	6-137
6.3.2	<i>Firme</i>	6-138
6.3.3	<i>Señalización horizontal</i>	6-142
6.3.4	<i>Señalización vertical</i>	6-144
6.3.5	<i>Sistemas de contención</i>	6-144
6.3.6	<i>Rejillas en zonas urbanas</i>	6-145
6.3.7	<i>Elementos singulares: glorietas</i>	6-146
<b>7</b>	<b>RECOMENDACIONES FINALES</b>	<b>7-152</b>
7.1	RECOMENDACIONES DE TRAZADO	7-152
7.1.1	<i>Curvas de transición recta-curva</i>	7-152
7.1.2	<i>Peraltes</i>	7-152
7.2	FIRMES	7-152
7.2.1	<i>Estado de conservación</i>	7-152
7.2.2	<i>Coefficiente de rozamiento</i>	7-153
7.2.3	<i>Sellado de grietas</i>	7-153
7.3	SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	7-153
7.3.1	<i>Pintura con resaltos</i>	7-153
7.3.2	<i>Pasos de cebra en entorno urbano</i>	7-153
7.4	SEÑALIZACIÓN VERTICAL	7-154
7.5	SISTEMAS DE CONTENCIÓN	7-154
7.6	REJILLAS EN TRAMOS URBANOS	7-154
7.7	ELEMENTOS SINGULARES: GLORIETAS	7-155
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>8-156</b>

## 1 INTRODUCCION

En España, en 1997, el parque de vehículos de dos ruedas suponía el 6.5 % del total, mientras que este tipo de vehículos se vio involucrado en el 23 % de accidentes con víctimas y en el 13 % de los accidentes con víctimas mortales.

Limitarse a justificar estos datos desde el convencimiento de unas velocidades elevadas y unos comportamientos inadecuados, nos parece inapropiado. Por ello, con este estudio se quiere profundizar más en las posibles razones que motivan esta situación, analizado desde el punto de vista de la infraestructura y su equipamiento.

En el presente documento se va a intentar llegar al planteamiento de las posibles mejoras a introducir en los estándares de diseño y dotacionales de las carreteras para invertir la situación antes referida.

Paralelamente, se podrá analizar la posibilidad de instalación de aquellos sistemas que, sin mermar las características resistentes y de comportamiento frente a los vehículos de cuatro ruedas, signifiquen una importante mejora con respecto a los desplazamientos de las motocicletas. En este sentido se analizarán tanto medidas previstas para reducir el número y gravedad de los accidentes de motocicletas a través de diseños específicos, como medidas encaminadas a la modificación de determinados estándares de diseño que puedan favorecer su comportamiento frente a las motocicletas.

### *1.1 Situación del segmento de los vehículos de dos ruedas*

En el Gráfico 1-1 se presenta la evolución del parque de motocicletas entre los años 1987-1997. En él se destaca un fuerte crecimiento de este sector del parque hasta 1992 (significando un aumento de prácticamente un 60%), seguido de una estabilización mantenida hasta nuestros días.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

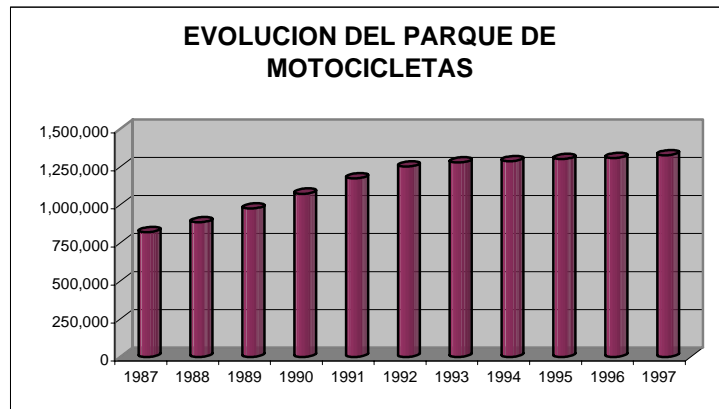
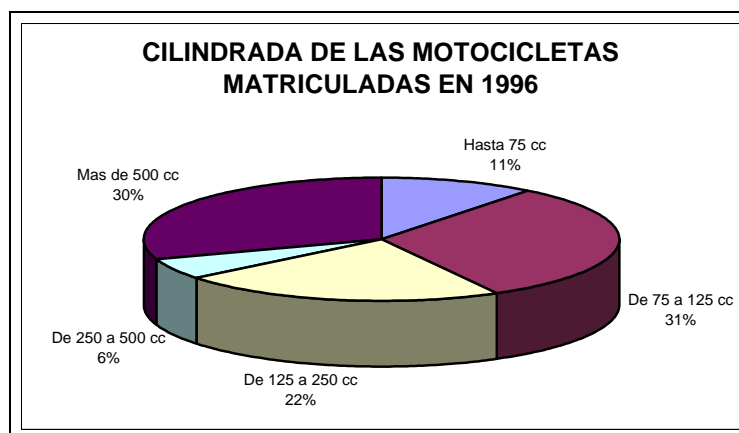


Gráfico 1-1

En la misma figura se observa como tras una etapa de crecimiento continuado del parque de motocicletas durante el período 1987-93 se ha producido un estancamiento del mismo desde el año 1993. En la actualidad, según datos de la DGT, el parque de motocicletas suma un total de 1.326.333 vehículos.

Otro elemento que se debe tener en cuenta es la distribución de dicho parque en función de sus cilindradas, característica que nos informa indirectamente sobre el tipo de desplazamiento más representativo (urbano o interurbano) y sobre las velocidades alcanzables por las mismas.





## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

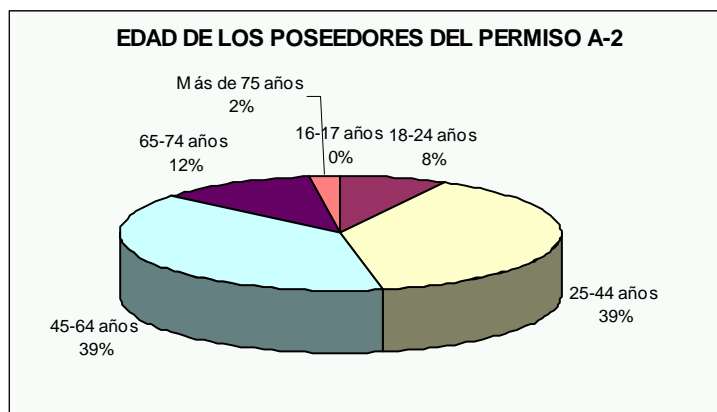
Gráfico 1-2

Dicha distribución se muestra en el Gráfico 1-2, donde se agrupan las tipologías de las mismas agrupadas por escalones de cilindradas representativas (dicho gráfico se refiere a los datos del año 1996).

Como puede observarse, el 30% de las motocicletas matriculadas en 1996 pertenecen a cilindrada superior a 500 cc, entre 250 y 500 cc se encuentran el 6% de las matriculaciones, el 22% corresponde a motocicletas cuya cilindrada se encuentra entre 125 y 250 cc, el 31% a cilindradas comprendidas entre 75 y 125 cc y las motocicletas de cilindrada inferior a 75 cc que se matricularon dicho año ascienden al 11%.

Otro aspecto que merece una consideración es el de la edad del conductor que circula en motocicleta por nuestras carreteras. En particular nos vamos a centrar en los poseedores de permiso de conducir A-2, por ser los que hacen uso en mayor medida de la infraestructura interurbana, objeto principal de este estudio.

Dichas distribuciones se ven reflejadas en los Gráfico 1-3 y 1-4. Según se observa en ellos, se puede destacar que el 39% de los conductores que poseen permiso A-2 tienen edades comprendidas entre 25 y 44 años, correspondiéndole a este grupo de edades un 34% de los fallecimientos.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Gráfico 1-3

Otro 39% de los conductores que poseen el permiso A-2 se encuentran con edades comprendidas entre 45 y 64 años, aunque debido al menor uso que hacen de las motocicletas sólo registran el 11% de los fallecimientos. Sin embargo, las edades comprendidas entre 18 y 24 años, sólo el 8% de los poseedores del permiso A-2, registran el 39% de los fallecidos en accidente. Primer aspecto que debe ser destacado en este informe.

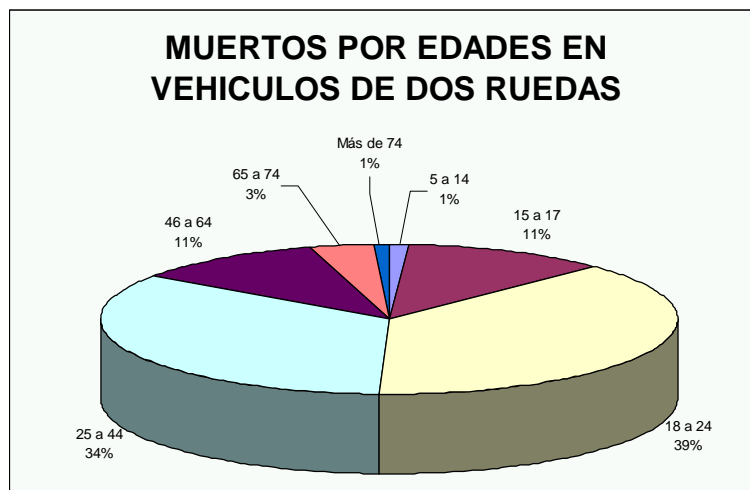


Gráfico 1-4

Un aspecto de gran significancia para establecer la magnitud del problema que nos ocupa es el relacionado con la evolución de los índices de mortalidad registrada en las carreteras españolas durante las últimas décadas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

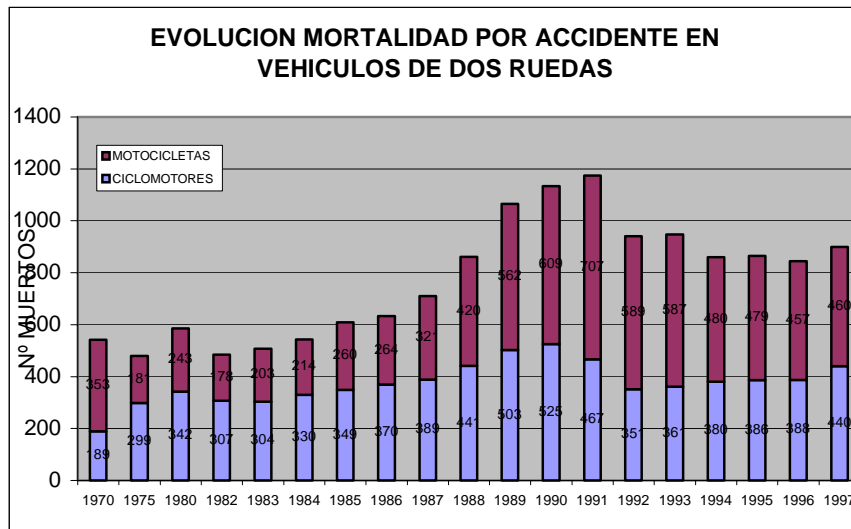


Gráfico 1-5

En el Gráfico 1-5 que a continuación se muestran se observa una tendencia a la disminución de la accidentalidad que está experimentando este tipo de vehículos desde el año 1991 en el que se alcanzó su máximo histórico.

Sin embargo, como se muestra en él, dicha tendencia se ha roto en 1997, año en el que ha vuelto a incrementarse el número de muertos por accidente de motocicleta, hasta totalizar unos 900 fallecidos.

En dicho gráfico se puede intuir un comportamiento de la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas con similar evolución al comportamiento de la totalidad de la accidentalidad en el conjunto del país, aspecto que por otro lado no debe resultar llamativo dado que de alguna manera la situación coyuntural del país no deja de ser un factor con fuertes implicaciones en la movilidad de los conductores y, consecuentemente, en las evoluciones medias de los índices de accidentalidad.

Sin embargo, a la vista de estos gráficos quizá pudiéramos obtener alguna conclusión errónea, por lo que resulta muy significativo realizar el cálculo de los índices de peligrosidad anuales asignados a los accidentes de los vehículos de dos ruedas. El índice de

$$IP = \frac{n^{\circ} \text{ accidentes convíctimas} \cdot 10^8}{\text{millones} \cdot \text{veh} \cdot \text{km}}$$

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

peligrosidad se define por el siguiente cociente:

El IP, al tener en cuenta los vehículos-kilómetro recorridos, representa de una forma muy fiable la peligrosidad real del tipo de vehículo que se pretende estudiar.

A continuación se ha realizado el cálculo de los índices de peligrosidad asociados a las motocicletas para los últimos años. Los resultados se muestran claramente en el Gráfico 1-6. En él se observa como después de haberse registrado un máximo de la peligrosidad en el año 1990, y haber disminuido significativamente dicho índice hasta el año 1994, se produce en esta misma fecha un punto de inflexión de notable importancia que conduce a un importante aumento en los índices de peligrosidad en los accidentes de motocicletas durante los años 1995 y 1996.

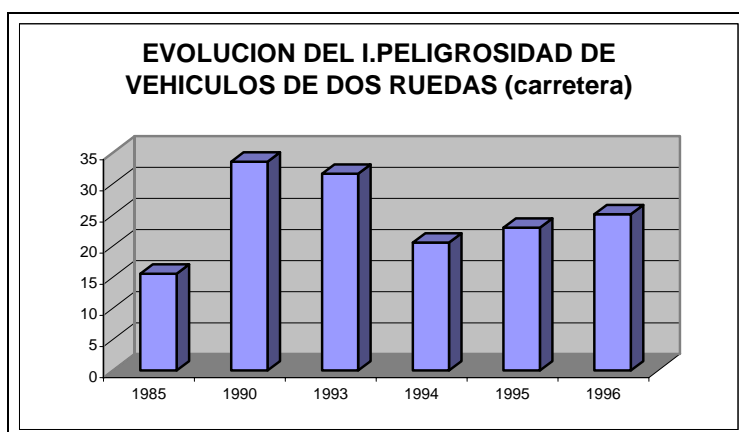


Gráfico 1-6

Dichos resultados corroboran la prudencia con la que intencionadamente fueron valorados los descensos del número de accidentes reflejado en el Gráfico 1-5. Si bien es cierto que el número total de accidentes disminuye de manera mantenida, no es menos cierto que el índice de peligrosidad presenta una tendencia mucho menos alentadora.

Dicha situación no tiene otra explicación distinta a que la gravedad de los accidentes ocurridos en el segmento de las dos ruedas se encuentra en un ascenso mantenido, esto es,

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

que aunque el número de accidentes disminuye, las consecuencias de los mismos son más dramáticas.

Sin duda debe ser este último aspecto el que por su importancia justifique por sí sólo la necesidad de la profundización en el análisis de la accidentalidad asociada a estos vehículos, línea de trabajo en la que el presente informe debe significar tan sólo el punto de partida.

### *1.2 Normativa de referencia*

Existen en nuestro país tres organismos con competencias sobre redes de carreteras:

- Estado: 23.200 km de red (Red de Carreteras del Estado).
- Comunidades Autónomas: 72.200 km de red.
- Diputaciones y Cabildos: 66.800 km de red.

Dichos organismos tienen competencias plenas sobre su red de carreteras. Ello les autoriza a elaborar y aplicar la normativa que consideren conveniente: desde los parámetros de trazado, normas de calidad de los materiales a emplear, recomendaciones de instalación de equipamiento, etc.

Debido a la complejidad que entraña la elaboración de una normativa propia la situación real es que prácticamente ninguna Comunidad ni Diputación ha elaborado normativa propia (con las excepciones de algunas Comunidad que han elaborado alguna recomendación que afecta a la señalización) exigiendo para sus obras el cumplimiento de la normativa vigente en la red de Carreteras del Estado (elaborada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento).

En pocas palabras: la normativa que afecta a todas las redes de carreteras, independientemente del organismo de que dependa, es , hoy por hoy, la elaborada por la Dirección General de Carreteras.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Dicha normativa afecta a dos aspectos fundamentales:

- a) Condicionantes geométricos, criterios de ubicación, parámetros de diseño, etc.
  - Norma 3.1 I.C – Trazado.  
Contempla las especificaciones de los elementos básicos para el estudio o proyecto de un trazado de carreteras. En sus diversas partes recoge las condiciones relativas a la planta, el alzado y a la sección transversal, y a los criterios generales que deben observarse para obtener la conveniente coordinación entre todas ellas. Asimismo se incluyen criterios para su aplicación a secciones transversales especiales, nudos y carreteras de características de trazado reducidas.
  - Norma 8.1 I.C – Señalización Vertical.  
Contempla las especificaciones sobre los elementos fundamentales de señalización vertical de nuestras carreteras en los aspectos de tipología, tamaños, geometría, distancias, etc.
  - Norma 8.2 I.C – Marcas Viales.  
Contempla las especificaciones de los elementos básicos de la señalización horizontal. En sus diversas partes recoge las condiciones relativas al objeto, color, clasificación, geometría, etc.
  - Recomendaciones sobre sistemas de contención de vehículos (Orden Circular 321/95)  
Contempla las especificaciones de los sistemas de contención. En sus distintos apartados recoge especificaciones relativas a la tipología de los sistemas de contención (vallas y postes), criterios de implantación, disposición en la calzada, etc.
- b) Materiales a emplear en la construcción y equipamiento (composición de las mezclas bituminosas, propiedades de los materiales empleados, etc.)
  - PG-3 (Pliego General)  
Contiene distintos artículos que contienen las especificaciones relativas a cada elemento. Los que pueden resultar interesantes para los objetivos del presente estudio son:

Artículo 700: Marcas viales.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Artículo 701: Señales verticales de circulación retrorreflectantes.

Artículo 702: Captafaros retrorreflectantes.

Artículo 703: Elementos de balizamiento retrorreflectantes.

Artículo 704: Barreras de seguridad.

Sirvan estas consideraciones para justificar que, al igual que el empleo de las series estadísticas del Ministerio de Fomento para el análisis de la accidentalidad, la normativa que se tomará para su posible valoración, consideración y mejora en su caso, es la elaborada por la Dirección General de Carreteras del mismo organismo, que como se ha expuesto anteriormente, es la normativa con la que se han diseñado y equipado la práctica totalidad de las carreteras de nuestro país.

## **2 TIPOLOGIA DE LOS ACCIDENTES SUFRIDOS POR LAS *MOTOCICLETAS***

### ***2.1 Base documental***

Para efectuar el análisis que nos permitirá determinar la tipología de los accidentes sufridos por los vehículos de dos ruedas en nuestro país se ha procedido al análisis de los datos publicados por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento de los 8 últimos años (1989-1996).

Se quiere destacar que uno de los primeros aspectos que se han cuidado minuciosamente en este documento es el de fomentar una base de datos, lo suficientemente amplia, como para que las conclusiones de los análisis que se pudieran realizar fueran lo suficientemente representativos.

En este sentido, los datos más fiables que hemos podido conseguir son los que hacen referencia a los desplazamientos desarrollados en la Red de Carreteras del Estado; aunque si bien pudiera parecer que con ello se limita el campo de actuación del estudio, debe considerarse que en esta red se produce el porcentaje más representativo de los desplazamientos diarios de los usuarios de vehículos de dos ruedas (como ya se ha expuesto anteriormente, la problemática de la accidentalidad urbana no se enmarca dentro de los objetivos de este informe).

En otro orden de cosas, se quiere remarcar el gran esfuerzo desarrollado en la formación de la base de datos y que nos va a permitir analizar una problemática tan particular en base a un historial que reúne los últimos ocho años de accidentes, lo que garantiza que todas las conclusiones y porcentajes que aquí se muestren están avalados por un volumen enormemente significativo de accidentes.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *2.2 Factores que intervienen en los accidentes*

Para efectuar un pormenorizado análisis de los factores intervinientes en un accidente de vehículos de dos ruedas, se ha realizado previamente la simplificación de localizar aquellos elementos en base a los cuales se podría obtener algún tipo de información interesante a los efectos del estudio. Así en esta primera clasificación ha parecido oportuno profundizar en las características de la accidentalidad en función de los siguientes aspectos:

- Tipo de carretera
- Tipo de vehículo implicado
- Lugar del accidente (intersección o fuera de intersección)
- Tipología de accidente
- Factores atmosféricos
- Luminosidad

#### 2.2.1 Tipo de carretera

Más abajo se presenta la Figura 2.1 que clasifica los accidentes sufridos por los vehículos de dos ruedas en función de la tipología de carretera. Dicha clasificación se realiza en base a 8 tipos diferenciados: autopista, autovía, vía rápida, vía convencional con carril lento, vía convencional, camino vecinal, vía de servicio, y ramal de enlace.

Como se puede observar la tipología de carreteras que tiene mayor incidencia en la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas es la carretera convencional que registra el 69 % de los accidentes. También es significativa la incidencia de la autovía con un 23,8 % de la accidentalidad. Los demás tipos de carretera tienen una incidencia casi despreciable.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

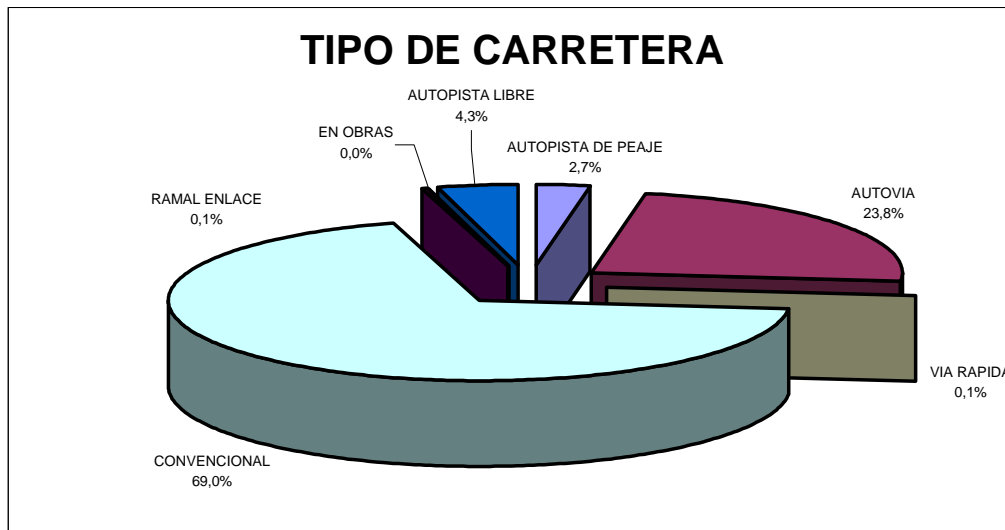
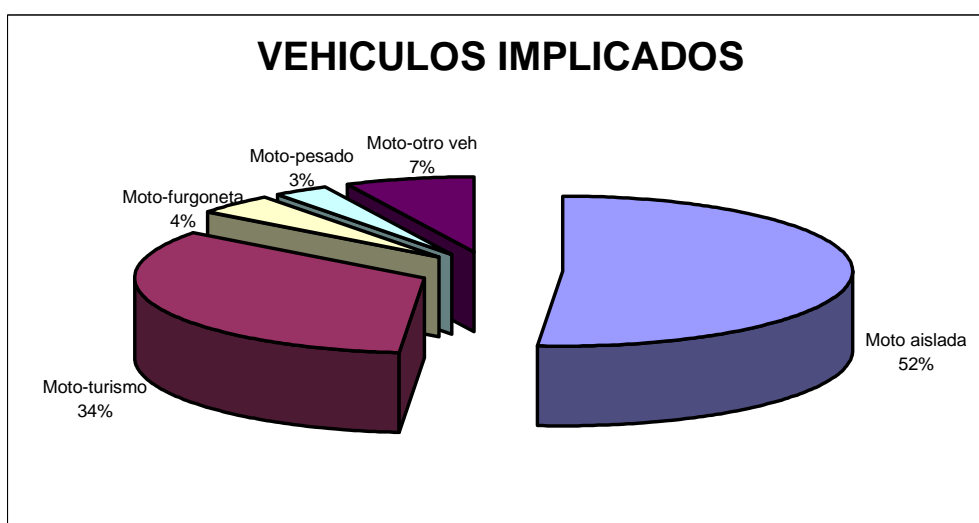


Figura 2.1

### 2.2.2 Tipo de vehículos implicados

En la figura 2.2 se muestra la clasificación, en porcentaje, de los accidentes de vehículos de dos ruedas, en función de los vehículos que se ven implicados en los mismos. Las diferentes tipologías de accidente en función de los vehículos que se ven implicados son: moto aislada, moto-turismo, moto-furgoneta, moto-vehículo pesado, moto-otro vehículo.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Figura 2.2

Los resultados del análisis estadístico muestran que en el 52% de los accidentes el único vehículo implicado es la motocicleta mientras que un 48 % de las ocasiones el accidente se produce por colisionar ésta contra otro vehículo. De estas colisiones el 71% se producen contra turismo, un 4% contra furgonetas, un 6 % contra vehículo pesado y un 15% contra otros vehículos.

De estos datos se deduce que los esfuerzos realizados deberán encaminarse a reducir los accidentes sufridos por motos aisladas o por colisiones moto-turismo, ya que éstos suponen el 86% de los accidentes totales.

### 2.2.3 Lugar del accidente

En este apartado se estudia la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas atendiendo al lugar en el que se produce el accidente.

Se ha diferenciado entre los accidentes que ocurren en las intersecciones y los que suceden fuera de ellas. Dentro de los primeros se hace una distinción entre la tipología de la intersección, ya sea ésta intersección en Y o en T (tres brazos, es decir 3 tramos de vía que intersectan en un punto, siendo la intersección en T aquella que se produce cuando la vía secundaria intersecta con la principal con un ángulo de 90°), intersección en X o más (cuatro o más brazos), enlace de entrada, enlace de salida, intersección giratoria (glorieta), y otros.

Aproximadamente el 80% de los accidentes se producen fuera de intersección. De los que se producen en una intersección el 52% ocurren en las de tipo T o Y, y el 26% en las de tipo X o +. El resto de ellos tienen una incidencia poco significativa.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

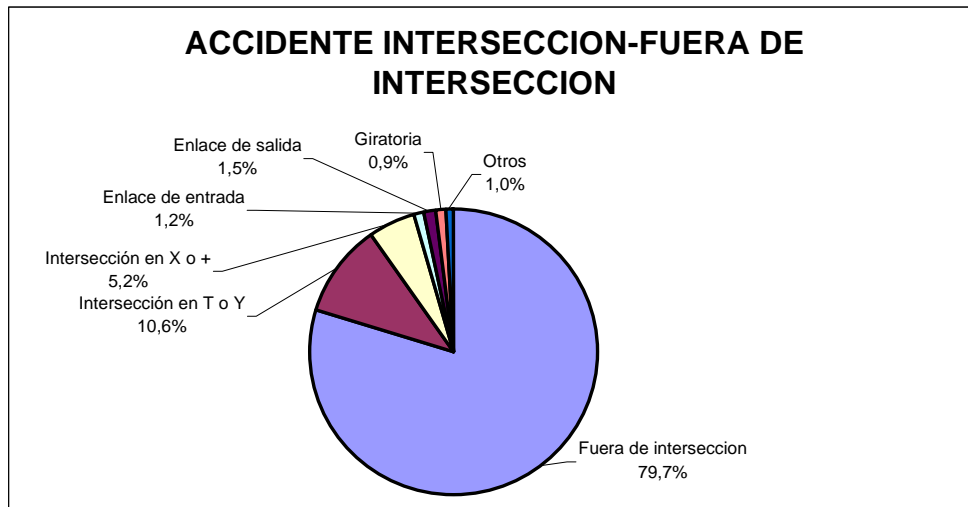


Figura 2.3

En otro orden de cosas, dentro de los accidentes ocurridos fuera de intersección, se realiza una diferenciación de los mismos atendiendo al trazado que tiene la carretera en el lugar del accidente. De este modo se diferencia entre los accidentes ocurridos en recta, curva suave, curva fuerte sin señalizar, curva fuerte señalizada, y dentro de este último tipo también se diferencian los casos en los que exista, o no, señalización de velocidad máxima.

De los accidentes ocurridos fuera de intersección un 47 % de éstos se producen en tramos curvos y un 43% en rectas. De los producidos en curva un 13% corresponde a curva suave, y un 34% al caso de curva pronunciada.

Dentro de los de curva fuerte el mayor porcentaje lo registra el caso de que la curva no tuviera señalizada la velocidad máxima (14% del total), y porcentajes iguales (10% del total) registran los casos de curva sin señalizar y curva, que aunque estando señalizada, no presente señalización de velocidad máxima o velocidad recomendada.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

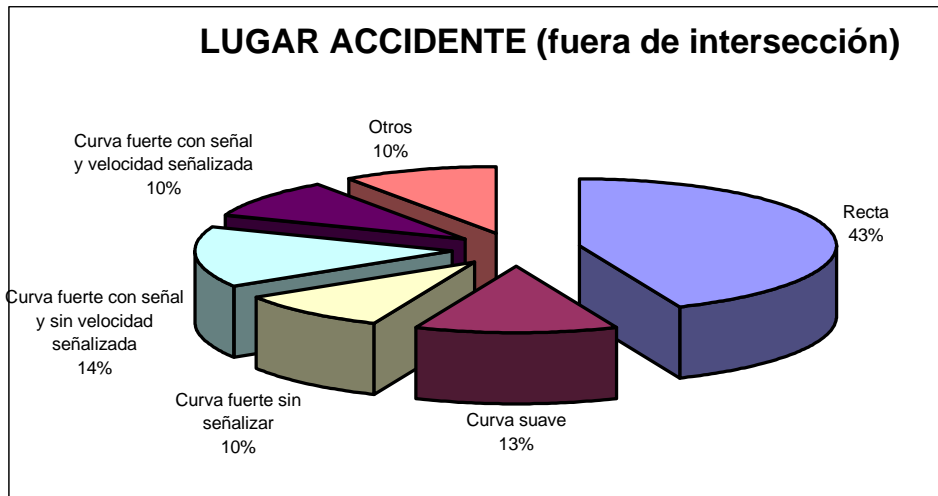


Figura 2.4

### 2.2.4 Tipología de accidente

En la Figura 2.5 se muestra la representatividad de los accidentes según la tipología de los mismos. Atendiendo a su tipología los accidentes pueden clasificarse en: salida de calzada, vuelco, atropello, colisión contra algún obstáculo, colisión contra vehículos en marcha y otros.

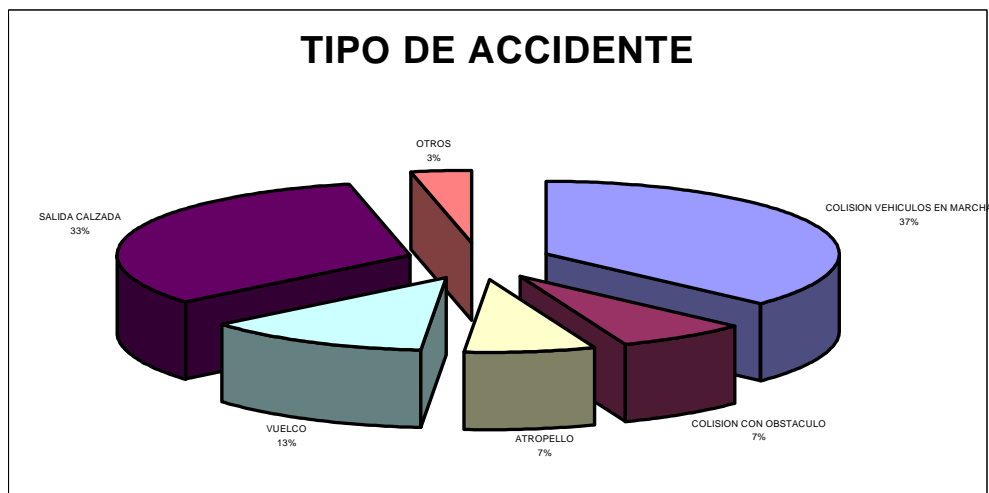


Figura 2.5

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

De la totalidad de accidentes producidos, un 37% corresponde al caso de colisiones con vehículos en marcha; un porcentaje bastante similar (33%) corresponde a salidas de la calzada; un 13% al caso de pérdida de equilibrio por parte del motorista debido a causas variadas; por último, el mismo porcentaje (7%) corresponde a los casos de atropello y colisión con algún obstáculo.

Atendiendo exclusivamente al caso de accidente por colisión con otros vehículos, se observa que éstas pueden ser de varios tipos: colisión frontal, colisión lateral, colisión fronto-lateral, alcance y colisión múltiple o en caravana.

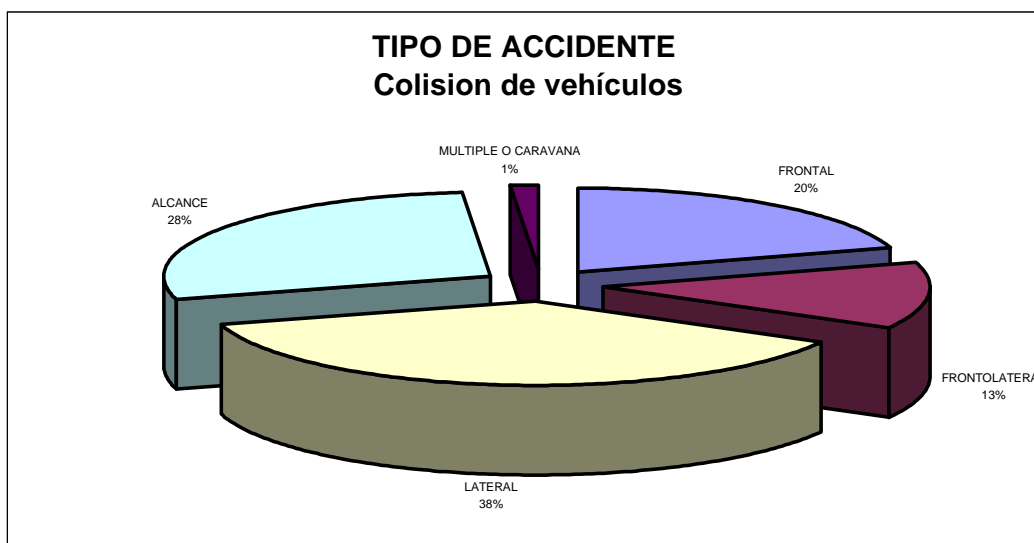


Figura 2.6

La tipología de colisión que más frecuentemente se produce es la lateral con un 38% de los accidentes. Los alcances son el segundo tipo de colisión que más probabilidad tienen de sufrir los vehículos de dos ruedas con un porcentaje del 28%. Las colisiones frontales representan el 20% de los casos y las fronto-laterales el 13%. La tipología de colisión múltiple o en caravana no es significativa (1%).

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 2.2.5 Factores atmosféricos

En la Figura siguiente, 2.7, se muestra la distribución de los accidentes de los vehículos de dos ruedas atendiendo a factores atmosféricos.

Los factores que se han tenido en cuenta son los que se muestran en las hojas de toma de datos de accidentes de la Dirección General de Tráfico, y que son: buen tiempo, niebla intensa, niebla ligera, llovizna, lluvia fuerte, granizo, nieve, viento fuerte, y otro (sin especificar cual).

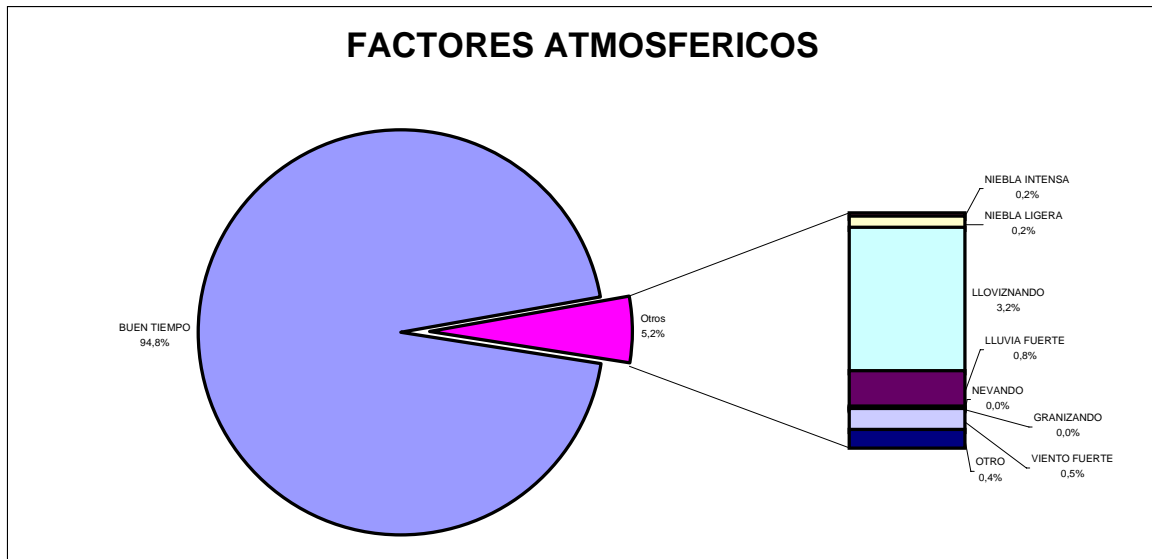


Figura 2.7

En contra de lo que podría ser previsible, se aprecia que la inmensa mayoría de los accidentes sufridos por vehículos de dos ruedas se producen en condiciones atmosféricas favorables (casi el 95%). No obstante este hecho no es del todo ilógico ya que el tráfico de este tipo de vehículos, debido a su exposición a los agentes atmosféricos, se reduce de forma drástica cuando las condiciones climáticas no son favorables.

El 5% restante se corresponde casi en su totalidad al caso de llovizna (3,2%), el resto de

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

factores presentan porcentajes poco significativos.

### 2.2.6 Luminosidad

En la Figura 2.8 se observa la clasificación de los accidentes atendiendo a la luminosidad existente en el momento en que se produjeron.

La luminosidad de la zona del accidente se clasifica en: pleno día, crepúsculo y noche. Dentro de los accidentes que suceden por la noche se diferencia entre los que ocurren en carreteras con iluminación artificial (pudiendo ser ésta suficiente o insuficiente) y los que suceden en carreteras no iluminadas

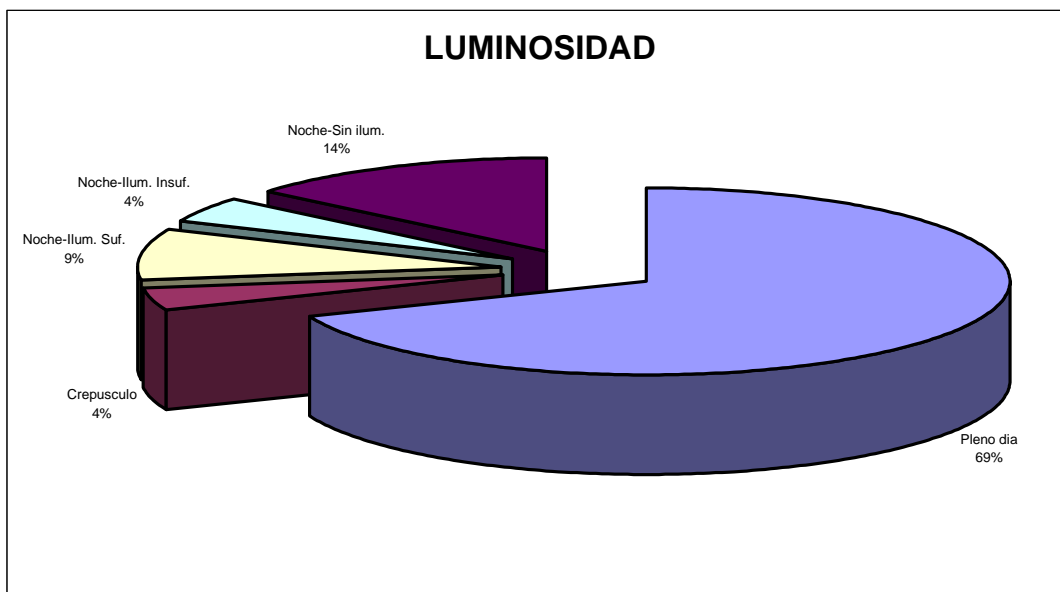


Figura 2.8

La mayoría de los accidentes (69%) ocurren durante el día, representando un 27% los ocurridos durante la noche.

De los accidentes ocurridos durante la noche un 45% (14% con respecto a la totalidad de los accidentes) tienen lugar en zonas sin iluminar. Este hecho habrá que



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

estudiarlo en profundidad para tomar medidas que permitan reducir el número de accidentes producidos en estas circunstancias.

El porcentaje que corresponde a los accidentes nocturnos con carreteras iluminadas artificialmente pero con iluminación insuficiente es el 13% de los que se producen durante la noche (4% respecto al total). El 29% de los nocturnos ocurren en carreteras suficientemente iluminadas (9% respecto al total)

De los accidentes nocturnos, los ocurren durante el crepúsculo son un 13% (4% respecto al total).

### ***2.3 Identificación del accidente tipo***

Para definir el accidente tipo es necesario considerar el hecho de que las salidas de calzada y las colisiones con vehículos en marcha muestren porcentajes muy similares (33% y 37% respectivamente). Por tanto, se sugieren dos tipologías de accidentes, que en el resto de aspectos considerados son idénticas.

El accidente tipo número uno que puede extrapolarse del análisis realizado sería el que sucede en carretera convencional, por salida de calzada, sólo se ve implicado el vehículo de dos ruedas, sucede fuera de las intersecciones, en tramos rectos y a pleno día.

El accidente tipo número dos sería el que sucede en carretera convencional, por colisión lateral del vehículo de dos ruedas con un turismo, sucede fuera de las intersecciones, en tramos rectos, y a pleno día.

### ***2.4 Localización de los accidentes de motocicleta en la Red de Carreteras del Estado***

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Puede resultar importante para la realización del estudio la determinación de aquellos puntos de nuestra red de carreteras en los que existe una siniestralidad por encima de la media nacional para este tipo de vehículos.

Dicha identificación de los puntos de alto riesgo nos permitirá la aplicación localizada de una serie de medidas cuya implantación en la totalidad de la red no sería posible por su elevado coste.

Se han analizado, por un lado, los tramos donde se ha producido un alto número de accidentes de cualquier tipo involucrando vehículos de dos ruedas; y por otro, los puntos donde se han producido un número elevado de accidentes por salida de calzada e impacto contra algún tipo de obstáculo.

El primer análisis nos permitirá analizar los posibles factores que confluyen en un determinado tramo donde se registra una elevada accidentalidad de los vehículos de dos ruedas. Del segundo análisis obtendremos un listado de tramos en los que sería recomendable instalar protecciones en los obstáculos existentes.

### 2.4.1 Accidentes sufridos por motocicletas

En la tabla que se muestra a continuación se detallan aquellas carreteras en las que, durante el período comprendido entre el año 1989 y 1996, se han producido más accidentes de motocicleta:

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Carretera	NºAccid (89-96)
340	1617
2	901
4	572
332	428
30	391
6	284
634	283
630	268
3	200
323	168
330	158
7	153
5	139
120	139
1	133
432	117
301	110
240	110
232	105
550	99
260	92
420	84
234	81
525	79
620	78
632	76
322	72
331	70
611	70
122	62
430	61

En la siguiente tabla se muestran los puntos kilométricos de las carreteras en los que, en el período 89-96, han tenido lugar mayor número de accidentes con vehículos de dos ruedas implicados.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Carretera	pK	Nºacc (89-96)
340	1252	30
340	1251	29
30	12	26
30	8	23
30	5	23
30	15	23
30	7	22
30	11	22
2	634	21
30	14	20
30	13	20
30	0	19
30	2	18
30	4	17
30	9	16
2	659	15
30	10	15
2	594	14
2	655	14
340	1247	14
340	1243	14
4	223	13
2	631	13
30	6	13
340	2105	13
30	16	13
30	3	13
30	18	12
2	645	12
3	296	12
4	248	12
340	104	12
260	208	12
2	660	12
340	103	11
30	17	11
340	1236	11
2	641	11
2	637	11
2	9	11
30	19	11

### 2.4.2 Accidentes debidos a salida de calzada

Asimismo se determinaron aquellos tramos en los que los accidentes con salida de calzada y posterior impacto contra algún obstáculo tuvieron una especial incidencia. Dichos tramos,

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

ordenados de mayor a menor según el índice de accidentes por kilómetro, son los siguientes:

**¡Error!Vínculo no válido.**

Es en estos puntos, en los que se producen más salidas de la calzada, en donde sería recomendable la instalación de dispositivos de protección de los elementos situados en los márgenes de la carretera.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

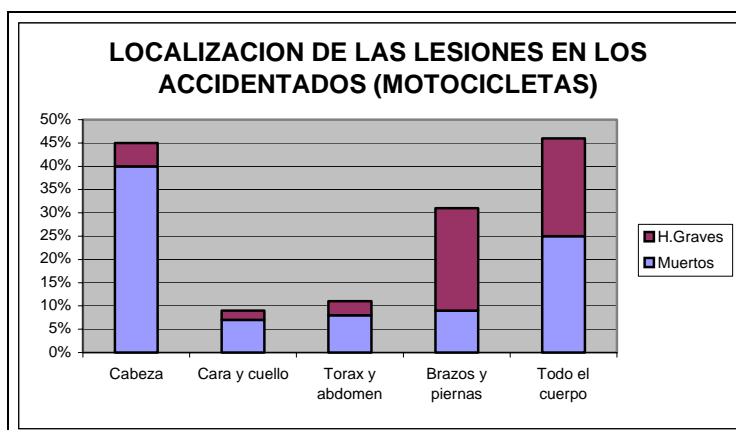
### 3 ESTUDIO DE LAS LESIONES PRODUCIDAS EN ACCIDENTES DE MOTOCICLETA

#### 3.1 Caracterización de las lesiones en función de los accidentes

Para identificar las lesiones más características ocurridas por accidentes en que se ven involucrados motociclistas se ha acudido a las estadísticas ofrecidas por prensa especializada, en particular, los datos que se ofrecen se han obtenido de la revista Tráfico y de la revista Motociclismo. El resumen de la documentación consultada se ofrece en el gráfico adjunto en el que se analiza el porcentaje de heridos graves y fallecimientos ocurridos por lesiones en accidentados de motocicleta en función de la parte del cuerpo principalmente dañada en el accidente.

Como se verá, las zonas del cuerpo principalmente afectadas por un accidente de moto se pueden agrupar en cabeza, cara y cuello, brazos y piernas, tórax y abdomen y por último, aquella tipología de accidente cuyas consecuencias suponen magulladuras de diversa consideración en la práctica totalidad del cuerpo.

En el gráfico 3.1 se muestra dicha desagregación por grupo de miembros a los que se clasifica en función de los porcentajes de mortalidad y consecuencias graves de un accidente. Como se observa las lesiones localizadas en la cabeza son muy habituales y la mortalidad de estos, obviamente, es muy superior a la del resto.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Figura 3.1

De hecho, si analizamos las estadísticas correspondientes a los muertos y heridos graves ocurridos en accidentes de motos en función del lugar del cuerpo afectado por el accidente, se pueden realizar las siguientes consideraciones:

En primer lugar destaca el escaso porcentaje de heridos graves que se producen cuando el miembro afectado es la cabeza, de tal manera que de la totalidad de los accidentes que afectan a este miembro degeneran en un 5% de heridos graves, siendo el resto de los accidentes mortales.

Otro aspecto importante es destacar la gran cantidad de accidentes que tienen consecuencias que médicamente pueden considerarse que afectan a la totalidad del cuerpo, en cuyo caso, prácticamente la mitad de las veces los traumatismos degeneran en fallecimiento y la otra mitad se traduce en heridos de consecuencias graves.

Los miembros que menos lesiones presentan estadísticamente son los que hacen referencia a la cara y cuello, sin embargo, es de destacar que prácticamente el 75% de las veces que este miembro se vea afectado supone el fallecimiento del conductor.

Situación similar ocurre cuando las lesiones afectan al tórax y al abdomen, en proporciones de heridos graves y fallecimientos muy similares.

Sin embargo, el único elemento que supone un mayor porcentaje de heridos graves y fallecimientos, como es lógico, se produce cuando las lesiones afectan a las extremidades del cuerpo.

### ***3.2 Medidas de protección del conductor***

#### **3.2.1 Vestimenta**

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Dentro de las medidas específicas destinadas a la protección del conductor, en lo que a vestimenta se refiere, se encuentran el casco, traje de cuero, botas y guantes. Dado que este tipo de utensilios son ampliamente conocidos y, además, por no ser objeto del presente estudio no van a tenerse en consideración en lo sucesivo.

### 3.2.2 Air-bags

El air-bag para vehículos de dos ruedas es un elemento que está en continuo estudio y desarrollo y que en la actualidad no se encuentra estandarizado en este tipo de vehículos.

No obstante, se pueden diferenciar dos tipologías de air-bag para motos: la primera de ellas es el air-bag que se encuentra, al igual que en los vehículos de cuatro ruedas, encerrado dentro del chasis de la moto y localizado al lado del depósito de la gasolina. Este dispositivo se pone en funcionamiento cuando la moto sufre un choque contra cualquier elemento, y al igual que el de los vehículos de cuatro ruedas, se hincha como si de un globo se tratase.

El otro tipo de air-bag es el que va integrado en un chaleco o chaqueta que debe ponerse el conductor, y que mediante un dispositivo va conectado a la moto, de modo que cuando el conductor sufre un accidente y sale despedido se pone en funcionamiento el air-bag hinchándose y formando una coraza elástica que le protege en su caída.

Al hablar del air-bag para vehículos de dos ruedas no podemos olvidar que si bien la efectividad de este tipo de protección no ha sido demostrada se continúa investigando en la actualidad mediante un programa internacional multifase, iniciado en 1990 financiado y coordinado por los fabricantes. Dicho programa involucra a centros de investigación de Europa, Estados Unidos y Japón.

Tampoco podemos olvidar que las investigaciones realizadas al respecto revelan que los air-bags aplicados a los motociclistas pueden resultar muy eficaces en determinados tipos



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

de impacto, no obstante este dispositivo puede producir lesiones adicionales en la nuca debido a la “interacción” airbag-casco.

Además, no está clara la eficacia del air-bag en todos los accidentes debido a que en la mayoría de los accidentes sufridos por motociclistas la moto y el motociclista siguen trayectorias distintas por lo que en muchos casos el air-bag frontal, instalado en el vehículo, no recibiría el impacto del conductor perdiendo así toda su efectividad.

También es necesario comentar que los air-bags están diseñados fundamentalmente para reducir las consecuencias de impactos sobre la cabeza pero la mayor parte de estos son cabeza-pavimento y no cabeza-vehículo que son los que evitarían los air-bags.

Por otro lado, no hay que olvidar que es esencial que cualquier tipo de ensayo que se realice esté basado en pruebas de ensayo aprobadas internacionalmente (ISO) para evitar resultados contradictorios.

Por otro lado, es indudable el hecho de que los avances logrados en los air-bags para vehículos de cuatro ruedas no sean directamente aplicables a los vehículos de dos ruedas debido a que al no utilizarse casco en los coches, las posibles lesiones de nuca debidas al conjunto airbag-casco no se presentan y además, al producirse el accidente, los coches rota menos por lo que coche y conductor tienden a moverse en la misma dirección.

Tampoco hay que olvidar que en los coches los air-bags actúan como dispositivo suplementario ya que se combinan con el cinturón de seguridad.

El desarrollo futuro de los air-bags en las motos pasará necesariamente por la realización de ensayos que consideren todas las tipologías posibles de accidentes, sin olvidar que el tipo de air-bag “chaleco inflable” es un campo de investigación que aún está por desarrollar y que parece muy prometedor.

#### **4 OPINION DE LOS USUARIOS DE VEHICULOS DE DOS RUEDAS**

Para la elaboración del presente estudio pareció interesante contar con la opinión de las personas que realmente son el factor más importante del problema que se aborda: los propios motoristas. Por ello, desde un principio se fijó como objetivo contactar con el mayor número de motoristas y poder así obtener una respuesta representativa del colectivo.

Con esta iniciativa se pretendía tanto la validación y clasificación de las propuestas indicadas por la AEC, como la identificación de cualquier otro aspecto que pudiera haberse quedado en el tintero o que no hubiese despertado tanto interés como el reflejado en los resultados de la encuesta.

Para ello se efectuaron contactos con las siguientes organizaciones:

- Federaciones provinciales de motociclismo de nuestro país.
- Usuarios lectores prensa especializada en motocicletas (revista MOTOCICLISMO).
- Usuarios europeos (miembros de la Federation of European Motorcyclist's Associations).

Si bien, dado el escaso interés final de las aportaciones de las Federaciones provinciales y la FEMA, el presente capítulo se limita a presentar los resultados de la encuesta dirigida a los motociclistas.

##### ***4.1 Encuesta lectores revista MOTOCICLISMO***

Se consideró que el modo más sencillo, a la vez que eficaz, de llegar a aquellos usuarios de vehículos de dos ruedas preocupados por la seguridad y con una cantidad importante de kilómetros recorridos por nuestras carreteras sería mediante la inserción de un reportaje-encuesta en una revista especializada.

Para ello se contó con la inestimable colaboración de la revista MOTOCICLISMO. Dicha colaboración culminó con la aparición de un informe acompañado de una encuesta en el

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

número 1.583 (22-28 de Junio de 1998) de su revista (se muestra a continuación).

En dicha encuesta se proponía a los lectores por un lado que valorasen la idoneidad de determinadas medidas que se sugerían y por otro, que sugiriesen otro tipo de medidas a su entender idóneas.



**Informe**

# Encuesta sobre la seguridad en carretera

# Para rodar tranquilo

Seguro que te has encontrado más de una vez una carretera con un asfalto pulido que patina como el hielo, guardarrales peligrosos o señalizaciones mal colocadas. ¿Quién es el responsable de todo esto? ¿Qué podemos hacer para que mejore?



**L**os que trabajan en esto, y muchos también recomiendan la experiencia si se ha sido desplazado con motivo del pasado GP de Madrid, encavos y con acotamientos a ir de nacio en otro cuando se es el traido de la carretera, es el firme de esta, con baches, asfalto que resbalan en cuanto caen dos gotas de agua, pero no hablar de la señalización, y por supuesto del tráfico y llevado, pero todavía peligrosísimo y por arreglar, tema de los guardarrales.

**Responsabilidad y normativa**

Circulando por España puedes estar «pisando» tres tipos de carreteras. En total suman 162.200 kilómetros y se reparten de esta forma: carreteras dependientes del Estado (ac-

tualmente privadas, un 14 por ciento); de las Comunidades Autónomas (un 44,5 por ciento); y de Diputaciones y Cabildos (un 41,2 por ciento).

Estos tres organismos tienen plena competencia sobre su red de carreteras, así que pueden aplicar la normativa que consideran convenientemente, calidad de materiales a emplear, recomendaciones... Pero una normativa así es realmente compleja, así que la realidad es que prácticamente ninguna Comunidad ni Diputación han elaborado su propia reglamentación, remitiéndose a la normativa vigente en la red del Estado (elaborada por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento). Así las cosas e independientemente

de quién sea responsable del uso carretera, el caso es que hay que aplicar sobre la normativa de la DGC con la sola excepción de alguna Comunidad que ha establecido normas particulares en cuanto a señalización (por ejemplo, por cuestiones de idioma).

**► LAS CARRETERAS son un elemento clave de SEGURIDAD.**

Te estarás preguntando ya si esta famosa normativa alcanza realmente tan lejos, si no dependes más de detalles de última hora o que las cosas se hagan bien o mal. Verás, la reglamentación sobre carreteras afecta a dos aspectos fundamentales: parámetros de diseño (trazado, señalización, etc.) y materiales a emplear en la construcción y equipamiento.

Hasta aquí la normativa, pero, ¿qué pasa en la práctica, cuando hay que «hacer» una carretera? En primer lugar, el ingeniero encargado del trabajo deberá diseñar el trazado siguiendo la «primera parte» de la normativa correspondiente y que le condiciones en radios de curvatura, inclinaciones de cunetas, etcétera... tras lo cual habrá que prever señalización y equipamiento de esa carretera. Las barreras de contención (guardarrales u otros) se instalarán en los lugares determinados por la «Recomendación sobre sistemas de contención de vehículos»; los

20  
19  
18  
17  
16  
15  
14  
13  
12  
11  
10  
9  
8  
7  
6  
5  
4  
3  
2  
1



**ASOCIACION ESPAÑOLA DE LA CARRETERA**

## ¿Qué es la A.E.C.?

A punto de cumplir su cincuentenario (fue fundada en 1945), la A.E.C. es una entidad sin fines lucrativos miembro de la Federación Internacional de Carreteras. Entre sus miembros se cuentan tanto personas (desde simples usuarios a profesionales), como entidades (todos los organismos públicos relacionados con las carreteras), y otros colectivos (organizaciones profesionales y/o empresariales de sectores relacionados con la carretera como transporte, etcétera).

Los objetivos de la A.E.C. se resumen en uno: contribuir al progreso de la carretera en España, logrando un uso más racional de ella, con las mejores condiciones posibles de eficacia y seguridad. Para ello está en contacto con las Administraciones y las asesora para la preparación y puesta a punto de normas técnicas, así que ya sabes lo útil que puede ser la encuesta que tienes en estas páginas para el futuro de nuestra seguridad.

guardarlos, por ejemplo, será el propio ingeniero que diseña la carretera quien decida dónde colocarlos y si los montados con simple o doble banda sencilla.

Y ya está diseñado, pero falta el paso final: se adjunta la obra a una empresa, que deberá emplear materiales que cumplan la «segunda parte» de la normativa y que contiene los requerimientos de calidad de los materiales a emplear en la construcción (mezclas bituminosas, etcétera) y equipamiento, con lo que queda asegurado que la carretera finalmente construida responde a lo esperado. Es en esta última fase en la que se deciden algunos aspectos cruciales, aunque esto no es «libre» sino que viene regulado por la norma; por ejemplo, si los guardarríos más sujetos por vigas de tipo IPN (las conocidas y peligrosas) o las nuevas «C» o UPN, recomendadas desde 1994 y ya obligatorias para carreteras cuyo proyecto inicial sea posterior al 30 de enero de 1998 (en la práctica, hasta dentro de unos tres años no veremos que los pongan de forma habitual) según la nueva normativa aparecida recientemente.

### Encuesta AEC

**SOBRE MOTOS Y SEGURIDAD EN CARRETERA**

¿Qué texto tienes actualmente?

¿Cuántos kilómetros haces al año (cifra aproximada)?

#### ¿Qué te parecen las siguientes medidas?

Indica con una cruz en los cuadros si son las que te parecen más adecuadas para cada propuesta:

MUY INTERESANTE ( ) INTERESANTE ( ) MUY POCO INTERESANTE ( )

MEDIDAS RELACIONADAS CON EL MOTOCICLISTA		( )	( )	( )
Desarrollar programas para propietarios				
Realizar campañas de los conductores de moto				
Controlar de los puntos del lado de los vehículos				
OTROS:				
MEDIDAS RELACIONADAS CON EL EQUIPAMIENTO PERSONAL		( )	( )	( )
Desarrollar programas para usuarios				
Controlar de la calidad de los productos, en cuanto a sus calidades prácticas				
OTROS:				
MEDIDAS RELACIONADAS CON LA INFRAESTRUCTURA		( )	( )	( )
Realizar investigaciones de la seguridad para el diseño para mejorar				
Realizar investigaciones de seguridad de usuarios, usuarios				
Realizar estudios de los costes sociales de los trabajos de mantenimiento				
Mejorar procedimientos de mantenimiento				
Realizar estudios de seguridad que permitan mejorar el diseño				
Realizar estudios de seguridad para el mantenimiento de usuarios de motocicletas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de dos ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
OTROS:				
MEDIDAS RELACIONADAS CON LA VEHICULA		( )	( )	( )
Cambio de sistema de frenado				
Mejora de la adherencia del pavimento				
Mejora de la capacidad de drenaje				
Controlar de la capa de rodadura				
Realizar estudios de los costes sociales de los trabajos de mantenimiento				
Mejorar procedimientos de mantenimiento				
Realizar estudios de seguridad que permitan mejorar el diseño				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de dos ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
OTROS:				
MEDIDAS RELACIONADAS CON LA INFRAESTRUCTURA		( )	( )	( )
Desarrollar de normativa relacionada con el equipamiento vial				
Controlar de la calidad de los productos				
Realizar estudios de los costes sociales de los trabajos de mantenimiento				
Mejorar procedimientos de mantenimiento				
Realizar estudios de seguridad que permitan mejorar el diseño				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de dos ruedas				
Realizar estudios de seguridad de usuarios de motocicletas de tres ruedas				
OTROS:				
MEDIDAS RELACIONADAS CON CAMPAÑAS EDUCATIVAS		( )	( )	( )
Desarrollar programas de formación de usuarios de motocicletas				
Desarrollar de campañas educativas a través de canales de seguridad				
Desarrollar programas de formación de usuarios de motocicletas				
OTROS:				

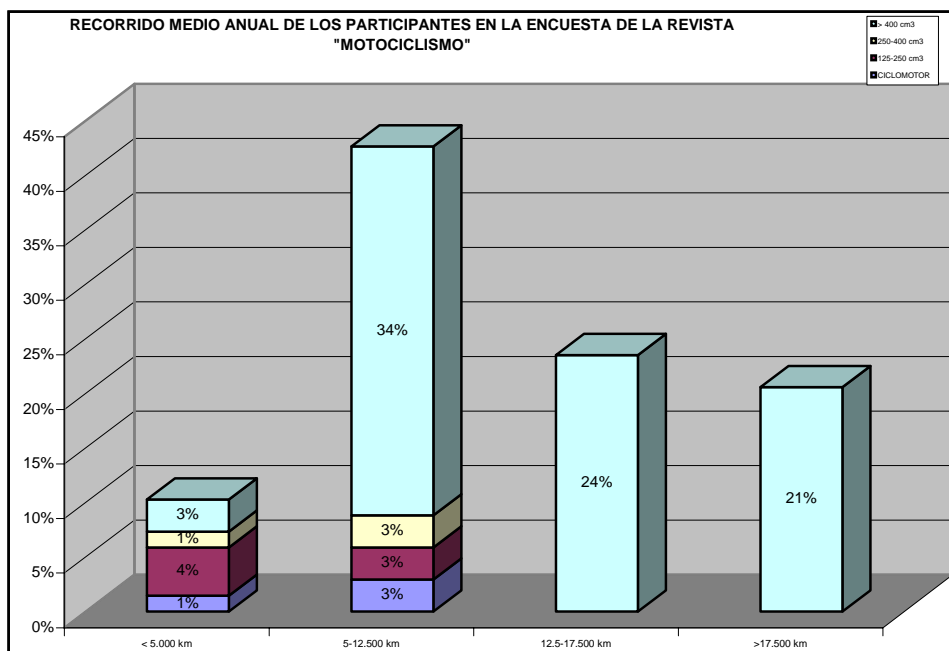
45

4-38

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 4.1.1 Resultados de la encuesta

La respuesta obtenida de los lectores de la revista, si bien no fue demasiado numerosa, si aportó opiniones de gente realmente preocupada por el problema de la seguridad y con una experiencia en la conducción de motocicletas muy notable. A continuación se muestra el perfil de los que respondieron a la encuesta publicada en función del tipo de motocicleta que emplean y de su recorrido medio anual:



Como se ve en el gráfico, el 91 % de los encuestados recorre más de 5.000 km anuales y el 87 % de ellos lo hacen en motocicletas de más de 400 centímetros cúbicos por lo que la “autoridad” de los encuestados en la materia es elevada.

### 4.1.2 Contenido de “Encuesta AEC sobre motos y seguridad en carretera”

En la encuesta publicada se pedía a los lectores que valorasen la idoneidad de una serie de medidas propuestas, calificándolas como MUY INTERESANTES,

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

INTERESANTES o POCO INTERESANTES, además de darles la oportunidad de hacer las sugerencias que estimasen oportunas. Las medidas propuestas se obtuvieron tras diferentes trabajos de investigación complementados con numerosas entrevistas y consultas mantenidas con expertos en la materia. Tras dicho proceso se propusieron las medidas que se muestran a continuación:

### **MEDIDAS RELACIONADAS CON EL MOTORISTA:**

- Cursos de perfeccionamiento para principiantes
- Mejor formación de los conductores de motos
- Concienciación de los usuarios del resto de los vehículos

### **MEDIDAS RELACIONADAS CON EL EQUIPAMIENTO PERSONAL:**

- Pruebas exigentes e intensivas de cascos
- Información sobre la calidad de las prendas, en cuanto a sus cualidades protectoras

### **MEDIDAS RELACIONADAS CON LA MOTOCICLETA:**

- Mejor investigación de la seguridad pasiva (diseños poco agresivos en caso de accidente, investigación de airbags, etc.)
- Valoración de los costos sociales de las lesiones derivadas de los accidentes.
- Medidas para evitar trucajes en los vehículos.
- Desarrollo de maniqués que permitan ensayos de choque.
- Desarrollo de normas europeas sobre procedimientos de ensayo de impactos de motocicletas.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Estudio detallado de adherencia neumático – pavimento para vehículos de dos ruedas.
- Estudio de la relación vida del neumático/adherencia/seguridad
- Montaje de partes reflectantes en las motos (mejor visión)
- Mejor señalización óptica (luces de posición laterales) de la moto
- Montaje de partes protectoras en la moto en caso de caída

### **MEDIDAS RELACIONADAS CON LA VIA PUBLICA:**

- Empleo de pinturas antideslizantes.
- Mejora de la adherencia del pavimento.
- Mejora capacidad de desagüe de las secciones.
- Conservación de la capa de rodadura.
- Eliminación sistemática de baches originados en el firme.
- Mejora iluminación, peralte y radios de curvatura.
- Mejora señalización de curvas peligrosas.
- Reducción de la agresividad de las barreras metálicas montando doble banda
- Reducción de la agresividad de las barreras metálicas instalando protecciones elásticas
- Reducción de la agresividad de las barreras metálicas utilizando postes en “C” no agresivos

### **MEDIDAS RELACIONADAS CON LA LEGISLACION:**

- Desarrollo normativa relacionada con el equipamiento vial.
- Limitación exigente relación peso/potencia.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Disminución tarifa peajes en autopistas debido a su menor deterioro de la infraestructura.
- Cambio criterios de valoración de aptitudes para la obtención del permiso de conducir.
- Implantación de permisos de conducir por etapas.

### **MEDIDAS RELACIONADAS CON CAMPAÑAS DIVULGATIVAS:**

- Campañas divulgativas a favor del uso del casco, guantes y prendas protectoras.
- Desarrollo de campañas tendentes a transmitir consejos en criterios de seguridad
- Campañas que reflejen las graves consecuencias de un accidente de motocicleta.

#### **4.1.3 Sugerencias presentadas**

Antes de pasar a analizar los resultados obtenidos en la encuesta, se presenta a continuación un sucinto listado de las propuestas más significativas recibidas en cada uno de los campos de actuación posibles:

### **SUGERENCIAS RELACIONADAS CON EL MOTORISTA:**

- Impartición obligatoria de cursos de seguridad vial en institutos y colegios.
- Concienciación de los propietarios de las motos de las posibilidades y peligrosidad del vehículo que han adquirido
- Fomento de los cursos de perfeccionamiento reduciendo su coste.
- Cursos de reciclaje obligatorios para motociclistas “conflictivos”
- Concienciación de la importancia de un mantenimiento adecuado para mantener los niveles de seguridad del vehículo nuevo.

### **SUGERENCIAS RELACIONADAS CON EL EQUIPAMIENTO PERSONAL:**

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Severidad en las sanciones por no llevar casco
- Favorecer la reducción de precios de la ropa protectora para fomentar su uso
- Prohibición de los cascos “quitamultas”
- Promoción de las marcas con buena relación calidad-precio para abaratar y fomentar su uso
- Prohibición de venta de cascos no homologados
- Incentivar el uso de equipamiento protector mediante la reducción de las primas de los seguros a aquéllos que lo empleen habitualmente
- Concienciación de los usuarios de que los cascos no mantienen indefinidamente su capacidad resistente

### **SUGERENCIAS RELACIONADAS CON LA MOTOCICLETA:**

- Concienciar a los fabricantes de que la reducción de costes de las motos nunca debe afectar a aspectos relacionados con la seguridad (frenos y suspensiones).
- Obligatoriedad de montar en las motos de más de 600 cc sistemas ABS y de control antideslizante
- Investigación en sistemas de iluminación (de la moto ) dirigibles según la trayectoria (mejora de la visión en curvas).
- Obligar a los fabricantes a que la implantación de medidas adicionales de seguridad sea proporcional a la potencia, del tal modo que las motos más potentes sean también las más seguras
- Abaratamiento de recambios para un mejor mantenimiento de las motocicletas

### **SUGERENCIAS RELACIONADAS CON LA INFRAESTRUCTURA:**

- Limpieza exhaustiva de la capa de rodadura (arena, grava y aceite)
- Limitar la implantación de barrera a aquellos lugares en que sea estrictamente necesario
- Diseño antideslizante de elementos metálicos (alcantarillas, chapas de obra, etc.)
- Creación de “zonas de escape” en curvas cerradas peligrosas
- Dotación de arcenes a aquellas carreteras que carezcan de ellos

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Mejora de la iluminación de túneles y puentes
- Mejora de la señalización de curvas peligrosas
- Mantenimiento eficaz de las juntas de los puentes
- Eliminación de bandas sonoras
- Protección de los postes de las luminarias

### **SUGERENCIAS RELACIONADAS CON LA LEGISLACIÓN:**

Incremento del límite de velocidad

Permisos de conducir por etapas en función del kilometraje, no del tiempo

Abaratamiento de seguros (seguro más barato -> todos con seguro)

Realización de un Plan RENOVE para motos

### **SUGERENCIAS RELACIONADAS CON CAMPAÑAS DIVULGATIVAS:**

- Concienciar al automovilista de la existencia de la motocicleta como un vehículo más.
- Campañas que fomenten el uso de la moto
- Hacer que las campañas a favor de la moto se transmitan también en otros medios distintos de los especializados en el mundo de la moto.
- Campañas conjuntas (moto-coche) sobre seguridad
- Realización de campañas que muestren, no las consecuencias, sino el origen de los accidentes
- Realización de campañas que fomenten el uso de equipamiento protector
- Elaboración de documentales técnicos sobre la física aplicada a la conducción de vehículos de dos ruedas
- Campañas que desmitifiquen la imagen del motorista agresivo
- Campañas de concienciación de la fragilidad del conjunto moto/motorista
- No realizar campañas, emplear esos recursos en mejora de infraestructuras

#### **4.1.4 Resultados obtenidos**

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

A continuación se muestran los resultados obtenidos en función de los campos de actuación:

Medidas relacionadas con ....	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERES.
<b>EL MOTORISTA</b>	<b>75%</b>	<b>23%</b>	<b>2%</b>
<b>EL EQUIPAMIENTO PERSONAL</b>	<b>79%</b>	<b>19%</b>	<b>2%</b>
<b>LA MOTOCICLETA</b>	<b>53%</b>	<b>33%</b>	<b>14%</b>
<b>LAS INFRAESTRUCTURAS</b>	<b>86%</b>	<b>12%</b>	<b>2%</b>
<b>LA LEGISLACIÓN</b>	<b>51%</b>	<b>28%</b>	<b>21%</b>
<b>LAS CAMPAÑAS DIVULGATIVAS</b>	<b>63%</b>	<b>19%</b>	<b>18%</b>

De lo anterior se deduce que los motoristas consideran como más apropiadas para reducir la siniestralidad aquellas medidas que se tomen relacionadas con las infraestructuras, a continuación las relativas al equipamiento personal y posteriormente las relacionadas con la formación y concienciación de los conductores. Sorprende que los campos menos valorados sean los relacionados con la legislación y con la propia motocicleta.

Pero veamos como juzgaron los encuestados cada una de las medidas propuestas:

### 4.1.4.1 Relacionadas con el motorista

<b>MEDIDAS RELACIONADAS CON EL MOTORISTA</b>	<b>75%</b>	<b>23%</b>	<b>2%</b>
	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERES.
Concienciación de los usuarios del resto de los vehículos	86%	13%	1%
Cursos de perfeccionamiento para principiantes	79 %	19%	3%
Mejor formación de los conductores de motos	61%	37%	1%
<b>SUGERENCIAS RECIBIDAS</b>			
Impartición obligatoria de cursos de seguridad vial en institutos y colegios.			

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Concienciación de los propietarios de las motos de las posibilidades y peligrosidad del vehículo que han adquirido
Fomento de los cursos de perfeccionamiento reduciendo su coste.
Cursos de reciclaje obligatorios para motociclistas “conflictivos”
Concienciación de la importancia de un mantenimiento adecuado para mantener los niveles de seguridad del vehículo nuevo.

Hay que destacar que las tres medidas propuestas son calificadas al menos como interesantes y que el 75 % de los encuestados piensa que las medidas tomadas en este campo son muy interesantes.

Es llamativo, a la vez que lógico, la importancia que dan los encuestados a la formación de los motoristas; la moto es una máquina cuyo manejo no es sencillo por lo que el conductor debe ser consciente de la potencialidad del vehículo que conduce y conocer las técnicas que le permitirán conducir de forma segura.

Por ello, son de destacar las propuestas recogidas en este apartado, que hacen referencia básicamente a los aspectos de concienciación (tanto de la peligrosidad del vehículo, como de la importancia de un adecuado nivel de mantenimiento) y a la necesidad de todo tipo de cursos, (ya sean de perfeccionamiento o de reciclaje para motoristas conflictivos, sin dejar pasar por alto la importancia de la formación en seguridad vial para los más pequeños).

MEDIDAS RELACIONADAS CON EL <b>EQUIPAMIENTO PERSONAL</b>	<b>79%</b>	<b>19%</b>	<b>2%</b>
	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERE.
Pruebas exigentes e intensivas de cascos	80%	17%	3%
Información sobre la calidad de las prendas, en cuanto a sus cualidades protectoras	77%	21%	1%
<b>SUGERENCIAS RECIBIDAS</b>			
Severidad en las sanciones por no llevar casco			

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Favorecer la reducción de precios de la ropa protectora para fomentar su uso
Prohibición de los cascos “quitamultas”
Promoción de las marcas con buena relación calidad-precio para abaratar y fomentar su uso
Prohibición de venta de cascos no homologados
Incentivar el uso de equipamiento protector mediante la reducción de las primas de los seguros a aquéllos que lo empleen habitualmente
Concienciación de los usuarios de que los cascos no mantienen indefinidamente su capacidad resistente

De las sugerencias recibidas se obtienen dos lecturas muy claras:

- El usuario habitual es perfectamente consciente de la importancia del equipamiento personal para su seguridad, tanto de la indumentaria como del casco, llegando a sugerir la deshomologación de los famosos cascos “quitamultas”, o la incentivación al empleo de indumentaria adecuada mediante la reducción de las primas de los seguros..
- En otro orden de cosas, parece que la razón fundamental por la que su uso no está tan extendido como sería deseable es su alto coste de adquisición, por lo que un abaratamiento de éste (por cualquier procedimiento posible) podría generalizar su uso.

MEDIDAS RELACIONADAS CON LA <b>MOTOCICLETA</b>	<b>53%</b>	<b>33%</b>	<b>14%</b>
	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERE.
Estudio detallado de adherencia neumático – pavimento para vehículos de dos ruedas.	86%	11%	3%
Estudio de la relación vida del neumático/adherencia/seguridad	71%	23%	6%
Mejor investigación de la seguridad pasiva (diseños poco agresivos en caso de accidente, investigación de airbags, etc)	64%	31%	4%

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Desarrollo de normas europeas sobre procedimientos de ensayo de impactos de motocicletas.	61%	34%	4%
Desarrollo de maniqués que permitan ensayos de choque.	59%	31%	10%
Montaje de partes protectoras en la moto en caso de caída	51%	30%	19%
Valoración de los costos sociales de las lesiones derivadas de los accidentes.	40%	41%	19%
Montaje de partes reflectantes en las motos (mejor visión)	39%	46%	16%
Medidas para evitar trucajes en los vehículos.	33%	36%	31%
Mejor señalización óptica (luces de posición laterales) de la moto	30%	46%	24%
<b>SUGERENCIAS RECIBIDAS</b>			
Concienciar a los fabricantes de que la reducción de costes de las motos nunca debe afectar a aspectos relacionados con la seguridad (frenos y suspensiones).			
Obligatoriedad de montar en las motos de más de 600 cc sistemas ABS y de control antideslizante			
Investigación en sistemas de iluminación (de la moto ) dirigibles según la trayectoria (mejora de la visión en curvas).			
Obligar a los fabricantes a que la implantación de medidas adicionales de seguridad sea proporcional a la potencia, del tal modo que las motos más potentes sean también las más seguras			
Abaratamiento de recambios para un mejor mantenimiento de las motocicletas			

De lo anterior se deduce que el aspecto que más preocupa a los motoristas es la adherencia neumático-pavimento. Por ello en el presente estudio se analiza el fenómeno con detalle además de detectar aquellos puntos en que esta adherencia, por el motivo que sea (materiales, condiciones climatológicas, etc.), se ve alterada.

Las sugerencias recibidas en el campo de la motocicleta revelan que:

- Los usuarios valoran y se preocupan por la seguridad de las motocicletas que conducen, llegando a proponer la adopción de distintos estándares de seguridad en función de la potencia de la motocicleta, o la incorporación de distintos



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

dispositivos más relacionados con el campo de los vehículos de cuatro ruedas (como el ABS, la mejora de los sistemas de iluminación, o la potenciación de elementos básicos como los frenos y las suspensiones).

- Son conscientes de la necesidad de un mantenimiento adecuado. Si bien vuelve a ser recurrente el tema del elevado coste de estos vehículos y todo lo que le rodea.

MEDIDAS RELACIONADAS CON LA <b>INFRAESTRUCTURA</b>	<b>86%</b>	<b>12%</b>	<b>2%</b>
	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERE.
Empleo de pinturas antideslizantes.	97%	1%	1%
Eliminación sistemática de baches originados en el firme.	91%	7%	1%
Mejora señalización de curvas peligrosas.	91%	9%	0%
Reducción de la agresividad de las barreras metálicas instalando protecciones elásticas	89%	11%	0%
Mejora de la adherencia del pavimento.	87%	11%	1%
Mejora capacidad de desagüe de las secciones.	86%	14%	0%
Mejora iluminación, peralte y radios de curvatura.	84%	11%	4%
Reducción de la agresividad de las barreras metálicas montando doble banda	81%	14%	4%
Reducción de la agresividad de las barreras metálicas utilizando postes en “C” no agresivos	80%	17%	3%
Conservación de la capa de rodadura.	76%	24%	0%
<b>SUGERENCIAS RECIBIDAS</b>			
Limpieza exhaustiva de la capa de rodadura (arena, grava y aceite)			
Limitar la implantación de barrera a aquellos lugares en que sea estrictamente necesario			
Diseño antideslizante de elementos metálicos (alcantarillas, chapas de obra, etc.)			
Creación de “zonas de escape” en curvas cerradas peligrosas			
Dotación de arcenes a aquellas carreteras que carezcan de ellos			
Mejora de la iluminación de túneles y puentes			

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Mejora de la señalización de curvas peligrosas
Mantenimiento eficaz de las juntas de los puentes
Eliminación de bandas sonoras
Protección de los postes de las luminarias

De la valoración que los encuestados dan a las medidas propuestas se deduce su preocupación por todo lo relacionado con la adherencia neumático-pavimento y con las medidas que se puedan adoptar para mejorar ésta ( empleo de pinturas antideslizantes, etc.)

Son de sumo interés las sugerencias recibidas en este campo. La más reivindicada se refiere a la necesidad de realizar una limpieza exhaustiva, programada y continuada de la superficie del pavimento, ya que la presencia de grava, aceite o combustible en el mismo es, en la mayoría de los casos, sinónimo de caída de graves consecuencias.

Además se observa la preocupación existente por los sistemas de contención; campo en el que los usuarios piden , además de su protección , que se apliquen exclusivamente en aquellos lugares en los que sea estrictamente necesario.

Otro aspecto que nos ha parecido de gran interés es la proposición de crear ciertas zonas de escape en curvas peligrosas, al estilo de las pistas de frenado de los vehículos pesados, elemento que en principio nos parece digno de ser destacado, tanto por su originalidad como por su conceptualidad.

Tampoco deben quedar sin citar otro tipo de iniciativas que por su conocimiento pudieran resultar de menor interés, principalmente porque su limitado coste pudiera arrojar unos elevados ratios de rentabilidad, como pueden ser: el diseño antideslizante de los elementos metálicos dispuestos en la carretera, la mejora de la iluminación de los túneles y pasos subterráneos, la protección de las luminarias y el eficaz mantenimiento de las juntas de los puentes.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

En otro orden de cosas, también resulta esclarecedor que aspectos que supuestamente funcionan correctamente respecto a los vehículos de cuatro ruedas, como la señalización de curvas peligrosas o el empleo de bandas sonoras, son criticadas por los usuarios de los vehículos de dos ruedas, aspecto que cuando menos requiere una meditada consideración.

MEDIDAS RELACIONADAS CON LA <b>LEGISLACION</b>	<b>51%</b>	<b>28%</b>	<b>21%</b>
	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERE.
Disminución tarifa peajes en autopistas debido a su menor deterioro de la infraestructura.	91%	7%	1%
Cambio criterios de valoración de aptitudes para la obtención del permiso de conducir.	56%	34%	10%
Implantación de permisos de conducir por etapas.	53%	37%	10%
Desarrollo normativa relacionada con el equipamiento vial.	50%	44%	6%
Limitación exigente relación peso/potencia.	7%	16%	77%
<b>SUGERENCIAS RECIBIDAS</b>			
Incremento del límite de velocidad			
Permisos de conducir por etapas en función del kilometraje, no del tiempo			
Abaratamiento de seguros (seguro más barato -> todos con seguro)			
Realización de un Plan RENOVE para motos			

En este apartado es destacable la gran diferencia de interés que presenta la propuesta de la rebaja de las tarifas en los peajes, con una aceptación superior al 90%, con respecto al resto de las propuestas. Aspecto que, desde el punto de vista estricto de los costes de mantenimiento del concesionario, presenta una gran coherencia.

También merece la pena incidir sobre la aceptación de la modificación de los criterios de valoración de las aptitudes para la obtención de las distintas etapas del permiso de conducir.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Elemento que sin duda preocupa al usuario de la motocicleta y que da una idea del grado de concienciación de los mismos en cuanto a la complejidad del manejo de estos vehículos.

En otro orden de cosas, analizando las sugerencias de los usuarios, merece la pena ser destacadas dos propuestas que no deberían pasar desapercibidas, que son tanto la solicitud de implantación de un plan RENOVE para motocicletas, lo que podría reportar unos beneficios similares a los de los vehículos de dos ruedas, aunque a menor escala; como la propuesta de relacionar la obtención de sucesivas etapas del carnet de motocicletas al número de kilómetros recorridos, y no al tiempo de tenencia del permiso anterior, que realmente dice muy poco de la aptitud y adaptación de cada conductor a su motocicleta.

MEDIDAS RELACIONADAS CON <b>CAMPAÑAS DIVULGATIVAS</b>	<b>63%</b>	<b>19%</b>	<b>18%</b>
	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERE.
Campañas que reflejen las graves consecuencias de un accidente de motocicleta.	91%	7%	1%
Campañas divulgativas a favor del uso del casco, guantes y prendas protectoras.	50%	44%	6%
Desarrollo de campañas tendentes a transmitir consejos en criterios de seguridad	7%	16%	77%
<b>SUGERENCIAS RECIBIDAS</b>			
Concienciar al automovilista de la existencia de la motocicleta como un vehículo más.			
Campañas que fomenten el uso de la moto			
Hacer que las campañas a favor de la moto se transmitan también en otros medios distintos de los especializados en el mundo de la moto.			
Campañas conjuntas (moto-coche) sobre seguridad			

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Realización de campañas que muestren, no las consecuencias, sino el origen de los accidentes
Realización de campañas que fomenten el uso de equipamiento protector
Elaboración de documentales técnicos sobre la física aplicada a la conducción de vehículos de dos ruedas
Campañas que desmitifiquen la imagen del motorista agresivo
Campañas de concienciación de la fragilidad del conjunto moto/motorista
No realizar campañas, emplear esos recursos en mejora de infraestructuras

Con respecto a las sugerencias propuestas por la AEC en este apartado, éstas fueron planteadas con la intención de identificar la tipología de mensaje que mejor se pudiera adaptar al usuario medio de estos vehículos. De los resultados se observa claramente cómo el tipo de mensaje preferido por los mismos se refiere a aquéllos que reflejen con crudeza las posibles consecuencias de un accidente de moto. Quizás más interesante que esta conclusión resulta la prácticamente nula posibilidad de aceptación de mensajes que intenten transmitir consejos de seguridad vial, valorado casi en un 80% como de poco interés. Análogamente, en terreno de nadie se mueven los tipos de campaña de carácter divulgativo sobre el uso del casco y demás prendas de protección.

En cuanto a las sugerencias recibidas por parte de los encuestados, resultan significativas las propuestas planteadas en términos de analizar el origen (incluso físico) de un posible accidente, en vez de analizar sus consecuencias, aspecto sin duda novedoso y digno de meditar.

De la misma manera es reseñable la posibilidad de plantear campañas conjuntas coche-moto, en la línea contraria a la tendencia actual, en que ambos vehículos parecen no presentar ningún punto de encuentro a pesar de tener que compartir el mismo entorno físico.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *4.2 ENCUESTA A USUARIOS EUROPEOS (MIEMBROS DE LA FEDERATION OF EUROPEAN MOTORCYCLISTS' ASSOCIATIONS)*

Se consideró oportuno contar también con la opinión de motociclistas de otros países para contar de ese modo con sugerencias aportadas desde muy variados puntos de vista. Para ellos se contactó con la Federación Europea de Asociaciones de Motociclistas (FEMA) quien, a través de su Presidente, Simon Milward, ofreció su disponibilidad para ayudar en la elaboración del presente estudio. Dicha ayuda se materializó de dos modos:

- Mediante la aportación de toda la documentación técnica existente en la FEMA dentro del ámbito del estudio. Los campos en los que aportaron mayor información fueron los relativos a la reducción de la agresividad de los sistemas de contención así como alternativas a los resbaladizos ligantes empleados en nuestras carreteras para el sellado de las grietas.
- Inclusión en una de sus mailing-list ( con una difusión aproximada de 2.000 motociclistas europeos involucrados en el mundo de las dos ruedas) de una reseña del estudio que estábamos efectuando así como una invitación a colaborar en él mediante la aportación de distintas sugerencias. El texto del mensaje que fue enviado era el siguiente:

*News:7 July 1998*

*Rider-friendly road infrastructure - ideas wanted*

*The Spanish Road Association was recently asked by the government to compile a report dealing with safe road infrastructure for motorcyclists.*

*Technical reports have already been reviewed, the aim now is to get personal suggestions from riders. Following recent publication of a survey in magazine Motociclismo, the Association asked the FEMA to help get opinions of foreign riders.*

*Madrid-based rider Gonzalo de Diego, who works on the project, said, "We would really appreciate it if all riders can send us their personal suggestions. The Association is a member of the IRF, ETSC and EURF so the results will be widely spread, perhaps resulting recommendations for all European countries. All rider-friendly efforts to improve safety are worth it, so please send me your ideas."*

*Suggestions should be emailed directly to Gonzalo with a copy to the FEMA, preferably in English or Spanish. FEMA has already briefed Gonzalo on non-slip road repairs*

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

*and crash barrier protectors.*

*INFO TO:*

*Gonzalo de Diego*

**Spanish Road Association**

*gdediego@aecarretera.com*

*Simon Milward*

**FEMA**

=====

*EURODEMO 98 EURODEMO 98 EURODEMO 98 EURODEMO 98*

*http://www.lookup.com/Homepages/87044/EuroDemo.html*

*Federation of European Motorcyclists' Associations*

*Rue des Champs 62, 1040 Brussels, Belgium*

*Tel: + 32 2 736 9047 Fax: + 32 2 736 9401*

*Email: fema\_ridersrights@compuserve.com*

*FEMA Home Page <http://fema.ridersrights.org>*

La FEMA estaría dispuesta, si se estima oportuno, a difundir el presente estudio a nivel europeo.

## 5 ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA

En este apartado del informe, se va a hacer un repaso bastante exhaustivo de aquellos elementos de la carretera que en principio pudieran tener una mayor incidencia sobre los niveles de seguridad con los que se desplazan las motocicletas en nuestro país.

Para la identificación de aquellos aspectos que puedan resultar de mayor interés a los objetivos propuestos nos hemos valido de dos tipos de consideraciones:

- a) Las derivadas del análisis con respecto a la tipología de los accidentes de los vehículos de dos ruedas en nuestro país.
- b) Las propuestas de mejora y sugerencias recibidas por los usuarios de estos vehículos, como resultado de la encuesta antes analizada.

Por todo ello, los aspectos que a nuestro juicio requieren una profundización más significativa son los que hacen referencia a:

- 1) Parámetros de trazado.
- 2) Firme, y en particular los aspectos relacionados con la interacción rueda-pavimento, y por tanto, definición de coeficientes máximos y mínimos de rozamiento recomendados.
- 3) Señalización horizontal, y concretamente los aspectos relacionados con la posibilidad de patinaje sobre la misma y las posibles medidas que mitiguen esa situación.
- 4) Los aspectos relacionados con la señalización vertical, y en particular los que se pueden identificar con las consecuencias del choque con este tipo de equipamiento.
- 5) Los sistemas de contención, en cuanto a la agresividad que suponen para el motorista, proponiendo diferentes soluciones que amortigüen las consecuencias de un posible accidente.
- 6) Las consideraciones relacionadas con el diseño geométrico de las glorietas y su adecuación a la circulación de estos vehículos.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *5.1 Parámetros de trazado*

Existen una serie de consideraciones relativas a los parámetros que por su importancia deben ser reseñadas.

#### 5.1.1 Transiciones recta-curva

A mediados de la presente década un investigador inglés, Douglas Stewart, perteneciente a la Universidad de Aberdeen, detectó una elevada siniestralidad de accidentes, ocurridos en carreteras convencionales, en tramos curvos, en los que únicamente se veía implicado un vehículo.

Ayudado en su investigación por la Universidad de California llegó a la conclusión de que el motivo de gran parte de dichos accidentes era que la transición recta-curva se realizaba mediante una clotoide de radio creciente. Dicha transición provocaba que el conductor percibiese inicialmente un radio de curvatura menor al que realmente tenía el tramo curvo, no percatándose de su curvatura real hasta haber entrado ya plenamente en la curva, muy probablemente a una velocidad mayor a la que dicha geometría obligaría lo que origina, casi irremediablemente, una caída. Por ello los científicos de la Universidad de California proponían, en determinados puntos de carreteras convencionales, la eliminación de la transición mediante clotoide.

La importancia del presente punto es tal que merecería un estudio particularizado que, obviamente, se escapa a las posibilidades del presente informe.

#### 5.1.2 Transición de peraltes

Existen en nuestras carreteras ciertos puntos, situados en tramos curvos en los que, para mejorar el drenaje, se producen inclinaciones del peralte de signo contrario. Esta circunstancia es muy peligrosa para el motorista que, al circular “tumbado” por el tramo curvo se encuentra con un cambio de peralte que origina un incremento del

## **Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas**

ángulo de inclinación relativo respecto al pavimento, con el consiguiente riesgo de caída.

El proyectista debe ser consciente de la peligrosidad que los mencionados cambios de peralte representan para el motociclista y evitar, en la medida de lo posible, su presencia en los trazados de nuestras carreteras.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### **5.2 Firme**

#### 5.2.1 Importancia de un firme en buen estado

El estado del firme por el que circula el motorista influye de manera muy importante en la forma de conducir de éste. Por ello gran parte de los sentidos del motorista se emplean en analizar el estado del pavimento por el que está circulando en esos momentos. Un estudio japonés (Nagayama,1979) estudió dicho fenómeno y tras efectuar una serie de mediciones llegó a la conclusión de que los conductores de turismos fijaban su visión por debajo del horizonte de la carretera únicamente el 11% del tiempo ( 0% del tiempo miraban directamente al pavimento) mientras que los conductores de motocicletas lo hacían el 82% del tiempo (29% del tiempo miraban directamente al pavimento). Por ello capas de rodadura en mal estado en zonas conflictivas (intersecciones o curvas fuertes) pueden dar lugar a accidentes por desviar la atención del conductor hacia el pavimento en lugar de fijarla en la dificultad que se le aproxima.

El resultado, considerando todos los efectos antes mencionados es que la motocicleta requiere la construcción y mantenimiento de la capa de rodadura con niveles de calidad de más exigentes de adherencia y uniformidad que los requeridos para turismos.

La motocicleta requiere la construcción y mantenimiento de la capa de rodadura con niveles de calidad, de adherencia y uniformidad más exigentes que los requeridos para turismos.
--

#### 5.2.2 Fenómeno adherencia neumático-pavimento

##### a) En rectas

Si el vehículo se mueve en línea recta y a velocidad constante sobre terreno llano, existen

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

unas reacciones verticales del pavimento sobre las ruedas que equilibran el peso del vehículo. Estas reacciones no pasan por el centro de las ruedas, sino que están desplazadas en el sentido de la marcha debido a la deformación de ruedas y pavimento. Por ello, para mantener el movimiento de rodadura, es preciso aplicar un par que es el que compensa la resistencia a la rodadura.

Si se desea reducir la velocidad, el conductor acciona los frenos que actúan sobre las ruedas introduciendo un par de frenado, por medio del rozamiento de unas zapatas sobre un tambor o un disco que hace disminuir la velocidad de giro. Mientras las ruedas giren a velocidad constante, entre la velocidad de giro  $w$  y la de avance del vehículo  $V$  existirá la relación:

$$V = w D/2$$

siendo  $D$  el diámetro de la rueda. Al disminuir la velocidad de giro, resultará que:

$$V > w D/2$$

y la rueda deslizará sobre el pavimento, lo que dará lugar a la aparición de una fuerza de rozamiento entre rueda y pavimento que se opondrá al avance del vehículo. Esta fuerza tendrá un valor máximo igual al producto del peso del vehículo por el coeficiente de resistencia al deslizamiento  $f$  entre rueda y pavimento, que se verá más adelante. Por consiguiente, la máxima deceleración que se puede conseguir, siendo  $P$  el peso y  $M$  la masa del vehículo, será:

$$d < Pf/M = fg$$

Si al acción del frenado ejercida por el conductor fuera superior a la necesaria para conseguir esta deceleración, lo único que conseguiría es anular la velocidad de giro de las ruedas, pero el vehículo continuaría deslizando sobre el pavimento con las ruedas bloqueadas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

En el diseño del trazado de carreteras se utiliza la **distancia de frenado**, que es la longitud que recorre el vehículo desde que comienzan a aplicarse los frenos hasta que el vehículo queda detenido totalmente. Suponiendo que la deceleración es constante, esta distancia será:

$$s = \frac{v^2}{2 \cdot f \cdot g}$$

Normalmente, la deceleración no será constante durante el frenado, pero en condiciones normales puede calcularse la distancia de frenado empleando una deceleración media.

**La distancia de frenado es inversamente proporcional al coeficiente de rozamiento.**

Cuando se quiere determinar la mínima distancia de frenado, hay que tener en cuenta que el coeficiente de rozamiento puede variar con la velocidad, como se verá más adelante.

Los vehículos disponen de sistemas de frenado que les permiten obtener deceleraciones tan altas como  $g$  sobre pavimentos buenos y secos. Generalmente, la deceleración está comprendida entre 0,1  $g$ . y 0,2  $g$ ., superando raras veces 0,4  $g$ . Naturalmente, en caso de frenazos repentinos para evitar accidentes, se pueden alcanzar las deceleraciones máximas posibles. Por ello, un coeficiente  $f$  superior a 0,4 resultará suficiente para evitar el deslizamiento en condiciones normales y en seco, pero se necesitarán valores mayores para que no se produzca en situaciones de emergencia.

Durante las aceleraciones, el fenómeno es similar. El efecto del motor es aumentar la velocidad de giro de las ruedas, lo que se produce, por rozamiento entre rueda y pavimento, una fuerza horizontal que acelera el vehículo. Esta fuerza horizontal se produce únicamente en las ruedas tractoras. Por tanto, la máxima aceleración posible será:

$$a_{max} = \frac{P_{tractoras}}{P_{total}} \cdot f \cdot g$$

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

siendo  $P_t$  la carga sobre las ruedas tractoras. Al aumentar el esfuerzo motor para obtener una aceleración mayor que ésta, lo único que se conseguirá es que las ruedas giren, patinando sobre el pavimento.

Este efecto se presenta con frecuencia a baja velocidad o al poner en marcha el vehículo, si se pisa el acelerador a fondo, ya que a estas velocidades la aceleración del vehículo puede ser del orden de 0,3 g. a 0,4 g.

Al contrario de lo que ocurre al frenar, son las ruedas posteriores las que resultan cargadas al acelerar, y las delanteras las descargadas.

### b) En curvas

Al cambiar la dirección del vehículo y seguir éste una trayectoria curva, aparece una fuerza centrífuga que tiende a desplazarlo hacia el exterior de la curva. Contrarrestando esta tendencia, aparecerá una fuerza de rozamiento entre ruedas y pavimento, que como antes, estará limitada por el peso del vehículo (o la carga sobre las ruedas) y el rozamiento entre el pavimento y las ruedas.

Para facilitar la circulación de los vehículos, la calzada en las curvas tiene una inclinación transversal, llamada *peralte*. En las fórmulas siguientes se llama  $p$  a esta inclinación expresada en tanto por uno.

Debido a la desigual distribución de la carga sobre las ruedas, puede producirse el deslizamiento en alguna de las ruedas antes que en el conjunto. En el caso de que se combinen la acción de la curva y la del frenado (o aceleración), la situación es más complicada. Aparecen fuerzas de rozamiento paralelas (debidas al cambio de velocidades) y perpendiculares (debidas a la curvatura) a la dirección del avance, cuya componente debe ser menor que el producto de la carga vertical por el coeficiente de resistencia al deslizamiento. Además las cargas verticales que actúan en las distintas ruedas serán diferentes, por lo que existe la posibilidad de que en alguna de las ruedas se

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

produzca el deslizamiento.

En todos estos casos se aprecia la importancia del rozamiento entre ruedas y pavimento, puesto que es el que produce las fuerzas paralelas al plano de la calzada que se precisan para cambiar la velocidad y dirección del vehículo. Si este rozamiento es muy pequeño (por ejemplo, con hielo), la conducción se hace muy difícil. Pero aun sin llegar a estos extremos, cuando este rozamiento se reduce, como ocurre con pavimentos mojados, los conductores puedan verse envueltos en situaciones peligrosas y sufrir accidentes, debido a que las fuerzas de rozamiento que se producen son menores que las que ellos esperaban para maniobrar adecuadamente sus vehículos.

### 5.2.3 Resistencia al deslizamiento

Se ha visto que cuando un vehículo frena, acelera o cambia de dirección, aparecen unas fuerzas de rozamiento entre la rueda y el pavimento, y que para que el vehículo se mantenga en equilibrio sin deslizarse, es necesario que la relación entre fuerzas horizontales y verticales aplicadas en cada rueda no sobrepase el valor de un coeficiente de resistencia al deslizamiento entre el neumático y la superficie del firme.

Resulta imprescindible conocer el valor de este coeficiente para proyectar y explotar adecuadamente la carretera. En determinadas circunstancias, si la resistencia al deslizamiento es muy baja, la conducción resultará difícil y peligrosa, con una alta probabilidad de accidentes. Interesará por tanto estudiar los factores que influyen sobre el rozamiento entre ruedas y pavimentos que permitan conseguir un valor adecuado de resistencia al deslizamiento.

### 5.2.4 Rozamiento del caucho

La ley clásica del rozamiento entre dos cuerpos establece que, al deslizar un cuerpo sobre

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

otro, aparece en la zona de contacto una fuerza que se opone al movimiento y que es proporcional a la carga normal sobre la superficie de contacto. El factor de proporcionalidad o **coeficiente de rozamiento** es independiente de la carga aplicada, velocidad de deslizamiento, temperatura, etc. y sólo depende de la naturaleza de los materiales en contacto. Esta ley es suficientemente exacta para muchos materiales, pero no lo es en algunos casos como en el del caucho y materiales similares, para los que no pasa de ser una aproximación.

El rozamiento de un bloque de caucho sobre una superficie se produce principalmente mediante dos mecanismos:

**a) Rozamiento por adherencia:** que se debe a las interacciones moleculares producidas en el área de contacto y que es necesario romper para permitir el deslizamiento. Sobre superficies secas y limpias, este rozamiento es muy alto (con coeficientes del orden de 1), pero disminuye sustancialmente cuando existen materias extrañas como polvo o láminas de agua que impiden que se establezca un contacto molecular perfecto.

**b) Rozamiento por deformación:** que se produce por efecto de las irregularidades de la superficie del pavimento que hacen que el caucho se comprima y dilate alternativamente, produciéndose una pérdida de energía debido a la histéresis elástica del material. Este rozamiento tiene generalmente un valor más pequeño que el debido a la adherencia, pero no se modifica al existir capas líquidas, ya que las deformaciones que sufrirá la goma serán las mismas que si no existieran dichas capas.

Normalmente, el rozamiento debido a la adherencia predomina sobre el rozamiento por deformación, y únicamente cuando por el efecto de capas líquidas u otras razones, se ha anulado casi completamente la adherencia, es preponderante el efecto del rozamiento por deformación. En estos casos, el rozamiento total será pequeño y debido principalmente a la histéresis elástica. Mientras no se llegue a esta situación, el rozamiento total será mayor o menor dependiendo del grado en que se desarrolle la adherencia, que será el factor principal.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 5.2.5 Influencia de las características del pavimento y el neumático

En superficies secas y limpias, la resistencia al deslizamiento es casi siempre suficiente. Pero cuando la superficie está mojada, dicha resistencia depende de las características del pavimento y del neumático. Para conseguir una resistencia adecuada, es necesario desplazar el agua en la zona de contacto y asegurar la adherencia entre el pavimento y la cubierta. Al aumentar la velocidad, es más difícil conseguir el desplazamiento de agua, por lo que la resistencia al deslizamiento disminuye generalmente al aumentar la velocidad. Las superficies muy lisas y pulidas presentan escasa resistencia al deslizamiento que además se reduce al aumentar la velocidad, mientras que superficies rugosas y ásperas tienen una resistencia relativamente alta que se mantiene a altas velocidades.

En el caso de carreteras cubiertas por nieve, hielo u otras sustancias como barro, aceites, etc. las características de la superficie tienen muy poca influencia en la resistencia al deslizamiento, que suele ser muy pequeña.

La característica más importante del neumático es la disposición y profundidad de los dibujos de la cubierta. Cuando la rueda se mueve sobre una superficie mojada, estos dibujos forman canales que permiten la salida del agua, facilitando su desplazamiento. Cuando el neumático se desgasta y la profundidad de estos dibujos es menor que 1 mm., su influencia llega a ser inapreciable.

Como es lógico, el efecto de los dibujos del neumático dependerá del tipo de superficie por el que se muevan. En superficies muy rugosas, en las que existen numerosos canales para la salida del agua, se obtendrá prácticamente la misma resistencia al deslizamiento con neumáticos lisos y con dibujo. En superficies lisas, los neumáticos con dibujo, al favorecer el desplazamiento del agua, permitirán mantener una cierta resistencia al deslizamiento a alta velocidad, mientras que con neumáticos lisos se producirá una marcada disminución de

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

los coeficientes al aumentar la velocidad.

La influencia de los dibujos es también notable en el caso de carreteras con hielo, nieve o barro. En estos casos, el neumático con dibujos puede proporcionar un coeficiente de resistencia al deslizamiento muy superior al del neumático liso, aunque de todas formas será pequeño. En países de clima frío se utilizan cubiertas de invierno, de perfil pronunciado, y en algunos casos, se permite incluso el empleo de neumáticos con clavos para un mejor agarre sobre superficies heladas.

En general, se puede decir que el neumático tiene un efecto secundario sobre la resistencia al deslizamiento mientras el pavimento tenga unas características adecuadas. Sólo en el caso de pavimentos deslizantes el neumático tiene una influencia mayor, permitiendo mejorar la pequeña resistencia al deslizamiento disponible en estas condiciones.

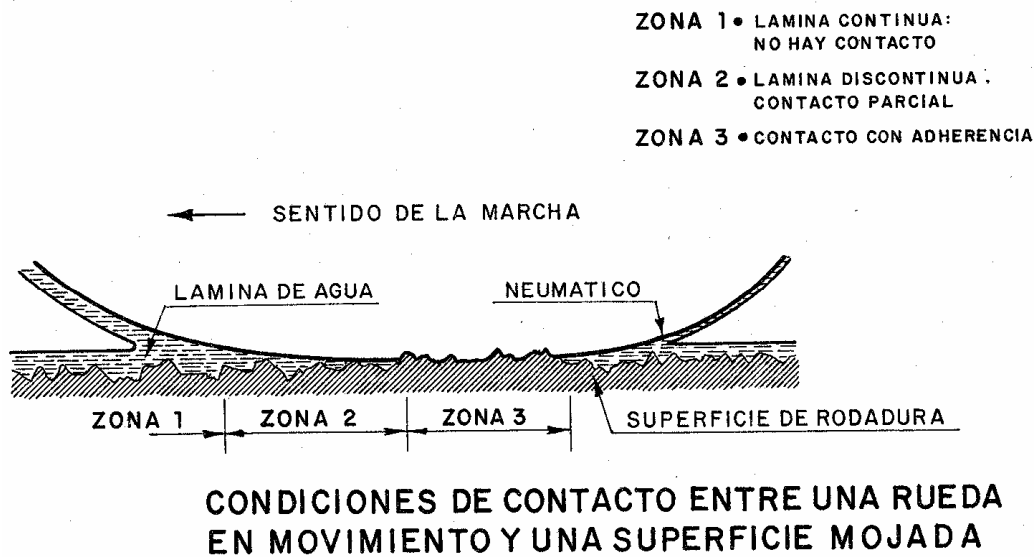
### 5.2.6 Factores que disminuyen adherencia

#### **5.2.6.1 a) Influencia de láminas de agua sobre el pavimento**

Una superficie seca y limpia proporcionará una buena adherencia entre la goma y el pavimento y la resistencia al deslizamiento será alta. Pero cuando exista alguna película líquida en la zona de contacto, la adherencia no se desarrollará completamente, y la resistencia al deslizamiento disminuirá. Como en las carreteras se encuentran las calzadas mojadas con cierta frecuencia, resulta necesario estudiar el efecto de estas películas de agua, que podrán ser más o menos gruesas.

En general, podrán distinguirse 3 zonas en el contacto entre la rueda y el pavimento (Fig. 5.1) y su importancia relativa dependerá de las características del pavimento y del neumático, del espesor de la lámina de agua y de la velocidad de rodadura.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



**Fig. 5.1: Condiciones de contacto entre una rueda en movimiento y una superficie mojada**

La capa de agua ejerce un doble efecto sobre las ruedas cuando éstas se mueven sobre ella. Por un lado, el agua ejerce una presión dinámica producida por el impacto del agua contra el neumático; por otro, el agua, al ser desplazada por el neumático, actuará como un lubricante, ejerciendo una presión contra el neumático debida a la viscosidad del agua desplazada.

El impacto del agua sobre la rueda produce una presión hacia arriba que es proporcional al cuadrado de la velocidad del vehículo. Si esta presión es mayor que la de contacto del neumático sobre el suelo, la rueda se despegará del mismo y avanzará patinando sobre la superficie del agua, con el que el rozamiento será nulo y las ruedas del vehículo cesarán de rodar. Este fenómeno es conocido como *hidroplaneo* (*aquaplaning*) y cuando se presenta, resulta absolutamente imposible dominar el vehículo. Puede presentarse a velocidades entre 80 y 100 km/h., pero sólo si la capa de agua tiene mucho espesor (más de 10 mm), si las superficies de neumático y carretera son lisas, y aún mayor si son rugosas). Este espesor de capa de agua no suele presentarse en calzadas con una mínima pendiente; únicamente en algunos puntos aislados en los que el desagüe no funciona correctamente o en tramos horizontales con roderas. No obstante, en vehículos de dos ruedas este fenómeno

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

es difícil que se presente debido a la gran presión existente en la zona de contacto debido a las reducidas dimensiones de ésta.

Más importancia práctica tiene el efecto de la viscosidad del agua. Capas de agua delgadas (con un espesor de algunas décimas de milímetro) actúan como un lubricante entre la rueda y el pavimento. Parte de la carga de la rueda es soportada por el agua, y parte por contacto directo entre rueda y pavimento, y como el rozamiento en el contacto agua-neumático es prácticamente nulo, el coeficiente de rozamiento total variará proporcionalmente a la carga transmitida directamente al pavimento. El espesor de la película de agua es un factor importante (Fig. 5.2).

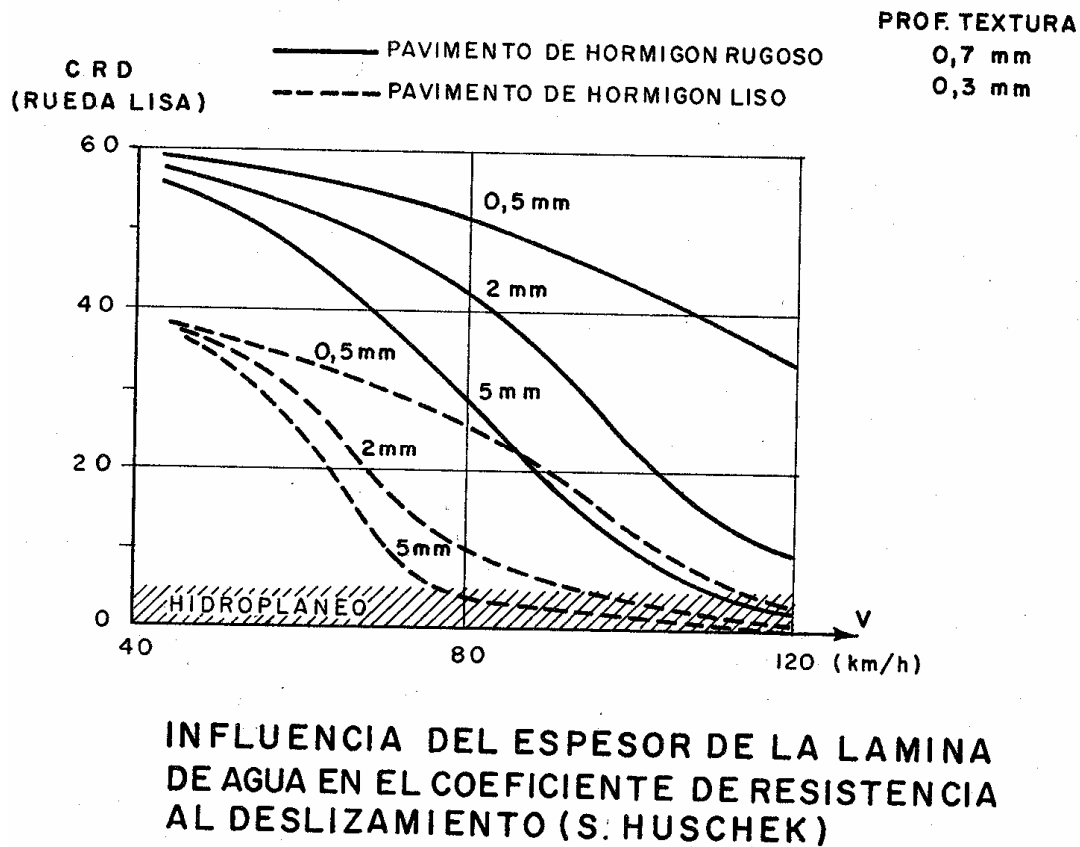


Fig. 5.2: Influencia del espesor de la lámina de agua en el coeficiente de resistencia al deslizamiento (S. Huschek)

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Para evitar estos efectos, interesa desplazar rápidamente el agua en la zona de contacto, asegurando, en primer lugar, una pendiente mínima del pavimento (drenaje superficial). A bajas velocidades, la cantidad de agua a desplazar es pequeña y puede conseguirse fácilmente. A alta velocidad hay que suministrar canales adecuados al agua, bien mediante dibujos en el neumático (del orden de algunos milímetros), bien mediante rugosidades de tamaño apreciable (del orden de 10 mm.) en el pavimento en general, relativamente impermeable. Aun así quedará en el área de contacto una fina lámina de agua (de unas décimas de milímetro) que puede seguir actuando como lubricante.

Una solución que ha demostrado su valía es la de los pavimentos porosos o drenantes, que pueden absorber rápidamente la precipitación debida a un chubasco normal y evacuarla lateralmente, promoviendo así la adherencia rueda-pavimento y evitando también las molestas proyecciones de agua a los vehículos posteriores y a los peatones en ciudades.

Otro factor que disminuye el coeficiente de rozamiento es la aparición de hielo o nieve. El hielo forma una superficie lisa y pulida, recubierta por una fina película de agua, especialmente a 0°. A esta temperatura, el valor del coeficiente de rozamiento es mínimo, del orden de 0,05, mientras que a más bajas temperaturas, con hielo seco, es del orden de 0,10 a 0,15. Otras impurezas como barro, aceite, gravillas, son menos frecuentes, y afectan a tramos cortos. El barro y el aceite actúan como líquidos más viscosos que el agua y la gravilla como rodillos que disminuyen el rozamiento entre goma y pavimento.

### 5.2.7 Recomendaciones

#### **5.2.7.1 a) Valores mínimos de la resistencia al deslizamiento**

La resistencia al deslizamiento debería ser suficiente para que los conductores pudieran realizar las maniobras normales sin que los vehículos deslizaran. En realidad es posible conducir un vehículo aun cuando sus ruedas deslizan, pero son muy pocos los conductores

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

no profesionales que son capaces de hacerlo. La mayor parte de ellos se asustan en estas situaciones y sus reacciones generalmente agravan el problema.

Como se ha visto anteriormente, las aceleraciones de frenado o centrífugas durante los giros rara vez superan los 4 m/s<sup>2</sup>. Por ello, parecería que un valor del coeficiente de resistencia al deslizamiento del orden de 0,4 a velocidades medias (de 50 a 80 km/h) sería suficiente en la mayor parte de los casos. Sin embargo, factores tales como el mal reparto de la carga entre los ejes, las deficiencias del sistema de frenado, etc. pueden producir el deslizamiento en algunas carreteras, aunque la aceleración media no sobrepase los 4 m/s<sup>2</sup>. Por ello, en algunos puntos como curvas muy cerradas, accesos a intersecciones donde muchos vehículos deben frenar, etc., puede ser necesario obtener valores más elevados de resistencia al deslizamiento.

Posiblemente, el método más racional para determinar los valores aceptables de la resistencia al deslizamiento sea el de relacionar los índices de accidentes registrados en distintos tramos con el coeficiente de resistencia al deslizamiento medido en los mismos. Ya que los pavimentos secos no ocasionan ningún problema de deslizamiento, se deben estudiar los accidentes ocurridos cuando la calzada está mojada y en los que alguno de los vehículos implicados haya deslizado. Se han realizado estudios muy extensos de este tipo en Gran Bretaña. De ellos se deduce que el riesgo que existe de accidentes por deslizamiento en un cierto punto de la carretera aumenta muy rápidamente cuando el coeficiente de resistencia al deslizamiento a 50 km/h es menor de 0,40, mientras que es muy pequeño cuando este coeficiente es mayor que 0,50.

**El riesgo que existe de accidentes por deslizamiento en un cierto punto de la carretera aumenta muy rápidamente cuando el coeficiente de resistencia al deslizamiento a 50 km/h. es menor de 0,40 . Se puede considerar que si el coeficiente es mayor de 0,5 apenas se producirán accidentes por este motivo.**

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Naturalmente, en ciertos puntos, como curvas de pequeño radio, el riesgo de accidentes es mayor que en secciones de mejor trazado. En carreteras de alta velocidad de diseño como las autopistas, el riesgo de accidentes está más directamente relacionado con la resistencia al deslizamiento a mayor velocidad.

En la Tabla 1 se recogen los valores mínimos deseables del coeficiente de resistencia al deslizamiento propuestos en 1970 por el Comité Marshall de Gran Bretaña, en que se pone de manifiesto la influencia de las características del tramo.

T A B L A 1		
CATEGORÍA SEGÚN CARACTERÍSTICAS DEL TRAMO	RESISTENCIA AL DESLIZAMIENTO	
	V de medida (km/h.)	CRT transversal (mínimo deseable)
A. TRAMOS MUY DIFÍCILES:  1. Glorietas  2. Curvas de menos de 150 m. de radio, en carreteras sin limitación de velocidad  3. Pendientes iguales o superiores al 5% y más de 100 m. de longitud  4. Accesos a intersecciones con semáforos, en vías sin limitación de velocidad	50	0,55

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

B. TRAMOS DE TIPO MEDIO:		
1. Autopistas y otras carreteras de alta velocidad (superior a 95 km/h.)	50	0,50
	80	0,45
2. Carreteras principales y vías urbanas con más de 2.000 vehículos/día	50	0,50
C. OTROS TRAMOS:		
Carreteras generalmente rectas, con pendientes y curvas suaves, sin intersecciones y libres de factores que puedan provocar situaciones de emergencia	50	0,40

### **5.2.8 Relativas a materiales a emplear en el sellado de defectos**

#### a) Situación actual

La presencia de grietas, debidas a multitud de factores, tiene consecuencias nefastas para la base ya que a través de ésta se filtra agua que produce graves deterioros.

Para evitarlo se realizan periódicamente operaciones de sellado, empleando para ello un ligante de características especiales.

Dicho ligante debería ser empleado exclusivamente para el sellado de grietas pero con frecuencia se emplea para reparar superficies de áreas importantes.

El problema radica en que el material empleado es, cuando existe agua en el pavimento, altamente deslizante. Para evitarlo, en ocasiones se impregna la superficie del ligante con árido fino, con lo que se consigue, temporalmente, un aumento de la adherencia neumático-pavimento.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

El ligante empleado tiene un coeficiente de deslizamiento muy bajo, aproximadamente un tercio del correspondiente al pavimento normal, que además varía de forma notable dependiendo de las condiciones climatológicas ( el ligante mojado tiene una adherencia similar a la del hielo).

Pero el ligante no sólo pierde adherencia con el agua le afectan también las altas temperaturas. Investigaciones efectuadas demostraron que a una temperatura de 23°C el material se deforma fácilmente siendo su comportamiento muy similar a cuando éste se encuentra mojado.

En la práctica, esta pérdida de adherencia se traduce en:

- El máximo ángulo de inclinación soportable pasa de unos 45°, con pavimento normal, a 15° cuando se circula sobre una grieta sellada con ligante.
- Se duplica o triplica la distancia de frenado.
- Las posibilidades de caída debido al paso sobre zonas de distinta adherencia al trazar una curva son muy altas.

Otro problema que presentan este tipo de tratamientos es su expansión térmica que hace que, a determinadas temperaturas, se expandan más que el pavimento que les rodea, lo que origina abultamientos que pueden interferir de forma notable en la trayectoria y estabilidad del vehículo.

### b) Alternativas existentes

Se ha realizado una búsqueda de productos que permitan solucionar el problema planteado habiéndose encontrado dos alternativas posibles:

- Fugenplus.
  - STO Flex APS

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

La aplicación de estos productos ( u otros similares) específicos permitirían eliminar una de las causas de accidentes de los vehículos de dos ruedas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *5.3 Señalización horizontal*

#### 5.3.1 Pintura con resaltos

##### a) Situación actual

La pintura con resalto se viene empleando en las carreteras españolas desde hace aproximadamente 10 años. El empleo de este tipo de pintura tiene dos ventajas fundamentales:

- Los resaltos incrementan la visibilidad de la señalización en condiciones desfavorables, como lluvia, etc. Este efecto se debe a que el resalto emerge sobre la película de agua, manteniendo así sus propiedades retrorreflectantes.
- El contacto neumático-resalto produce una vibración que previene al conductor antes de salirse de la calzada.

Pero no todos son ventajas; el empleo de este tipo de pinturas tiene también efectos negativos sobre la seguridad; efectos que trataremos de estudiar a continuación.

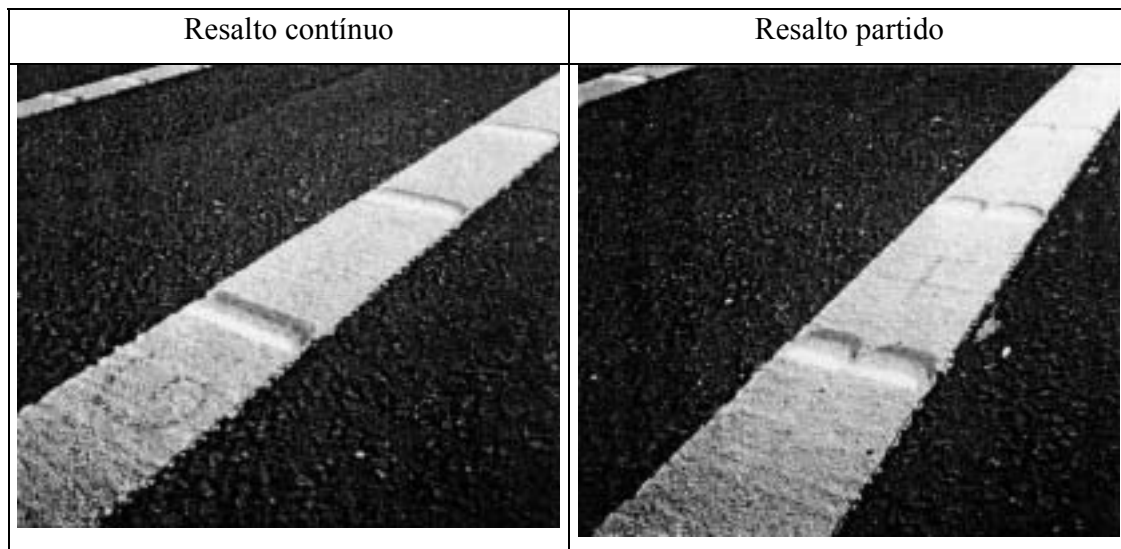
En 1987, Bayer y Nels llevaron a cabo una investigación cuyo objetivo era estudiar la estabilidad de los vehículos de dos ruedas al pasar sobre una pintura con resalto. Las pruebas se realizaron en condiciones reales de circulación, con distintas alturas de resalto (comprendidas entre 4 y 8 mm), con pavimento seco y con una motocicleta cargada sobre su eje trasero. Se colocaron sensores para medir la velocidad, aceleración lateral y trasera, ángulo longitudinal y transversal. La señalización se cruzó en ángulo agudo. Un análisis exhaustivo de los resultados de las distintas tentativas reveló que el cruzar las marcas a una velocidad de 130 km/h no causaba una pérdida de estabilidad ni una pérdida del control debida a la señalización. No obstante el estudio recomienda que las alturas del resalto sean lo menores posibles.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Asimismo los autores del estudio realizaron un análisis en profundidad de las estadísticas de accidentes producidos en las carreteras equipadas con este tipo de señalización en una zona determinada de Inglaterra. Tras dicho análisis se concluyó que la instalación de la pintura con resalto no originaba un aumento significativo de la accidentalidad.

También se realizaron ensayos sobre un tramo de carretera de 400 m. de longitud, de 7.3 m de anchura y cerrado al tráfico ordinario. La primera mitad del tramo era una recta y el resto se trataba de una curva de radio de 750 m. Se evaluó el comportamiento de los vehículos al circular sobre pintura con resalto con características variables:

- Ancho de la marca: entre 150 y 200 mm.
- Espaciamiento de resaltos: 250 y 500 mm.
- Altura de resalto: 5 y 13 mm.
- Tipo de resalto: continuo o partido.



Se ensayaron distintos ángulos de aproximación de 20°, 10° y 5°, con el punto de intersección coincidente con un resalto. Se contó con la colaboración de 7 motociclistas ( 5 varones y 2 mujeres) y se emplearon motocicletas de cilindradas comprendidas entre 100cc y 900cc. De dicho ensayo se dedujo que:

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Las alturas de resalto de 13 mm originan problemas a la hora de mantener la dirección del vehículo, dichos problemas se acentúan más en motocicletas de rueda grande.
- Los resaltos originan graves problemas de estabilidad cuando se circula sobre la pintura con resalto en tramos curvos.
- Una mayor altura de resalto mejora de forma notable la retrorreflectancia en mojado sin apenas afectar a la retrorreflectancia en seco.
- Un mayor espaciamiento implica, en seco una disminución de la retrorreflexión y en mojado un aumento de ésta.
- Cualquier marca vial representa una barrera para el drenaje del agua que discurre por la calzada. Los factores que influyen en dicha retención son: grosor de la marca vial, pendiente longitudinal, pendiente transversal, intensidad de la precipitación, anchura de la calzada.

### b) Recomendaciones

- No emplear resaltos de más de 10 mm. de altura.
- El espaciamiento entre resaltos no debe ser inferior a los 500 mm
- No emplear pintura con resalto en curvas de menos de 1000 m de radio.
- El grosor de la marca vial sobre la que se instalan los resaltos no debe ser superior a los 3-4 mm.

### 5.3.2 Pasos de cebra en zonas urbanas

#### a) Situación actual

Resulta por todos conocido, especialmente por los usuarios de la motocicleta, el deficiente comportamiento de las marcas viales delimitadoras de los pasos de cebra en entornos urbanos.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

El problema fundamental se debe a la conjugación de dos posibles efectos, el primero provocado por una sucesión de bandas blancas transversales que obligan que en esa área se pise más tiempo sobre marca vial que sobre asfalto, y el segundo provocado por la posible presencia de suciedad sobre dicha marca. A estos dos efectos, ya de por sí perniciosos, se puede sumar más veces de las deseables la presencia de partículas de agua depositadas sobre la superficie de las bandas, que convierte los pasos de cebra en auténticas pistas de patinaje.

En la foto se muestra el acabado característico de una marca vial típica de paso de cebra. En ella se puede apreciar con cierta claridad tanto el desgaste debido al paso de los vehículos como la acumulación de suciedad en su superficie.



### b) Alternativas existentes

b.1) Empleo de pinturas antideslizantes (obligar su empleo en aquellos pasos de cebra situados en alineaciones curvas).

En la actualidad existen en el mercado suficientes productos con particularidades antideslizantes que pueden ser sistemáticamente empleados para la demarcación de este tipo de pasos.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Otra de las opciones puede ser el empleo de cintas prefabricadas que ofrecen las mismas características de visibilidad que las marcas viales, y sin embargo mantienen unos coeficientes de rozamiento mucho más elevados que las demarcaciones tradicionales. Debe ser destacado en este punto que el principal problema de este tipo de solución es el de requerir una cuidadísima puesta en obra, ya que de otra manera pueden aparecer fenómenos de levantamiento en dichas marcas.

### b.2) Fresado de pinturas existentes

Una solución intermedia, pero que puede aportar grandes beneficios para evitar los efectos analizados, supone el fresado sistemático de las demarcaciones horizontales en pasos de cebra. Esta operación permite tanto aumentar los coeficientes de rozamiento como que la suciedad se deposite en los canalillos artificialmente creados, con lo que se compensa parcialmente el problema de acumulaciones de suciedad en entornos urbanos.

En la figura siguiente se presenta una marca vial de paso de cebra que ha sido sometida a un tratamiento de fresado, en la que se puede identificar con cierta claridad los efectos antes descritos.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### b.3) Recomendaciones

- Deseable la generalización de pinturas antideslizantes pero hasta entonces se recomienda proceder al fresado de las pinturas existentes.
- Aplicación de pinturas antideslizantes de forma obligatoria en pasos de cebra situados en alineaciones curvas.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *5.4 Señalización vertical*

#### 5.4.1 Situación actual

Si estimamos que en nuestra red de carreteras existe una media de aproximadamente 5 señales por km en la Red del Estado, 3 señales por km en la red Autonómica y 1 por km en las carreteras de Diputaciones y Cabildos podemos deducir que en los márgenes de nuestras carreteras existen, aproximadamente, unas 410.000 señales de código. Dichas señales están situadas en los márgenes de la calzada a una distancia media aproximada de 1.5 metros desde el borde de la calzada por lo que constituyen un potencial obstáculo susceptible de ser alcanzado tras una caída.

En el diseño de los postes que sustentan las señales intervienen consideraciones de todo tipo: durabilidad, facilidad de mantenimiento, resistencia ante las acciones a las que se verá sometido, etc. Pero hay un factor importante que no se tiene en cuenta: la “agresividad” de éste en el hipotético caso de que un motorista o un vehículo impacte contra él. Los postes sustentadores son dispositivos rígidos que no cuentan con ningún sistema de amortiguación que permita disminuir el impacto.

#### 5.4.2 Alternativas propuestas

Para remediar esta situación científicos estadounidenses investigaron y realizaron ensayos con unos postes de sujeción “rompibles” que, manteniendo su capacidad resistente, eran menos agresivos en caso de impacto.

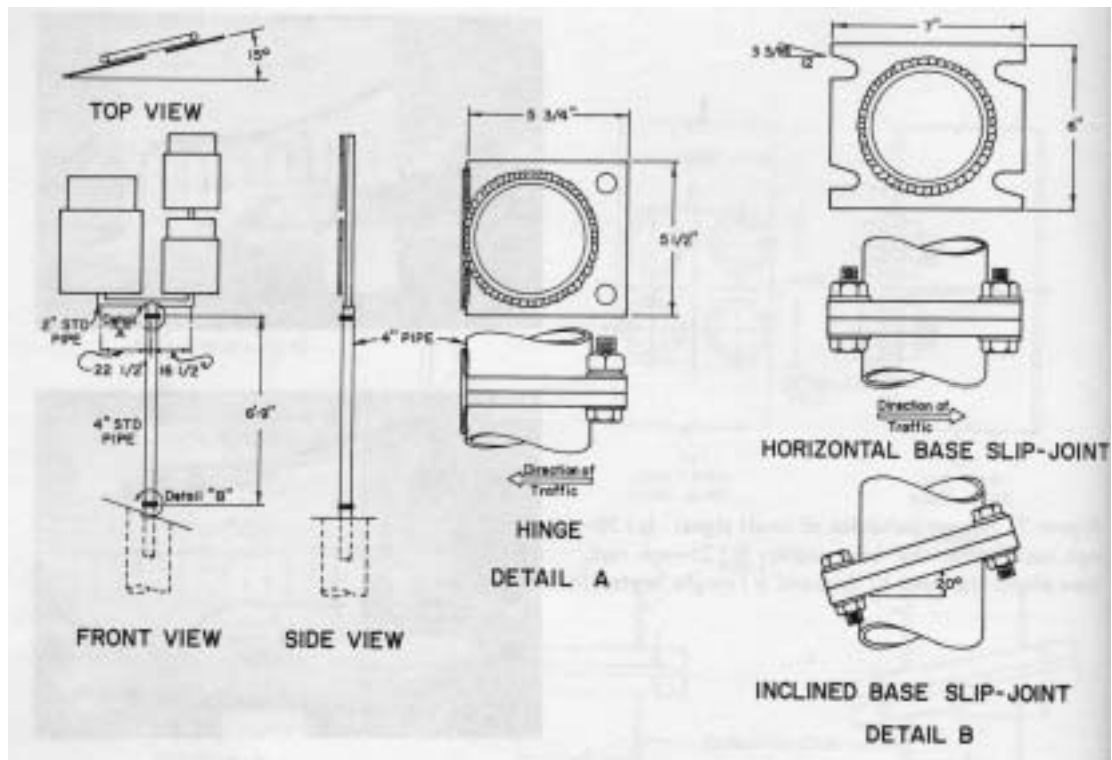
Las primeras investigaciones se dirigieron a segmentar el soporte con lo que se lograría una disminución de su rigidez estructural. Para ello se desarrolló una base capaz de resistir el momento producido por las cargas de viento, y que al mismo tiempo, se fracturase al ser impactada. Para ello se cambió el sistema tradicional de sujeción del poste mediante

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

empotramiento por un acoplamiento atornillado con ranuras que permite su desprendimiento en caso de impacto. ( figura xxx )

Se ensayó dicho sistema y se determinó que, para evitar que el poste cayese sobre el cuerpo impactante, era necesario introducir una nueva junta de fractura en la sección del poste coincidente con la parte inferior de la señal, así como que la unión inferior se llevase a cabo mediante una placa con una inclinación de unos 15°.

En la figura que se muestra a continuación se observan los dispositivos ensayados por los investigadores norteamericanos:



### 5.4.3 Recomendaciones

El coste de implantación de la medida que se propone es elevado por lo que se recomienda

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

su uso en aquellas zonas en las que se hayan detectado unos elevados ratios de accidentalidad por salida de calzada.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 5.5 Sistemas de contención

#### 5.5.1 Introducción

Para mejorar y mantener la seguridad en las carreteras, el proyecto de las mismas requiere la ubicación, en ciertos tramos y puntos característicos, de dispositivos de contención que eviten que vehículos y peatones entren en zonas peligrosas o colisionen con obstáculos.

El objetivo fundamental de las barreras es absorber la energía cinética de un vehículo fuera de control mediante su propia deformación plástica.

A pesar de todo no hay que olvidar que:

- Las barreras de seguridad son obstáculos por sí mismos y deben ser utilizados sólo cuando su ausencia suponga más peligro que su presencia.
- Al proyectar una carretera se debe tratar de minimizar el uso de barreras tanto como sea posible.
- Las barreras deben considerarse siempre como la última opción. Es mucho más seguro ensanchar los arcenes, suavizar la pendiente de los taludes o, cuando se trate de un obstáculo, trasladarlo si es posible (ver figura posterior).
- En puntos con elevada siniestralidad en el segmento de las motocicletas deben protegerse los postes mediante alguno de los dispositivos actualmente disponibles en el mercado.
- El uso de barreras es imprescindible si existe riesgo elevado de que los vehículos pesados (camiones o autobuses) puedan salirse de la calzada.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

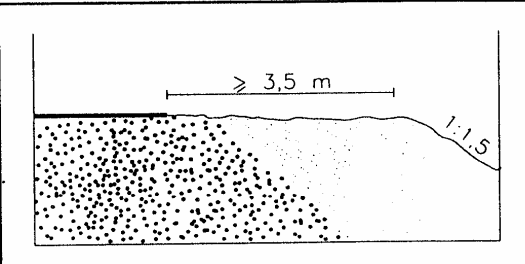
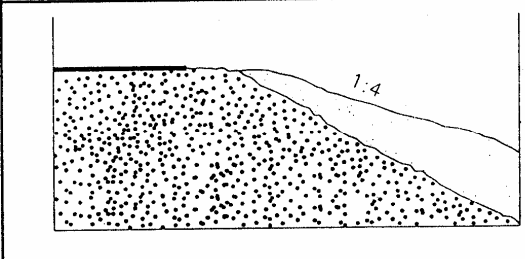
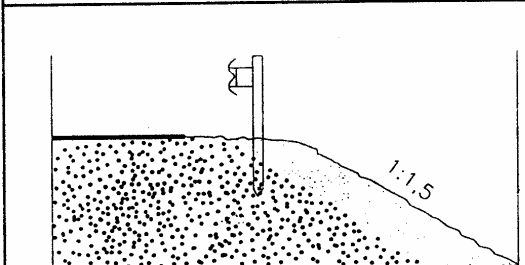
	Ensanchamiento de arcén
	Reducción de la pendiente de los taludes
	Barrera metálica

Figura. Alternativas existentes a la implantación de sistemas de contención.

### 5.5.2 Definición del problema

Los accidentes sufridos por los motociclistas, ya sean caídas o colisiones con otros vehículos, en muchos casos originan un deslizamiento del conductor por la calzada y, en caso de que exista algún sistema de contención, un posterior impacto contra el elemento presente en los márgenes de la carretera.

La probabilidad de impactar contra los sistemas de contención presentes en nuestras carreteras (R.C.E y Red Autonómica) es importante ya que dichos sistemas de contención están presentes en aproximadamente el 37% de los tramos de carretera.

Según se refleja del análisis de los datos de la Dirección General de Tráfico, la gravedad de

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

este tipo de accidentes es muy alta. En este tipo de accidentes se contabiliza un promedio de 0.3 muertos , 0.6 heridos graves y 0.37 herido leves por accidente.

Alternativa a los sistemas de contención: tendido de taludes

Resulta evidente el peligro que representa para los motoristas la presencia en los márgenes de la carretera de los sistemas de contención. Pero, ¿ son necesarios e insustituibles?. Lo son en carreteras en las que, por falta de espacio físico, no es posible modificar el diseño de los márgenes pero en aquellas carreteras con espacio suficiente es posible reemplazar estas por unos taludes, que si son lo suficientemente tendidos, cumplen el objetivo de detener al vehículo que abandona la calzada pero con la ventaja de que no lo hace mediante colisión sino por frenado.

En la actualidad los proyectistas están introduciendo en sus diseños un nuevo concepto que apoya . Este no es otro que el de “forgiving roads” o “carreteras clementes” que serían aquellas diseñadas de tal modo que se minimizasen las consecuencias de un accidente si éste llegase a producirse. Sería en cierto modo aplicar los criterios que se aplican en los circuitos de velocidad, en los que se producen , a las carreteras ordinarias.

Tradicionalmente no se ha empleado este tipo de solución por su mayor coste, pero no sólo este factor debe influir en la decisión final. Habrá que tener en cuenta también, además de los criterios económicos, la seguridad y el impacto estético.

Para comparar ambas opciones, tendido de taludes o implantación de sistemas de contención, debemos considerar no sólo el coste de instalación sino también el coste del mantenimiento y el coste de los accidentes que se puedan producir. La solución de menor coste de construcción no es necesariamente la más económica a largo plazo.

Sirva este punto de llamada de atención a los proyectistas para que estos sean conscientes de que hay alternativas a los sistemas de contención tradicionales que en determinados casos pueden resultar más rentables si consideramos otros aspectos además del económico

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

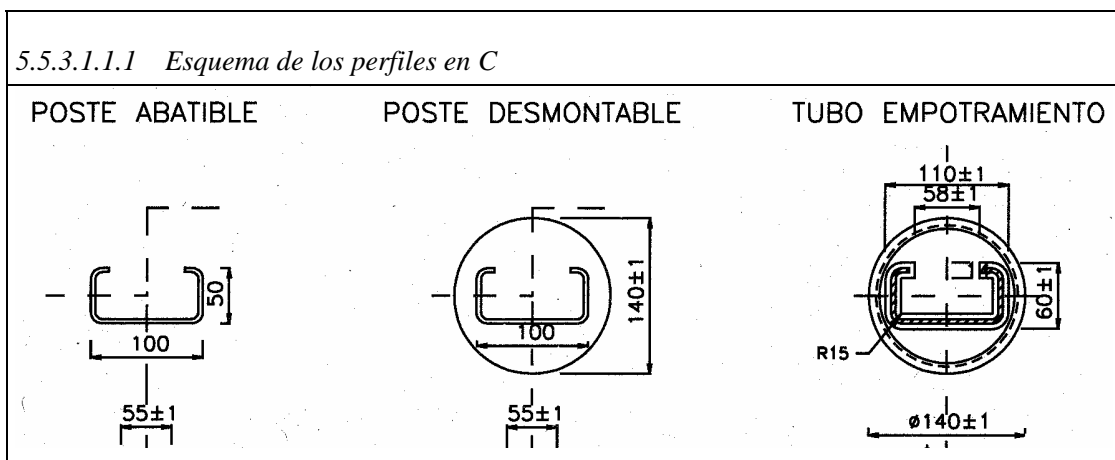
### 5.5.3 Situación actual en España

A partir del 30 de Enero de 1998 la normativa relativa a los sistemas de contención viene recogida en la nueva Orden Circular 325/97 T.

En ella se recoge la obligatoriedad de emplear como postes de los sistemas de contención los perfiles en C o UPN, prohibiendo por tanto el uso de los temibles perfiles IPN. No obstante y debido a que dicha Orden Circular sólo es aplicable a “*proyectos de carreteras de nueva construcción o acondicionamiento, obras de mantenimiento y seguridad vial cuya orden de estudio se autorice, o se encuentre en fase de redacción, con posterioridad al 30 de Enero de 1998*”, no veremos en nuestras la instalación sistemática de postes en C o UPN hasta dentro de aproximadamente unos tres años.

Este tipo de poste resulta más sencillo, y además da mejores resultados; tanto por su forma en el caso de colisión como por su modo de fabricación e instalación. La decisión de adoptar este poste, frente a la posibilidad de emplear el poste sigma, ha sido debida a las siguientes razones:

- Su perfilado es más sencillo.
- Permite un mejor acople de la bionda.
- Ofrece una menor anchura frontal.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Por ello, y hasta que dicha situación se produzca, los esfuerzos encaminados a lograr unas infraestructuras más seguras para los motociclistas deberán dirigirse hacia la protección de los postes existentes, bien protegiendo los postes con algún material capaz de absorber un hipotético impacto o bien instalando una doble bionda inferior, en aquellos tramos en los que una elevada siniestralidad de los vehículos de dos ruedas justifique la medida.

### 5.5.4 Alternativas existentes

#### a) Recubrimiento de la bionda

Este recubrimiento evita el contacto directo con el perfil metálico al impactar algo con la barrera, absorbiendo parte de la energía del choque y disminuyendo la lesividad del impacto. Además, reduce el miedo psicológico que el guardarraíl produce en los motociclistas.

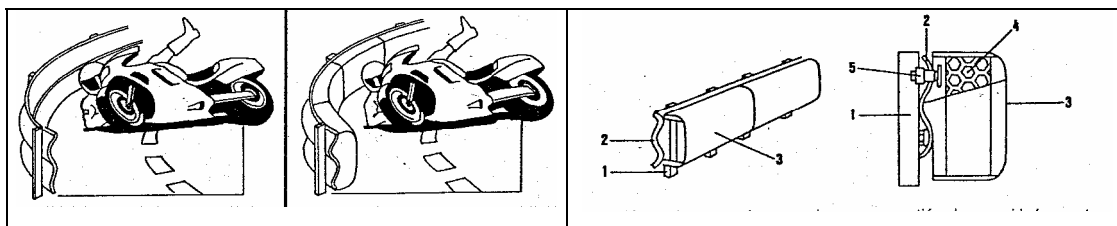
##### 5.5.4.1.1 a.1) Proteción

Se trata de un dispositivo patentado en 1988 por Antonio Guerra Navas y diseñado para recubrir mediante piezas moldeadas, realizadas con un entramado de espuma de poliuretano, el frente y las vigas de anclaje de los guardarraíles y otros objetos fijos colocados en los bordes de la carretera.

Las piezas de Proteción se acoplan perfectamente al guardarraíl previamente existente en la carretera y optimizan su función protectora. Su material se deforma elásticamente ante un impacto y dispone interiormente de una serie de cavidades tubulares longitudinales que aumentan la capacidad de deformación transversal del elemento protector, cuya forma puede ser aproximadamente rectangular y su altura ligeramente superior a la del perfil de la barrera.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



Su diseñador resume así las ventajas de su sistema: *“Aumenta la eficacia de las barreras en la absorción de los impactos (menos daños por choque violento) y los convierte en dispositivos no aristados, más deslizantes, menos abrasivos y no desgarrantes. La fabricación es sencilla y económica y su instalación es rápida y fácil. Tiene una larga duración sin envejecimiento apreciable por causas ambientales, aunque sí una progresiva decoloración. Puede ser soporte de señalización, avisos. Evita el miedo psicológico a la barrera y su coste es moderado (aproximadamente 3 millones de pesetas por kilómetro).”*

### b) Protección de postes

El objetivo de esta medida es crear un sistema de recubrimiento de las partes metálicas de las barreras susceptibles de recibir el impacto de los vehículos y, en el caso de los motociclistas, de las personas accidentadas.

Su fin es doble:

- Incrementar la zona de impacto.
- Absorción de energía por deformación.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 5.5.4.1.2 b.1) Efectividad de la medida

A mediados de la década de los 80 se llevaron a cabo en Alemania dos investigaciones, dirigidas por Schueler (1985) y por Jessl (1985), encaminadas a determinar la efectividad de los protectores instalados en los postes.

En la Universidad de Heidelberg (Schueler) se ensayó una protección consistente en una célula cerrada de espuma de polietileno (30 kg/m<sup>3</sup>) (“Neopolen”) recubierta con una capa de poliuretano de 1 mm de espesor.

Por otro lado Jessl ensayó un protector de poliestireno (22 kg/m<sup>3</sup>) recubierto por una capa de 1 mm de poliuretano.

Las velocidades de impacto, en ambos casos, fueron de 32 km/h.

La eficacia de estos atenuadores quedó demostrada, en ambos casos las heridas eran sólo leves (grado MAIS=1), de muy bajo coste social, pues ni siquiera precisan intervención médica quirúrgica. En las pruebas con estos atenuadores, y para mejorar la precisión al decidir el tipo de atenuador (material, grosor y concepción), también se usaron cadáveres (la legislación alemana lo permite) además de los “dummy”.

Por último también se realizaron ensayos colocando una bionda por debajo de la estándar que evitaría que la víctima pase por debajo de la existente en la actualidad y choque contra los postes, logrando disminuir las heridas gracias a que el golpe es sobre un área amplia ( la lámina inferior) y no contra un punto pequeño (donde golpearía en el poste). Nuevamente tendríamos heridas MAIS=1, es decir, leves.

### Análisis Coste-Beneficio de los amortiguadores de impacto

Según un estudio realizado por el Federal Highway Research Institute (Domhan, 1984, p-

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

10-15) las actuaciones que se pueden realizar sobre los sistemas de contención tienen las siguientes rentabilidades coste-beneficio:

	Bionda adicional	Amortiguador de impacto
Motorways	0.2	0.3
Interstate Highways	0.5	0.7
State Highways	0.3	0.3
Country Roads	0.2	0.2

De dicho análisis se deduce que:

- Es más rentable la instalación de amortiguadores de impacto que la instalación de una bionda inferior.
- Equipar todos los postes con amortiguadores no es económicamente rentable; es preciso realizar una instalación selectiva.

En la actualidad se encuentran disponibles en España varios sistemas que se describen a continuación:

### *5.5.4.1.2.1 - Protector SIHART*

Actualmente está instalado de forma experimental en varios tramos de la N-I, pk 54 entre otros.

Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

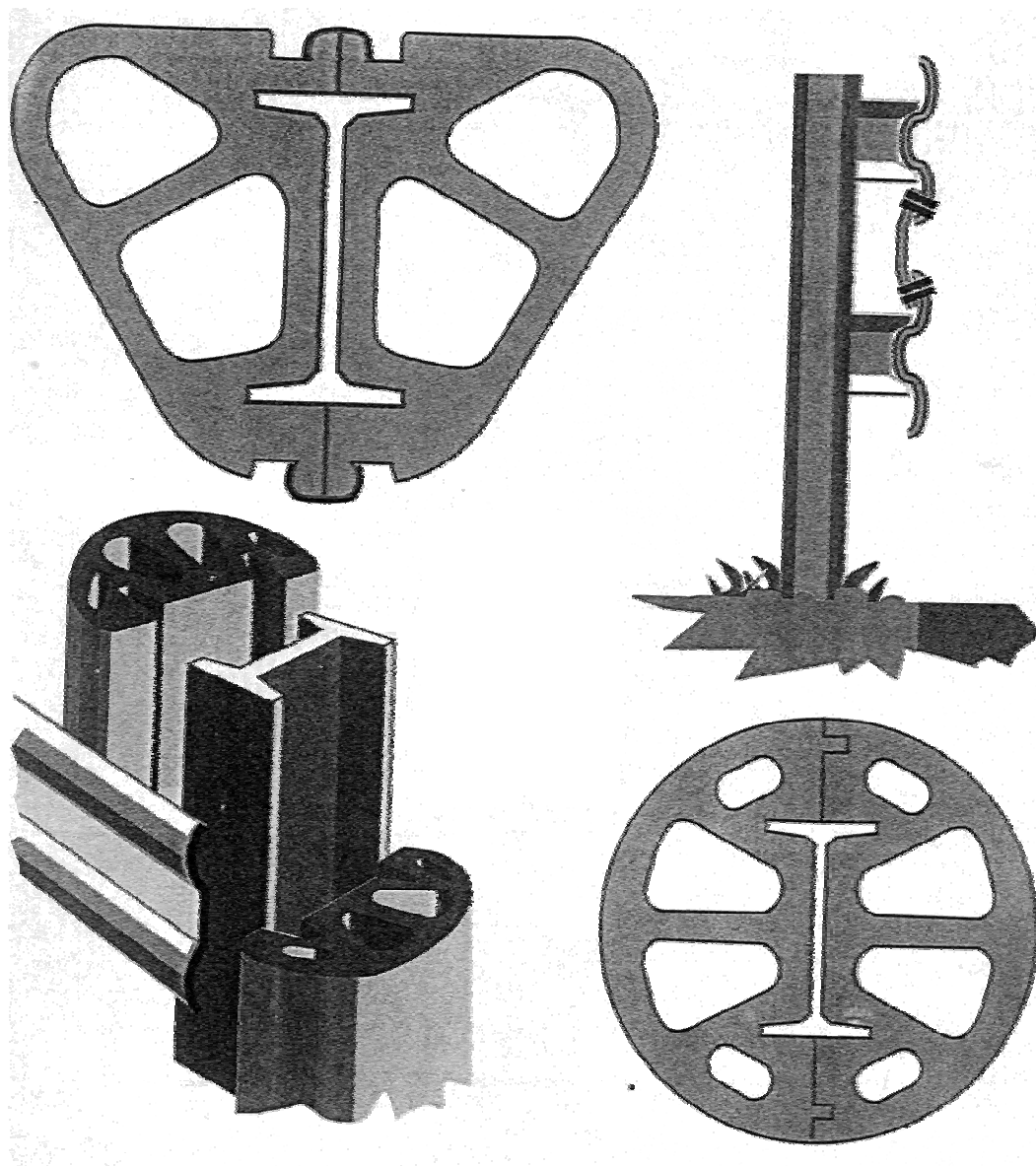
Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 5.5.4.1.2.2 b.1.2) Protector Pere Gurri

Este sistema consiste en un armazón que se coloca alrededor del poste de la barrera y cuya estructura absorbe y frena el impacto contra el poste. El tipo de material en el que se fabricará todavía no está decidido, pero bien puede estar construido en plástico o en una combinación de caucho.



Como el producto está aún en fase inicial existen dos diseños inicialmente previstos ( se muestran en la figura adjunta) y entre los dos se escogería el más efectivo a la hora de prevenir lesiones. Aunque están realizados a partir de una viga de perfil IPN, es



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

fácil y sencillo cambiar el diseño para que pudieran ser acoplados a los nuevos postes en C o UPN que se instalará sistemáticamente en un par de años.

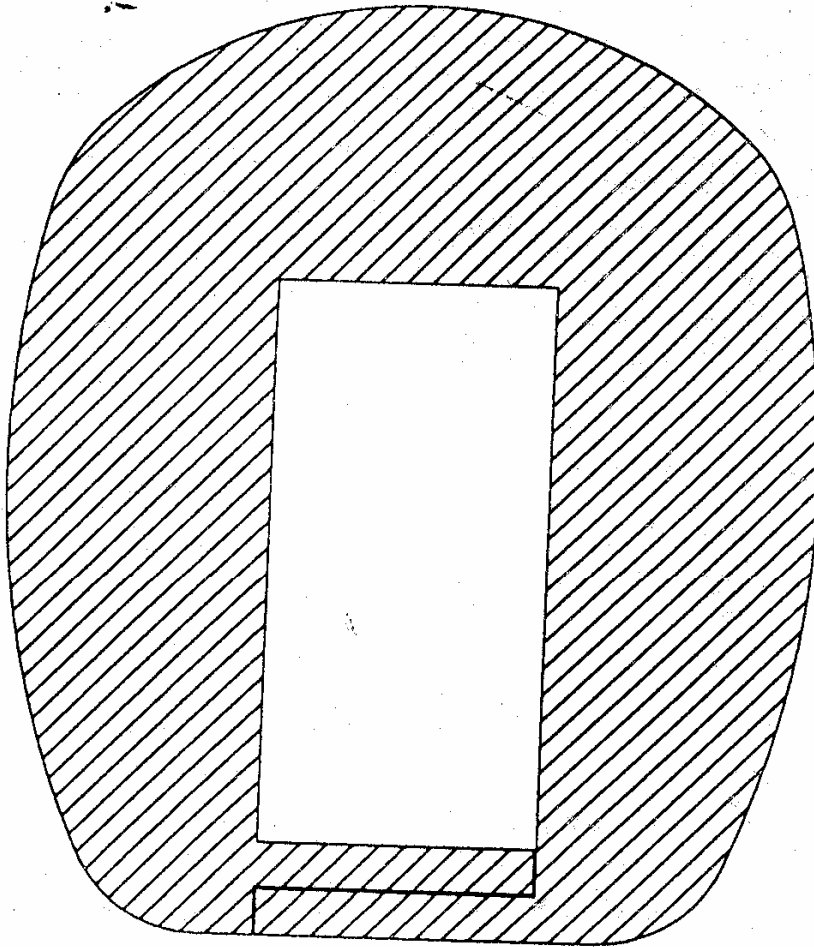
Respecto a la instalación del sistema, ésta resulta rápida y limpia, ya que se montan sin necesidad de efectuar modificaciones o agujeros en el poste por lo que su montaje resulta muy sencillo. Cada una de ellas dos mitades que rodean al poste irían unidas bien mediante grapas o bien con pestañas verticales.

### *5.5.4.1.2.3 b.1.3) Protector de absorción de impactos (P.A.I)*

El PAI consiste en una armadura de espuma de poliestileno de densidad media reticulado, de celdas cerradas, con variedad en su densidad, que puede ser de 18, 24,29 o 34 kg/m<sup>3</sup>.

Consta de un elemento o cuerpo principal realizado por moldeo o extrusión que adopta una forma prismática rectangular hueca, de lados curvos, cuya sección transversal presenta un perímetro en forma de “C”, constituido por dos lados mayores y el lado menor frontal, mientras del extremo abierto de cada uno de ellos lados mayores se proyectan ortogonalmente desde su cara interior y dirigidos hasta el lado interior del lado opuesto.

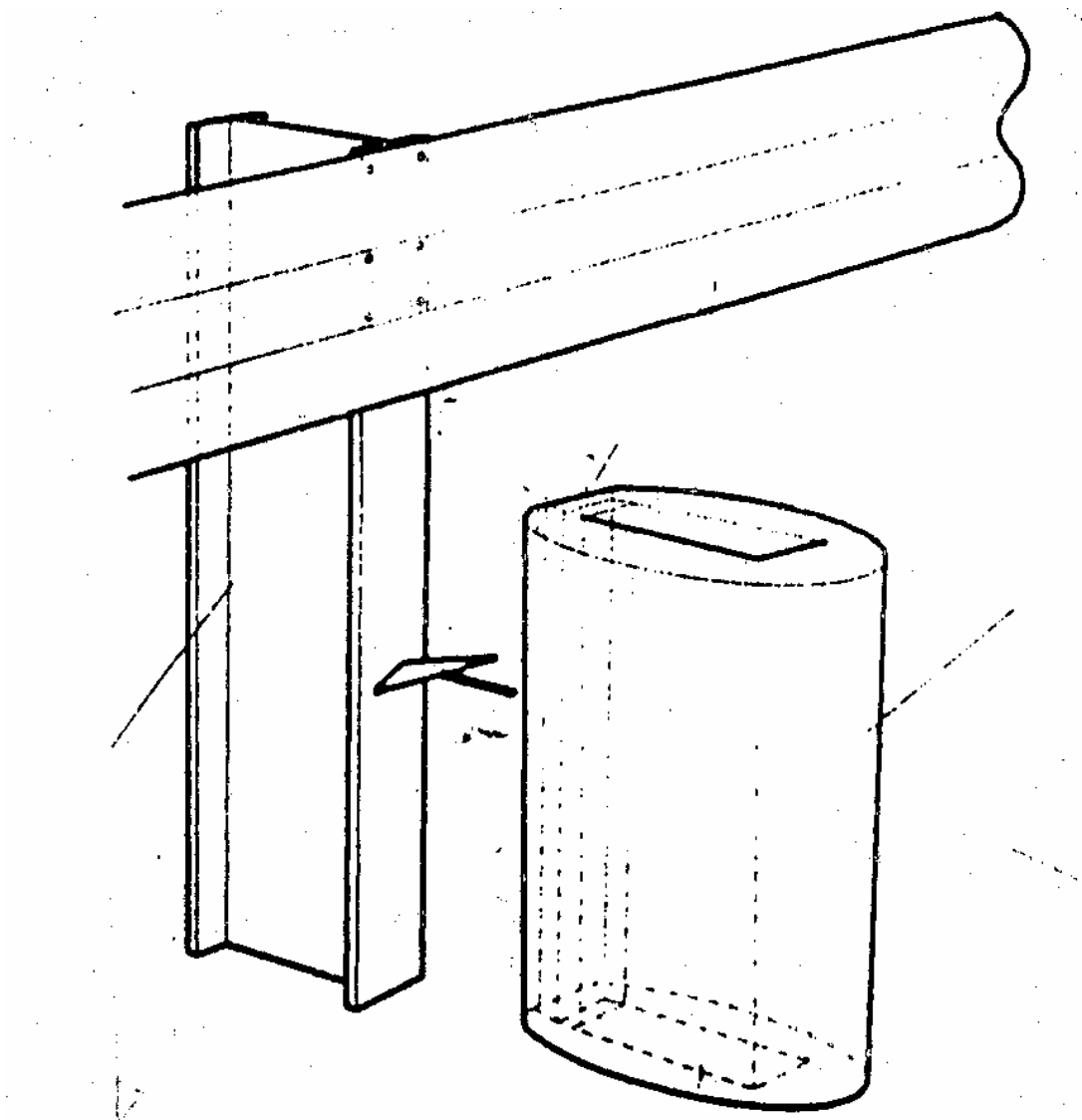
Sendos tabiques solapados configuran el lado menor posterior practicable por deformación elástica del conjunto para su montaje, siendo la distancia existente entre ambos tabiques, prácticamente nul, para permitir la unión de los mismo, prolongándose verticalmente en su longitud dicho elemento o cuerpo principal, mediante el acoplamiento sobre su cara posterior de un segundo elemento o cuerpo secundario, que, a continuando la sección transversal del cuerpo principal presenta truncada su cara frontal hasta el inicio del hueco rectangular interior definiéndose así un prisma con sección en forma de “C” abierta.



**Sección del "P. A. I."**

El material empleado para la fabricación del PAI, es termoconformable tanto en formas simples como complejas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



El PAI ha sido diseñado para su acople tanto en vigas de sección “Doble T” como en las de “Sección C”, sin limitación en la altura de la viga, pero llegando a la conclusión de que dicha altura no necesita superar los 50 cm., y en muchos de los casos da mas rentabilidad ya que con una sólo pieza se pueden recubrir dos vigas cortando una de ellas por la mitad.

Su colocación y fijación es muy sencilla sin que sea necesaria ninguna enseñanza especial:

- 1 La altura es adaptable cortando la pieza con una cuchilla, dándole así el tamaño

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

necesario, ya que las distancias de la base de las biondas al asfalto son muy variables.

- 2 El PAI en su parte trasera tiene dos “orejas abatibles” que pueden ser sujetadas por medio de termosellado con pistola de calor o mediante cinta adhesiva doble cara de alta resistencia.

Las características técnicas del PAI son las siguientes:

- El valor mínimo de absorción de energía es de 680 cN. cm/cm<sup>3</sup>.
- La absorción de agua es escasa, lo que produce el mínimo deterioro por envejecimiento.
- El material que compone el PAI es autoextinguible.

c) Instalación de cubre-cantos sobre las biondas

Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



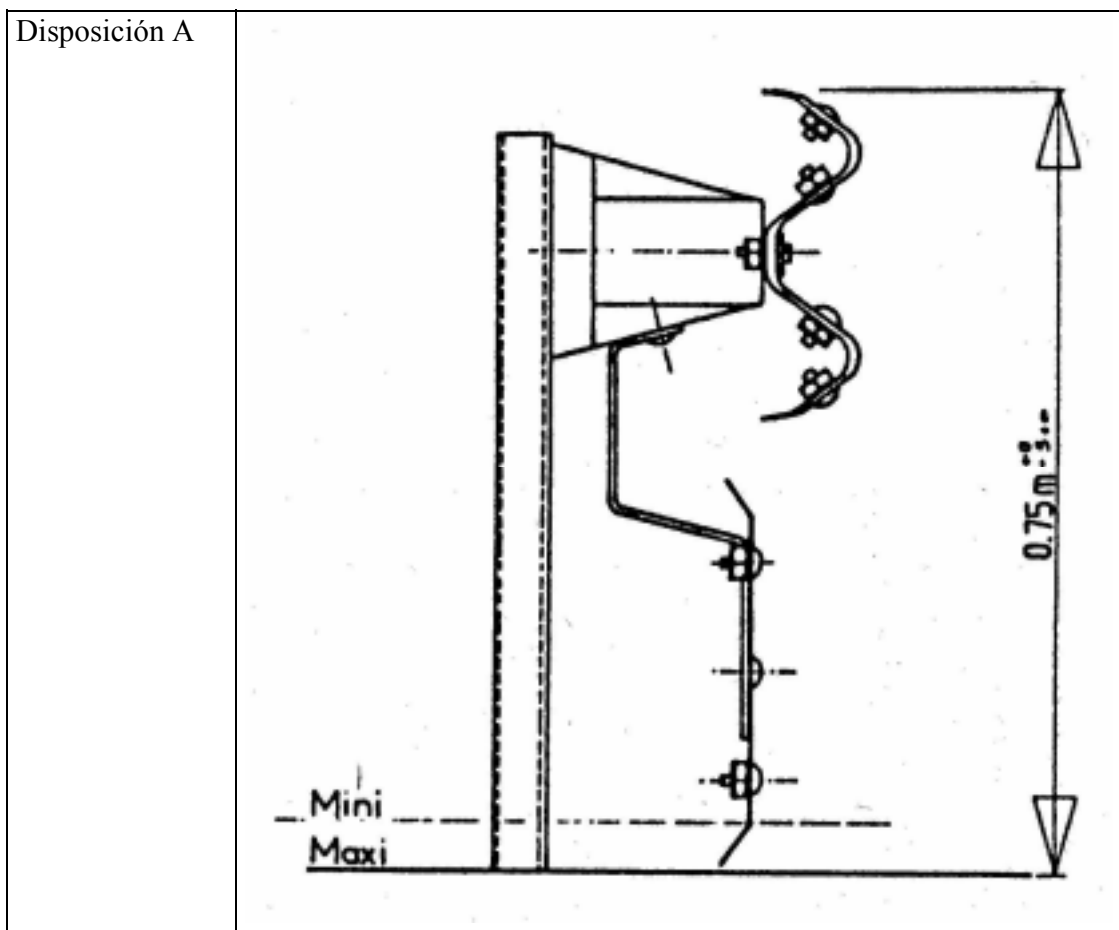
Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



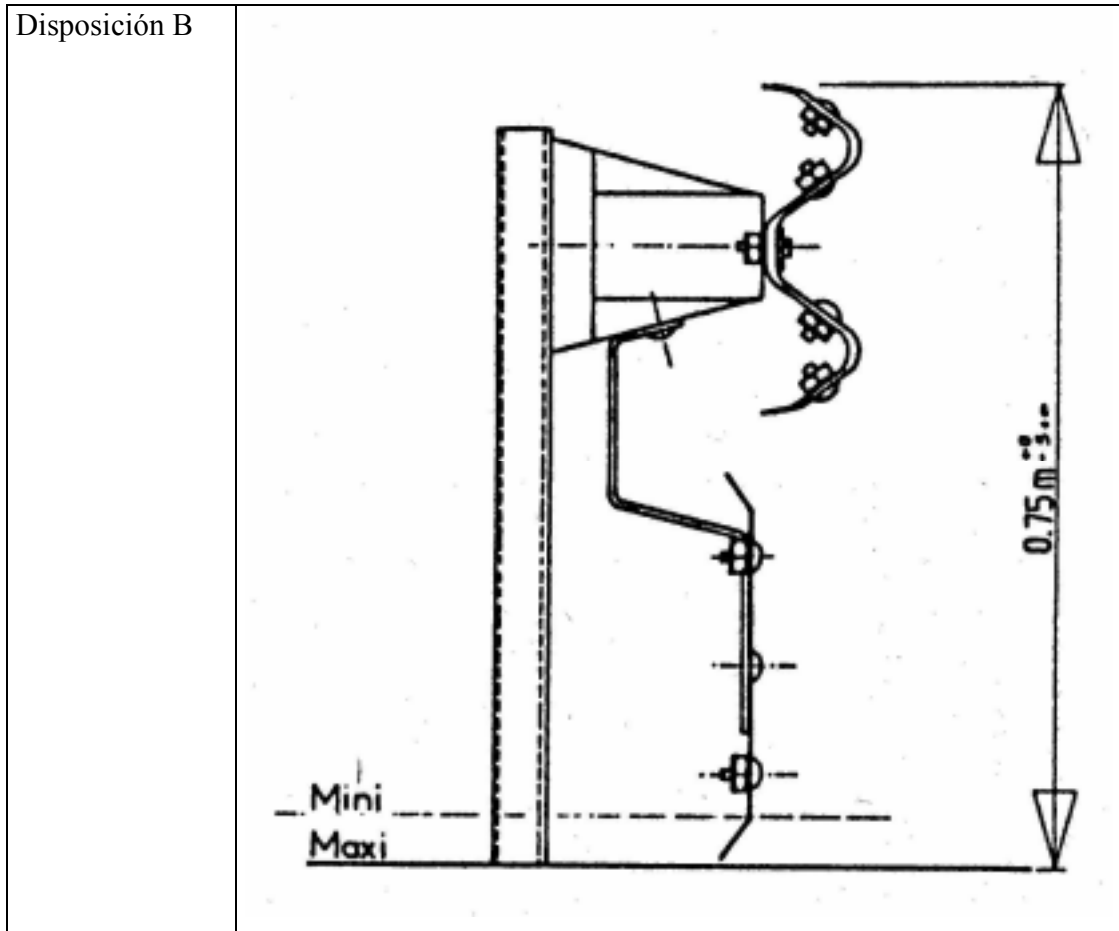
## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### d) Instalación de bionda inferior

Al aumentar la zona del impacto, se pasa de impactar contra una superficie reducida y agresiva como es la del poste a hacerlo contra una banda con pliegues redondeados, se disminuyen la gravedad de las lesiones derivadas del impacto.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



La doble bionda inferior se ha instalado con éxito en varios puntos de Alemania, consiguiendo resultados muy positivos por dos motivos:

- Obviamente por la reducción de la severidad de los impactos.
- Reducción del número de accidentes por el “preaviso” que supone para los motociclistas la presencia de una doble bionda inferior instalada en los puntos peligrosos.

d.1) Consideraciones coste-beneficio



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Un investigador alemán, Domhan (1984), llevó a cabo un estudio para estudiar la rentabilidad de las distintas alternativas existentes para disminuir la severidad de los impactos contra los sistemas de contención.

En un primer paso llegó a la conclusión de que instalar sistemas de protección en todos los tramos era, obviamente, no era necesario ni recomendable. Por ello trabajó con las hipótesis de que el 20%, 30%, 40% de los accidentes en los que el motorista impactaba contra los sistemas de contención ocurrían en el 10% de los tramos. Obteniendo las siguientes relaciones coste-beneficio:

	Bionda inferior			Protectores de poste		
	20%	30%	40%	20%	30%	40%
Autopistas	0.4	0.6	0.8	0.6	1.0	1.4
Autovías	1.0	1.5	2.1	1.3	2.0	2.7
C. conv.	0.6	0.9	1.2	0.7	1.0	1.3
C. locales	0.4	0.6	0.8	0.4	0.6	0.8

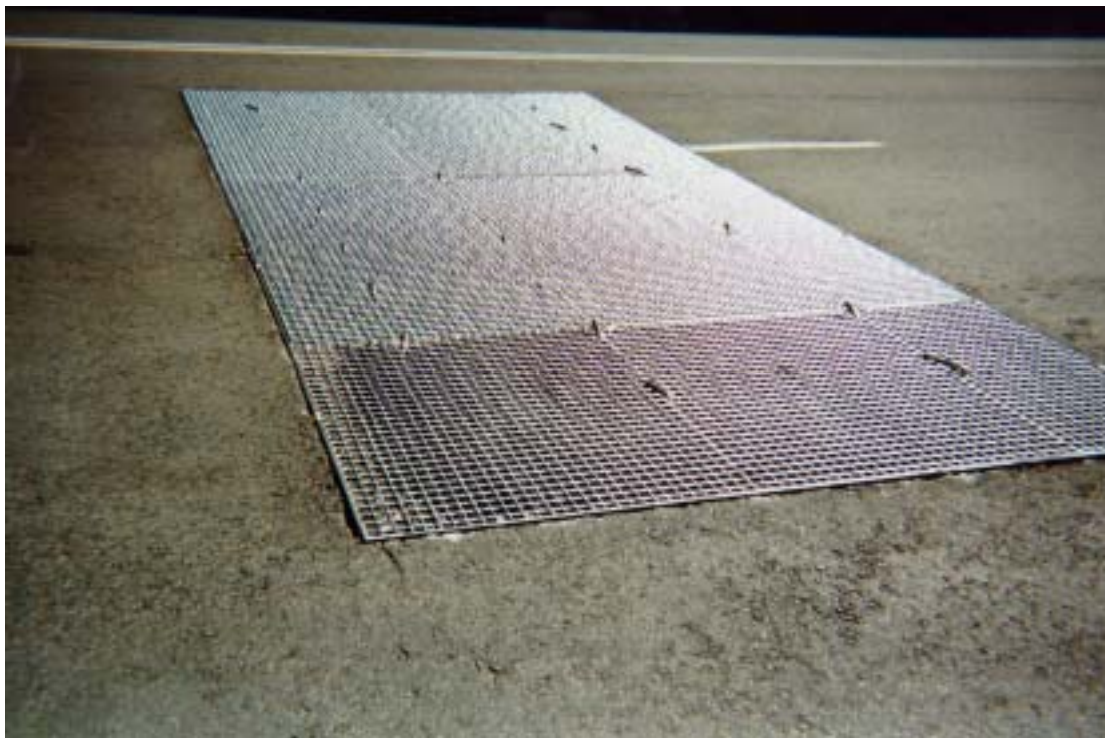
De lo anterior se deduce que, desde el punto de vista económico, es más rentable la instalación de atenuadores de impacto en los postes que la instalación de una doble bionda inferior.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *5.6 Rejillas en zonas urbanas*

Debido a la proliferación de aparcamientos subterráneos, líneas de metro, etc en nuestras ciudades se está generalizando la instalación de rejillas de ventilación sobre nuestras calles.

Las rejillas suponen, especialmente para los vehículos de dos ruedas, puntos muy peligrosos debido a que el coeficiente de rozamiento de éstas es casi nulo, por lo que el riesgo de caída, sobre todo si las mencionadas rejillas se encuentran en zonas curvas, es ciertamente elevado.



La solución al problema planteado no es sencilla ya que, por su forma, siempre supondrán una disminución de la superficie de contacto entre el neumático y el suelo con el consiguiente aumento de presión transmitida y de riesgo de deslizamiento..

No obstante la situación mejoraría notablemente si:

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- No se instalasen este tipo de rejillas en tramos curvos.
- Si se incrementase la rugosidad de la superficie de contacto de estas con los neumáticos.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *5.7 Elementos Singulares: Glorietas*

A raíz de la consulta de una interesante documentación británica en la que se ponía en tela de juicio la adecuación de las glorietas a las características de las motocicletas y de los vehículos pesados.

Sin duda la enorme tradición de este país en la construcción y explotación de glorietas, debe hacer meditar a todos aquellos países (entre los que se encuentra España) que prácticamente se han limitado a la adopción de las características de diseño anglosajón.

Sin embargo, la disponibilidad de documentación estadística fiable en este campo no es tan significativa como en los apartados anteriores por lo que nos hemos visto obligados a restringir esta parte del análisis a la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas en glorietas referida exclusivamente a los años 1992 a 1997 y correspondiente a la Red de Carreteras de la Comunidad de Madrid. Pensamos que la fiabilidad de los datos conseguidos debe resultar mucho más significativa que el intentar obtener conclusiones de una documentación mucho más abundante pero cuya fiabilidad presentaría mayores dudas.

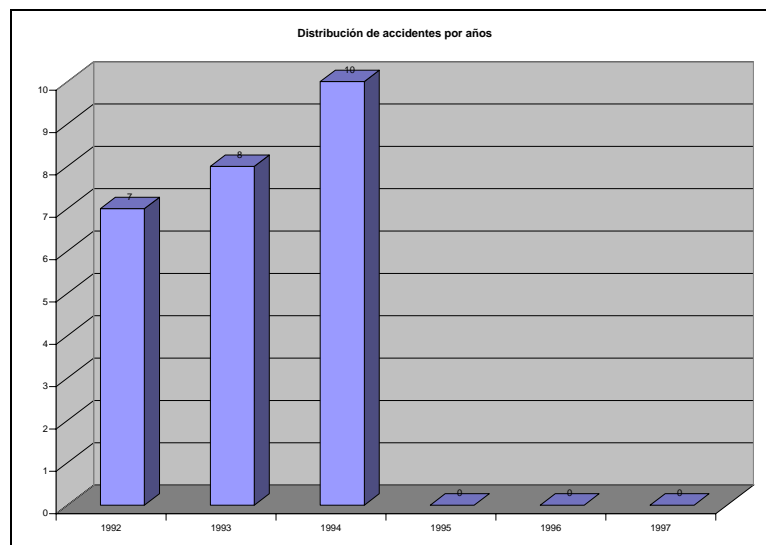
#### *5.7.1 Valoración de la magnitud del problema*

##### *5.7.1.1*

##### *a) Distribución de accidentes por años*

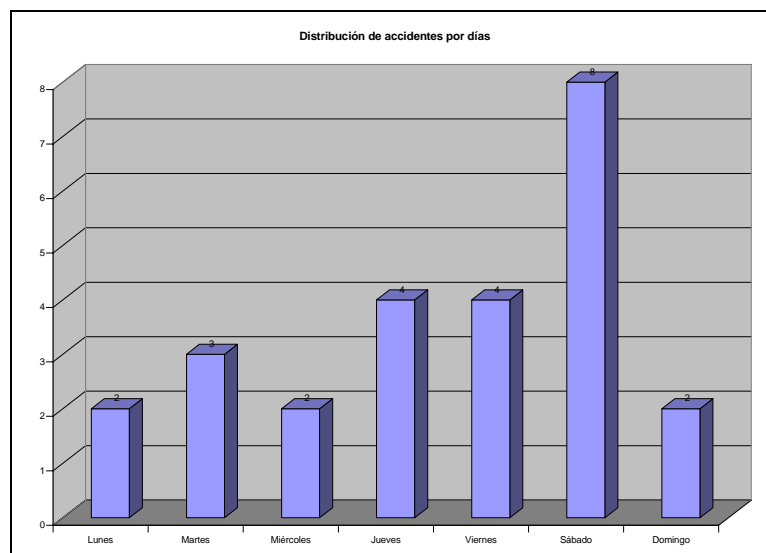
Como se observa en el gráfico adjunto, la evolución de la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas en las glorietas muestra que en los años 1995-1997 no se han producido accidentes, lo cual no es del todo cierto puesto que, si bien las glorietas llevan en funcionamiento varios años (lo cual incide positivamente en el grado de conocimiento de los usuarios de las mismas), los datos de accidentes que se reportan se refieren exclusivamente al caso de accidentes con víctimas, perdiéndose de este modo la información sobre los accidentes en los que no hay víctimas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



### b) Distribución de accidentes por días

Como se observa, la distribución diaria de los accidentes muestra que la mayoría de los mismos se producen los sábados, del mismo modo que ocurre en el caso de la accidentalidad de todos los vehículos que circulan por las glorietas, y lo cual sigue la tendencia general de accidentalidad de las carreteras españolas.

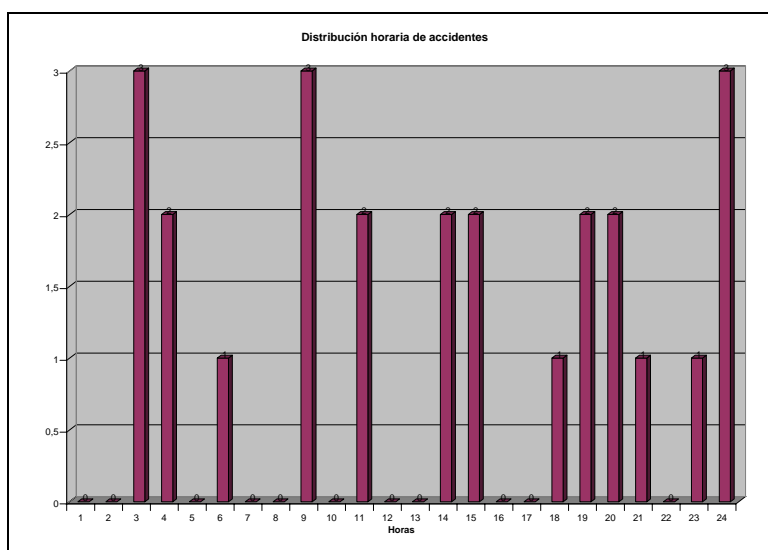


## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Sin embargo, cabe destacar el hecho de que los domingos la accidentalidad disminuye notablemente, llegando a ser el día de la semana en que se producen menor número de accidentes (a pesar de ser un día de notable presencia de motos en las carreteras), no sucediendo lo mismo en el caso de estudiar la accidentalidad de todos los vehículos que circulan por las glorietas, en la que los domingos es el día que, tras los sábados, registra mayor número de accidentes.

### c) Distribución de accidentes por horas

En lo referente a la distribución horaria de los accidentes de vehículos de dos ruedas, el gráfico muestra tres puntas de accidentalidad: las 3, 9 y 24 horas seguido de las 4, 11, 14, 15, 19 y 20.

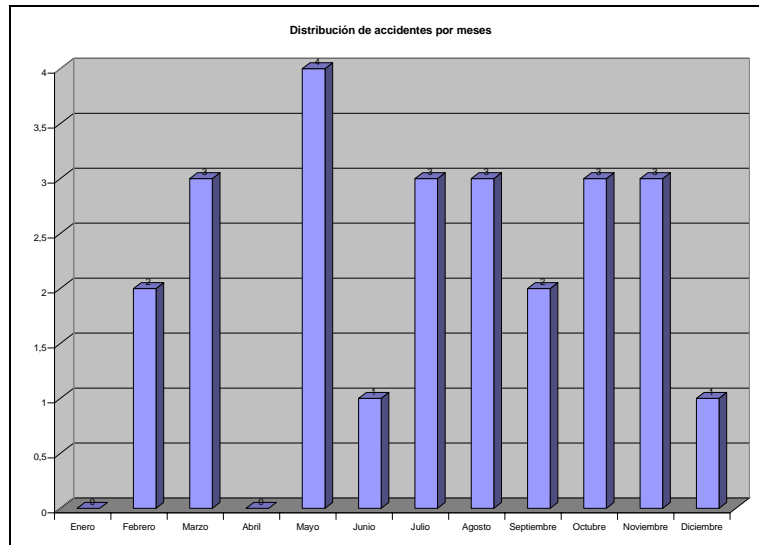


El resto de horas del día no registra accidentes de vehículos de dos ruedas. Sin embargo, atendiendo a la accidentalidad de todos los vehículos, la distribución horaria es mucho más uniforme, con una clara cresta de accidentalidad entre las 13 y las 15 horas y dos puntas algo menores a las 2 y entre las 18 y 19 horas.

### d) Distribución de accidentes por meses

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

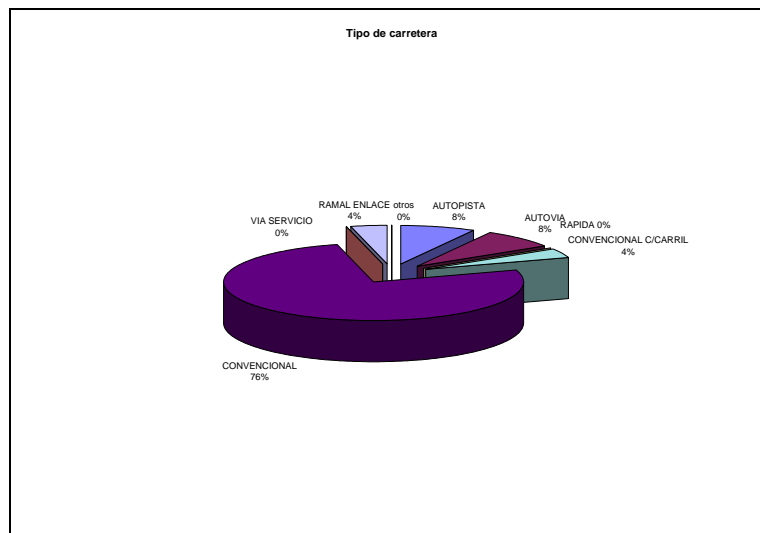
La distribución mensual de accidentes muestra que es el mes de Mayo el que registra mayor número de accidentes seguido por Marzo, Julio, Agosto, Octubre y Noviembre. Esta tendencia difiere en gran medida con la seguida por todos los vehículos, pues en aquel caso la mayoría de los accidentes se producen en los meses de Otoño e Invierno (Octubre a Marzo).



Según muestra este gráfico, la gran mayoría de los accidentes de vehículos de dos ruedas se producen en carreteras convencionales (76%) seguido por las autopistas y autovías (8%) y por último los ramales de enlace y carreteras convencionales con vía de servicio (4%).

e) Distribución de accidentes por tipo de carretera

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



La tendencia en el caso de todos los vehículos es bastante similar, en carretera convencional se producen el 84% de los accidentes, en autovía se producen el 7% y un 3% en ramales de enlace.

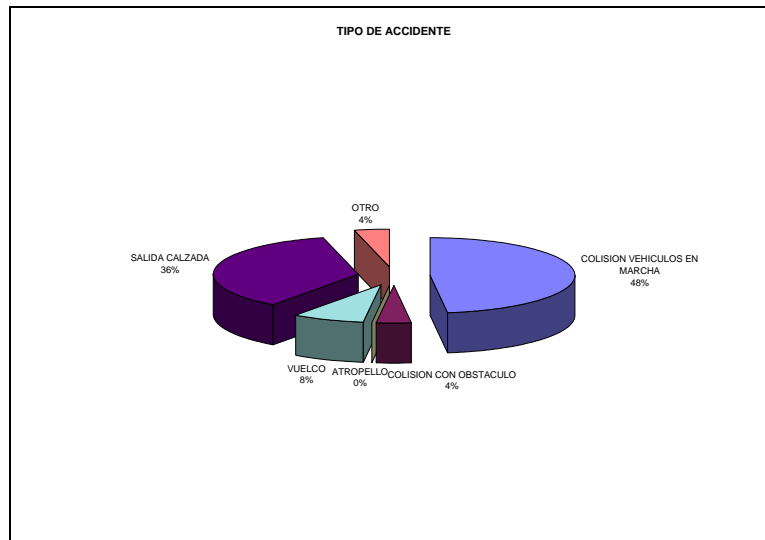
### f) Distribución de accidentes según su tipología

La tipología más común de accidentes en glorietas protagonizados por vehículos de dos ruedas es, al igual que al estudiar todos los vehículos, la colisión con otro vehículo (48% en este caso y 49 % en el de todos los vehículos).

Del mismo modo que sucede en el caso de todos los vehículos las salidas de calzada es el segundo tipo de accidente que ocurre con una representatividad del 36% en el caso de las motos, frente al 41% de todos los vehículos.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

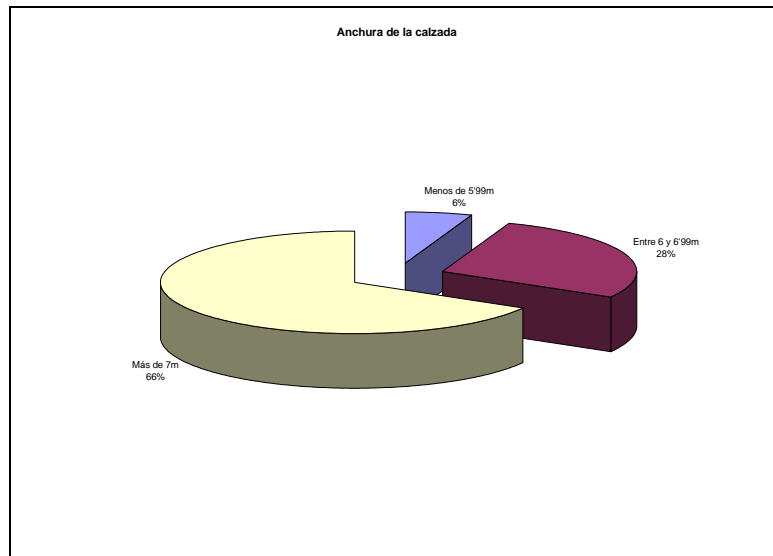


En tercer lugar, en el caso de las motos, se encuentra el vuelco con un 8% (4% en el caso de todos los vehículos). Las colisiones con obstáculos representan un 4% en el caso de las motos y un 3% en el caso de todos los vehículos.

### g) Distribución de accidentes según la anchura de calzada

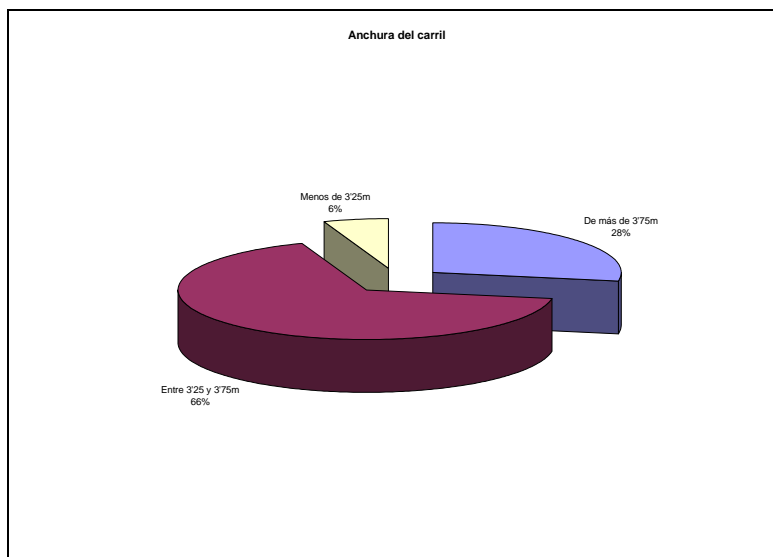
La anchura de calzada que más accidentes de motos recoge, un 66%, es la que supera los 7 m, seguida por la calzada de anchura comprendida entre 6 y 7 m (28%), dejando para la calzada menor de 6 m el 6% de los accidentes. La tendencia cuando se analizan todos los vehículos es muy similar, siendo en este caso los respectivos porcentajes 70%, 26% y 4%.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



### h) Distribución de accidentes por anchura de carril

Del mismo modo que antes, en el caso de la anchura de carril, los porcentajes de accidentalidad registrados en vehículos de dos ruedas son muy similares a los que se presentan al estudiar el resto de vehículos. Así, la anchura de carril que muestra mayor porcentaje de accidentalidad es la comprendida entre 3,25 y 3,75 m con un 66% para el caso de dos ruedas y un 78% en el otro caso.



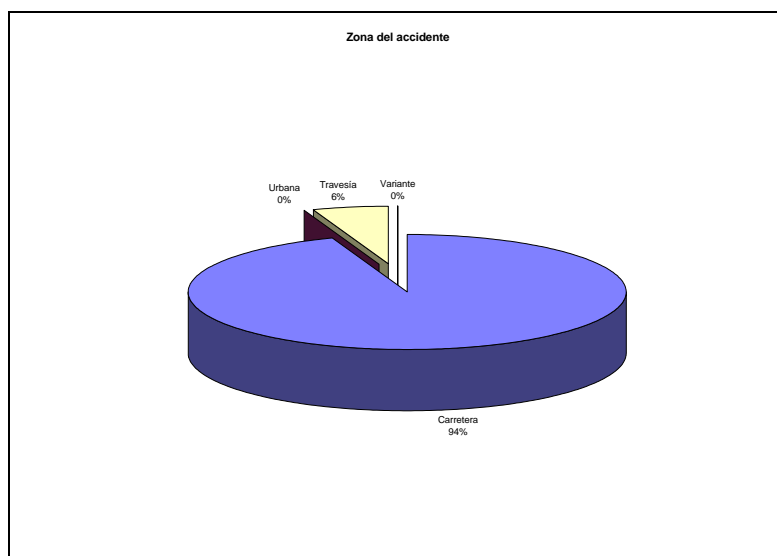
## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Para los vehículos de dos ruedas se produce un 28% de accidentes en carriles de más de 3,75 m, sin embargo este porcentaje es considerablemente menor en caso de todos los vehículos (11%).

En carriles de menos de 3,25 m se producen el 6% de los accidentes de vehículos de dos ruedas y el 11% de los accidentes totales.

### i) Distribución de accidentes por zona del accidente

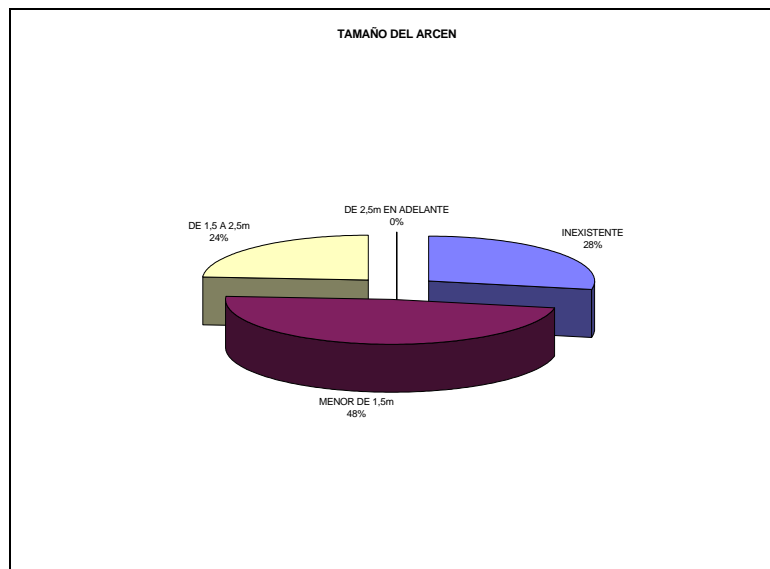
El 94% de los accidentes se producen en carretera, es decir en glorietas interurbanas, del mismo modo que sucede al estudiar la accidentalidad conjunta de todos los vehículos (91%). El 6% restante, en el caso de motos, se producen en travesías (frente al 3% del caso de accidentalidad conjunta).



### j) Distribución de accidentes por anchura del arcén

La anchura de arcén que mayor número de accidentes registra es la inferior a 1,5 m, con un 48% de la totalidad de los accidentes de motos y un 42% de la totalidad de la accidentalidad conjunta.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



La tendencia para motos y el resto de anchuras de arcén es similar a la seguida por la accidentalidad de todos los vehículos, es decir, para arcenes comprendidos entre 1,5 y 2,5 m el porcentaje de accidentes es del 24% para el caso de motos y 27% para todos los vehículos. En el caso de no existir arcén los porcentajes son de un 28% y un 29% respectivamente.

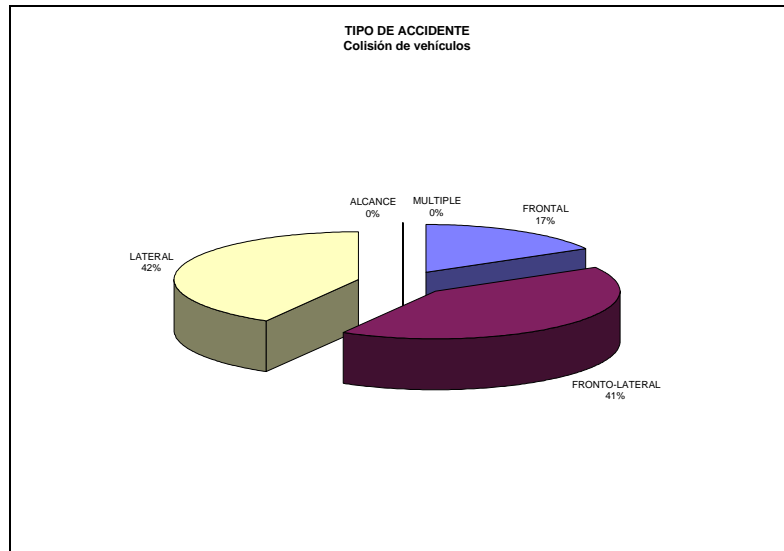
### k) Distribución de accidentes por tipo de colisión con vehículos

Como ya se ha explicado anteriormente, la tipología predominante de accidente es la colisión con otro vehículo, en este caso los porcentajes de accidentes dependiendo del tipo de colisión que se produzca son del 42% para colisiones laterales, seguido de las colisiones fronto-laterales con un 41%, el 17% restante se produce para colisiones frontales. No se producen accidentes por colisión múltiple ni por alcance.

En el caso de accidentalidad de todos los vehículos el porcentaje de colisiones fronto-laterales es similar, 47%, sin embargo, el porcentaje de colisiones laterales es sustancialmente menor, 14%, y por el contrario aumenta el porcentaje de colisiones frontales a un 23%. Además, en este caso un 12% de los accidentes se producen por alcance

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

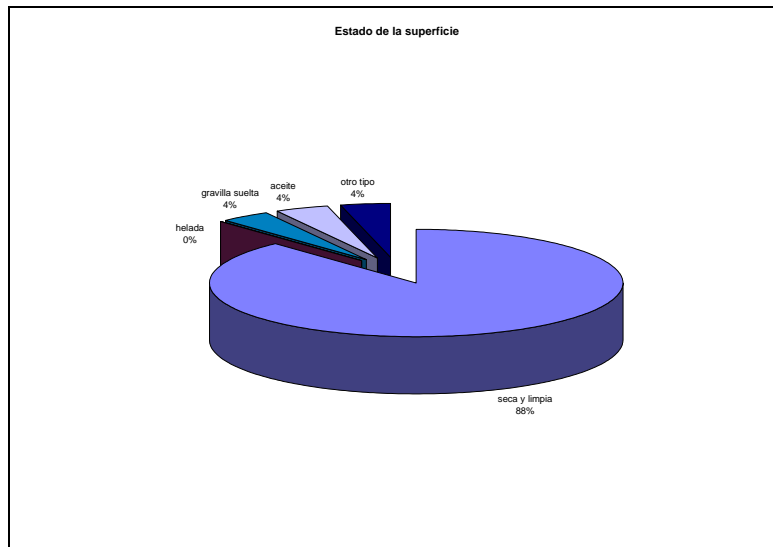
y un 4% por colisión múltiple.



### l) Distribución de accidentes según el estado de la superficie

En el aspecto referente al estado de la superficie de rodadura se aprecia, según el gráfico siguiente, que un 88% de los accidentes de vehículos de dos ruedas se producen en circunstancias en las que la superficie está seca y limpia. El 4% de los mismos se producen en el caso de que la superficie de rodadura presente gravilla suelta. El mismo porcentaje le corresponde al caso de que exista aceite o grasa sobre la calzada.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



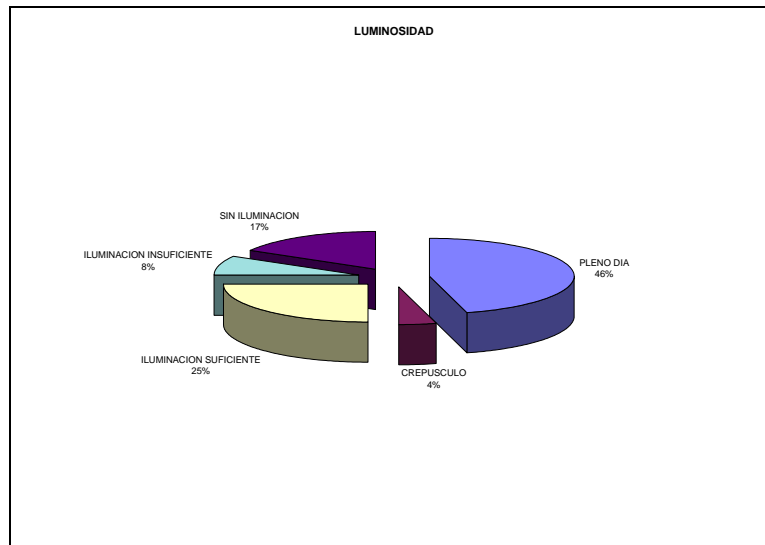
El porcentaje de accidentalidad de todos los vehículos es muy parecido en el caso de calzada seca y limpia (82%); sin embargo, en este caso un 13% de los accidentes suceden en caso de superficie de rodadura mojada, aspecto lógico y que no aparece en el caso de vehículos de dos ruedas debido al hecho de que en condiciones meteorológicas adversas es más difícil encontrar vehículos de dos ruedas circulando por nuestras carreteras.

El porcentaje de accidentes que se producen con gravilla suelta, 1%, es inferior al de vehículos de dos ruedas. Además, aparece un 1% de accidentes con calzada helada.

### m) Distribución de accidentes según la luminosidad

En cuanto a la luminosidad de la glorieta, el 46% de los accidentes de vehículos de dos ruedas se producen a pleno día, un 25% se producen en condiciones nocturnas con suficiente iluminación, un 8% con iluminación insuficiente y un 4% en crepúsculo. En glorietas sin iluminación se producen un 17% de los accidentes de vehículos de dos ruedas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

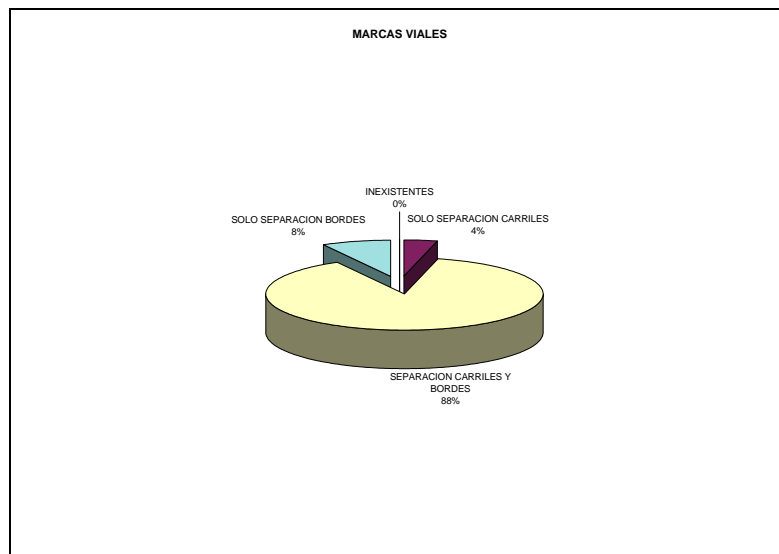


Comparando estos datos con los de accidentalidad de todos los vehículos, se observa una tendencia similar, más de la mitad de los accidentes (56%) ocurren a pleno día, en condiciones nocturnas con suficiente iluminación un 14%, cuando la iluminación es insuficiente o inexistente se producen un 8% y un 19% de los accidentes respectivamente y en caso de crepúsculo un 3%.

### n) Distribución de accidentes atendiendo a las marcas viales

La accidentalidad de vehículos de dos ruedas atendiendo a criterios relacionados con las marcas viales refleja que un 88% de los accidentes se producen en glorietas en las que existe separación de carriles y marcas de borde de la calzada, porcentaje similar al que se recoge en el caso de accidentes en los que se ven implicados todo tipo de vehículo (90%).

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



En el caso de que sólo exista la marca vial de borde de calzada los porcentajes de accidentes son de un 8% en el caso de vehículos de dos ruedas y de un 2% para el caso de todo tipo de vehículos.

Cuando la única marca vial existente en la calzada es la de separación de carriles, los porcentajes son de un 4% para motos y un 6% para todos los vehículos.

En caso de que no existan marcas viales en la calzada, no se reflejan accidentes en vehículos de dos ruedas y se produce un 2% en todos los vehículos.

### o) Distribución de accidentes según la prioridad de paso

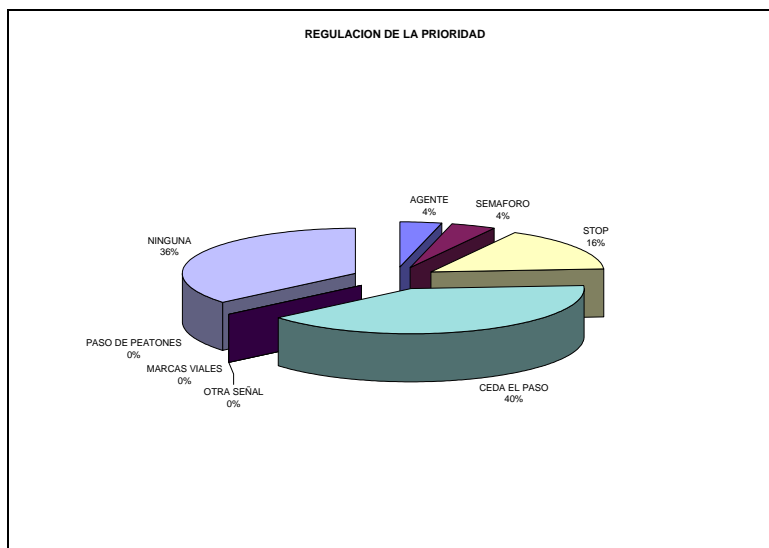
La regulación de la prioridad de paso, aspecto fundamental en el funcionamiento de una glorieta, incide en la accidentalidad con un 40% de los accidentes de vehículos de dos ruedas en el caso de regulación mediante señalización vertical R-1, "Ceda el paso". Este porcentaje, para el caso de accidentes de todos los vehículos, es algo menor (30%).

Con un 36% de la accidentalidad de vehículos de dos ruedas, se encuentran las glorietas en las que no hay ningún tipo de regulación de prioridad, se entiende que se rigen por la



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

normativa genérica. Existe una gran diferencia en el caso de todos los vehículos puesto que el porcentaje desciende hasta el 2%.



Cuando la regulación se hace mediante señal del tipo R-2, "STOP", el porcentaje de accidentes en vehículos de dos ruedas es del 16%, siendo muy similar (13%) para el caso de todos los vehículos.

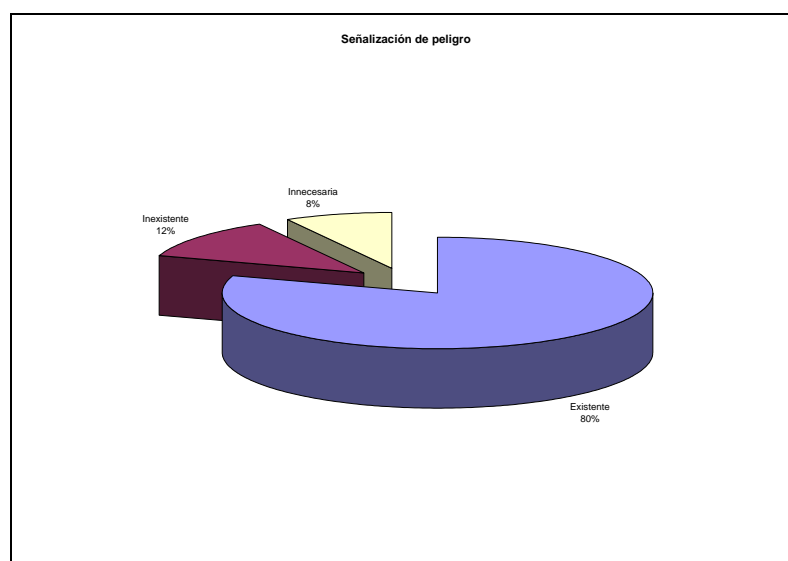
En caso de regulación semafórica o mediante agente de tráfico el porcentaje de accidentes en ambos casos, para vehículos de dos ruedas, es del 4%. Sin embargo, dicho porcentaje, para el caso de todos los vehículos, aumenta a un 5% en glorietas con regulación semafórica y desciende a un 1% para glorietas reguladas mediante agente.

Por último hacer referencia a que en el caso de accidentes de vehículos de dos ruedas no se producen accidentes en los casos en los que sólo hay marcas viales como regulación de la prioridad de la glorieta, no sucediendo lo mismo para el caso de todos los vehículos, en donde el porcentaje de accidentalidad es del 10% para glorietas con este tipo de regulación.

p) Distribución de accidentes según señalización de peligro

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

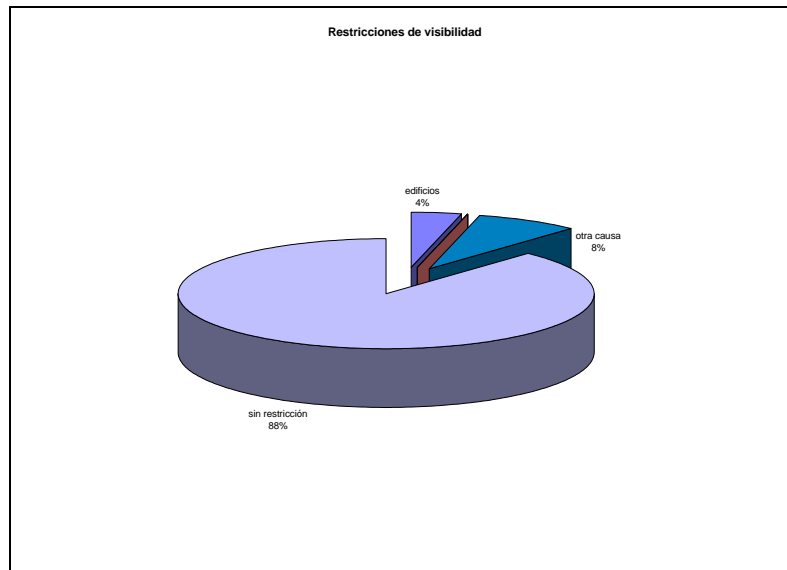
Al estudiar la accidentalidad de los vehículos de dos rueda atendiendo a la existencia de señalización de peligro (se entiende señalización vertical con señales tipo P-4 situadas en todas las carreteras de acceso a la glorieta y a una distancia de 200 m) se observa que en el 80% de los accidentes existe este tipo de señalización siendo inexistente en un 12% de los casos e innecesaria en un 8%. Estos porcentajes se mantienen sin grandes oscilaciones para el caso de todos los vehículos, siendo los mismos un 80% en caso de existir señalización, un 9% en caso de señalización inexistente y un 11% en caso de no necesitar señalización.



### q) Distribución de accidentes según la visibilidad

La adecuada visibilidad de la glorieta y sus accesos es determinante en cuanto a accidentalidad se refiere, sin embargo, el 88% de los accidentes de vehículos de dos ruedas se producen en glorietas sin restricción de visibilidad; este porcentaje disminuye al 75% en el caso de accidentes de todos los vehículos.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



Cuando existen restricciones de visibilidad originadas por edificios el porcentaje de accidentes en vehículos de dos ruedas es del 4% (3% en el caso de todos los vehículos). Y en caso de existencia de restricciones por otra causa el porcentaje es del 8%.

### *5.7.2 ACCIDENTE CARACTERÍSTICO EN GLORIETAS*

Del análisis minucioso de todas las estadísticas antes referenciadas, se puede inferir cuales son las características básicas de la tipología de accidente que sufre un vehículo de dos ruedas cuando circula sobre una glorieta.

Para dicho análisis y siguiendo la línea de trabajo presentada en los apartados anteriores, se van a identificar dichas características por comparación directa con la totalidad de accidentes ocurridos en estos puntos singulares durante el periodo de estudio.

Dichas características diferenciadoras son las siguientes:

- Destacar el notable descenso de la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas durante los Domingos, aspecto enormemente significativo a la vez que chocante dada la

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

gran cantidad de vehículos de dos ruedas que circulan por nuestras carreteras en esos días.

- Con respecto a las horas de ocurrencia de los accidentes, cabe destacar la preponderancia de las 3 y 24 horas lo que, unido al predominio de la accidentalidad en los Sábados, hace previsible la justificación en torno a conductas inadecuadas
- Con respecto a la distribución mensual destaca la aparición de dos meses de verano con unos elevados índices de accidentalidad, Julio y Agosto, meses que no aparecen como significativos en las estadísticas de la totalidad de los vehículos. Sin duda ha de tenerse en cuenta las idóneas condiciones climáticas de estos meses para que en ellos se realice un importante porcentaje de kilómetros con respecto a la totalidad del año.
- Resulta significativo el distinto comportamiento de la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas en función del ancho de carril presentando un comportamiento sensiblemente distinto al resto de los vehículos, de tal manera que unas elevadas anchuras de carril (por encima de 3,75 m) suponen un evidente elemento de distorsión para las motocicletas.
- Otro aspecto de importancia es la significativa diferencia que se produce con respecto a las características de la colisión presentando, el caso de las motos, una elevada preponderancia de las colisiones fronto-laterales sin duda debido a una deficiente estimación de las velocidades de aproximación del resto de los vehículos.
- Destacar también la aparición de un porcentaje pequeño, pero representativo, de accidentes en cuya primera causa puede ser identificada la presencia de gravilla suelta o restos de aceite o grasa sobre el pavimento, aspectos que en ningún caso son tan claramente identificados para la accidentalidad del resto de los vehículos.
- El último aspecto que merece nuestra atención es el de la gran cantidad de accidentalidad que se produce en gloriets sin regulación específica alguna,

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

lo que se puede interpretar o bien como una deficiente interpretación de las mismas por parte de los conductores de motocicletas o bien como un abuso de este conductor, dadas las considerables ventajas que ofrece la diferencia de prestaciones de la motocicleta con respecto al vehículo de cuatro ruedas.

### *5.7.3 RECOMENDACIONES DE DISEÑO*

#### a) Conceptos básicos

Las glorietas, o intersecciones giratorias son las compuestas por una calzada circular que discurre alrededor de una islote central al que llegan varias vías.

Existen múltiples variedades de glorietas, las denominadas miniglorietas, o glorietas con islote central de pequeño diámetro, pueden proporcionar capacidades importantes de tráfico pero presentan serias dificultades para vehículos pesados; las grandes glorietas, que inducen a altas velocidades sin aumentar la capacidad y ocupando gran espacio; las glorietas de tamaño medio, que son la tipología más habitual utilizada hoy día y por tanto será la tipología sobre la que recaerá el presente análisis.

El retraso que las glorietas imponen a los distintos tráfico que por ella circulan es la principal desventaja que ofrece este tipo de intersecciones, puesto que obligan a todas las corrientes de tráfico que a ella se aproximan a reducir su velocidad y ceder la prioridad de paso a los vehículos que se encuentran circulando por la calzada anular.

Su competitividad reside en las grandes prestaciones y posibilidades que ofrecen, a cambio de una pequeña ocupación de suelo y de unas inversiones en construcción y en mantenimiento bastante reducidas, al compararlas con las necesarias en otros tipos de actuaciones propuestas, como es el caso de las intersecciones semafóricas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### c) b) Criterios de diseño

En cuanto a los criterios de diseño se siguen dos premisas fundamentales, conseguir la máxima capacidad y ofrecer la máxima seguridad, en todas y cada una de las glorietas que se diseñan.

#### b.1) Visibilidad y percepción de las glorietas

Las glorietas no dejan de ser elementos interpuestos en el flujo normal de tráfico que inciden negativamente en la normal circulación de los conductores, por tanto, debe ser norma de obligado cumplimiento que la glorieta sea absolutamente perceptible y reconocible desde todas y cada una de las vías de acceso, y a una distancia suficiente para permitir a los conductores adaptar la velocidad de sus vehículos a la velocidad máxima permitida en la calzada circular.

Para conseguir una adecuada percepción de la glorieta es imprescindible la existencia de un área despejada de obstáculos, y vegetación, que puedan interferir en la visibilidad de los conductores, ya que una adecuada visibilidad de las entradas de las glorietas es la garantía para que el conductor, que a la glorieta se aproxima, pueda realizar su maniobra en unas buenas condiciones de seguridad.

En este sentido merece la pena ser destacado las buenas conclusiones de un reciente estudio realizado por la AEC, financiado por la Fundación MAPFRE, en el que se incorporó a la señalización vertical de la glorieta una iluminación externa mediante LEDs alimentados por energía solar, sin duda las consecuencias de este estudio inciden en la necesidad de una mejor y más clara identificación de estos puntos singulares de la carretera.

En general en la bibliografía consultada, se propone una distancia mínima de visibilidad a la izquierda y derecha de 50 m aunque, debido a que esta distancia permite la incorporación al flujo de tráfico en la calzada anular en el caso de que la velocidad de aproximación sea

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

inferior a 50 Km/h, se estima necesario una mayor distancia de visibilidad de la glorieta.

### 5.7.3.1.1 b.2) Islote central

La forma y tamaño del islote central es determinante a la hora de ofrecer una mayor seguridad y comodidad al conductor en su recorrido, en general, se recomiendan islotes circulares, o en su defecto elipsoidales de baja excentricidad (en torno a 0,6).

Los islotes de pequeño radio implican radios de giro pequeños y trayectorias casi tangenciales (es decir, recorrido de la glorieta a gran velocidad); los de radio grande requieren mayor suelo disponible, permiten mayores velocidades y no aumentan en gran medida la capacidad de la glorieta, aumentando, sin embargo, la inseguridad en su recorrido.

Por tanto, se recomiendan las glorietas de islote central de radio medio, comprendido entre 15 y 30 m

### 5.7.3.1.2 b.3) Anchura de la calzada

El ancho de la calzada anular está condicionado por dos cuestiones, la primera es la capacidad de la glorieta y la segunda el sobreancho necesario para garantizar la maniobra de los vehículos articulados, cuanto menor sea el radio del islote central mayor será el sobreancho necesario a añadir a la anchura del carril.

En definitiva, para radios de 15 m, con un bajo porcentaje de pesados, la anchura mínima del carril será 4,8 m, aumentando a 5,1 m si el porcentaje de pesados supera el 10%, y añadiendo 0,3 m ó 0,5 m en el caso de que el carril tenga bordillo a uno o ambos lados respectivamente. Para radios mayores se recomienda una anchura constante entre 5 y 6 m para un carril y de 8 a 10 m para calzada de dos carriles.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Este tipo de recomendación entendemos que es una de las que más pueden afectar al conductor de motocicleta puesto que, como se ha visto anteriormente en el análisis estadístico, el excesivo ancho de carriles supone un aumento significativo de los ratios de accidentalidad de estos vehículos. No en vano anchuras de estas características suponen no sólo la posibilidad de un claro aumento de la velocidad sino el posibilitar al conductor a la modificación sucesiva de su trayectoria, llegando incluso a tener espacio suficiente para realizar diferentes maniobras de zigzag.

### b.4) Peralte

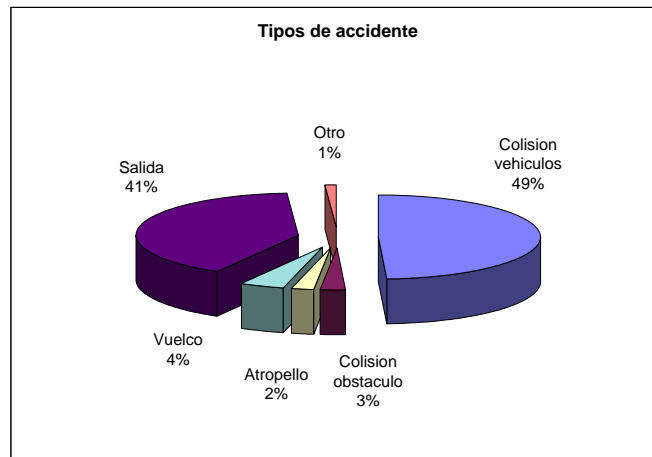
No hay duda sobre la necesidad de evacuación del agua en las glorietas, la tendencia seguida en el diseño propone el establecimiento de un contraperalte que, si bien a primera vista puede parecer adecuado, aumenta el par de vuelco de los vehículos, y por tanto la incomodidad y la inseguridad en el recorrido de la glorieta.

Es por tanto, necesario construir la calzada anular peraltada hacia el interior, hacia el islote central, ya que de este modo se consigue evacuar las aguas y disminuir el riesgo de accidentes producidos por salida de calzada.

Sin duda es este aspecto uno de los que presenta una mayor complejidad, dado que si bien está claro que teóricamente el peralte idóneo es el referenciado en el párrafo anterior, este tipo de disposición supondría no pequeños problemas técnicos de construcción y también probablemente problemas puntuales con la recogida de aguas pluviales. No obstante, dada la significancia de este aspecto, quizá resultase conveniente profundizar en estos términos.



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas



### b.5) Perfil longitudinal

La calzada anular debe ubicarse en una plataforma continua de terreno llano, con un margen del 3% en la pendiente del perfil longitudinal de la misma y debe evitarse los cambios de pendiente frecuentes en la calzada anular.

### b.6) Ramales de entrada y salida

La capacidad y seguridad de la glorieta no está determinada por el número de brazos sino por la disposición de cada uno de ellos. La distancia mínima recomendada entre un ramal de entrada y el siguiente de salida es del orden de 20 m, para asegurar que el ángulo de cruce de los vehículos entrantes y salientes sea de baja peligrosidad (ángulo comprendido entre 20° y 60°).

La mejor disposición de ramales en una glorieta es aquella que permite una localización equidistante de los mismos, favoreciendo así la comprensión de la glorieta.

La dirección de los ejes de los ramales debe pasar por el centro del islote central, o en su defecto, que la mayor parte del islote central quede situado a la derecha del eje de la carretera.

### b.7) Geometría de las entradas

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

El ángulo con el que los vehículos realizan la entrada a las glorietas es el parámetro de mayor importancia en la disposición de los ramales de entrada y salida. Para que la incorporación se realice en condiciones óptimas, el ángulo de entrada debe estar comprendido entre 20° y 60°.

Es interesante la construcción de isletas que permitan canalizar el tráfico de entrada a las glorietas (anchura mínima 12 m, longitud mínima 15 m).

Para aumentar la capacidad de las entradas puede construirse un abocinamiento de las mismas, ampliación de la anchura para que quepa más de una fila de vehículos.

### b.9) Geometría de las salidas

Las salidas deben tener curvas circulares con radios comprendidos entre 25 y 100 m. La anchura recomendable de los carriles es 5 m para carreteras de un carril por sentido, y 4,5 m para el caso de dos carriles por sentido.

### b.10) Vías directas de giro a la derecha

Las vías directas de giro a la derecha están indicadas en caso que el porcentaje de giros sea importante (más de 300 v/h en hora punta o más del 50% del total entrante por la vía). Estas vías deben separarse de la calzada anular mediante isletas de 5 m de anchura.

### b.11) Señalización

#### 5.7.3.1.2.1

#### VERTICAL

Señal P-4: “Peligro glorieta”, se sitúa en todas las carreteras de acceso a una distancia de 200 m del borde de la glorieta. Si la carretera es de 2 carriles por sentido se colocan dos señales tipo P-4, en el arcén y la mediana respectivamente.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Señal S-200: “Panel de preseñalización de glorieta” situado a 100 m de la señal P-4.

Señal 401a: “Paso obligatorio”, en el inicio de las isletas deflectoras de todos los accesos.

Señal R-1: “Ceda el paso”, en la intersección entre la calzada circular con las carreteras de acceso. Cuando la entrada tenga más de 1 carril se coloca a ambos lados. A 150 m de la intersección se sitúa otra señal de “Ceda el paso” con la leyenda “150 m”.

Señal R-101: “Prohibido el paso”, para evitar la entrada de vehículos en vías de sentido contrario. Suelen montarse en el reverso de las señales R-1

Señal R-402: “Intersección de sentido giratorio obligatorio”, en el islote central, frente a todas las vías de entrada. Se acompaña de dos paneles direccionales, uno a cada lado de la señal.

Señal S-300 o S-310: “Señales orientativas”, en las isletas deflectoras para indicar la dirección de la salida.

Señal S-600 o S-610: “Señales de confirmación de itinerario”, en las salidas, al final de las isletas deflectoras.

### HORIZONTAL

En la zona de encuentro de los ramales de acceso con la calzada anular, se debe disponer una línea de ceda el paso, señal M-4.2 y acompañarla por la señal M-6.5 (triángulo invertido).

En la calzada anular se debe disponer la señalización de borde, tanto interior como exterior (salvo en las entradas y salidas), y si la calzada es de dos o más carriles se debe delimitar la

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

separación entre ellos mediante marcas del tipo M-1.3 (líneas longitudinales discontinuas indicadas para vías con velocidad máxima inferior a 60 Km/h).

### b.12) BALIZAMIENTO

Para mejorar la percepción, sobre todo nocturna, de la glorieta deben disponerse ojos de gato en la marca que define el borde izquierdo de las isletas deflectoras de las entradas a la glorieta. Como se ha citado anteriormente, ha dado muy buenos resultados el empleo de paneles direccionales dotados de LEDs.

### b.13) PAISAJISMO

Las especies arbustivas bajas son una medida adecuada para evitar el agravamiento de accidentes por pérdida de control, deslumbramiento e invasión del islote y bordes del anillo, ya que tienden a amortiguar los choques.

De igual modo, para evitar una mayor gravedad en los accidentes no deben colocarse bordillos en torno a la calzada anular, o en caso contrario estos deben situarse al menos a 1 metro de la línea blanca de delimitación de la calzada.

### b.14) ILUMINACIÓN

La iluminación en las glorietas debe incidir directamente sobre los vehículos ya que, debido a la disposición de las vías, no hay un adecuado contraste de los elementos sobre el fondo.

La altura de la fuente de luz en la glorieta debe ser la misma que la de las luminarias situadas en la vía principal, es muy recomendable que dicha altura se mantenga constante en el resto de las vías que confluyen en la glorieta. El nivel de iluminación en la zona central de la glorieta debe ser al menos 1,5 veces el nivel medio de iluminación de la vía principal.

En las glorietas cuyo círculo interior tenga un diámetro menor que 18 m debe instalarse en

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

su centro un báculo de brazo múltiple, o un punto de luz en columna.

En las glorietas cuyo círculo interior sea mayor que 18 m, o glorietas con arbolado, en su zona central se deben colocar 2 luminarias por cada vía de acceso, una de ellas en el punto de confluencia de la vía con la glorieta y la otra en la prolongación del eje de circulación de la vía sobre zona central de la glorieta, retranqueados de 0,8 a 1 m del bordillo exterior.

Los puntos de luz en las prolongaciones de los ejes de circulación de las vías puede resolverse con una única luminosa de gran altura en su centro o bien con varias luminarias.

Las glorietas de tamaño medio, pueden iluminarse mediante uno o dos postes de gran altura, situados en el centro.

Las vías de acceso a la glorieta deben iluminarse en la zona de confluencia con aquélla, 60 m. Cuando dichas vías de acceso estén iluminadas la iluminación deberá reforzarse para permitir su correcta identificación.

Si las vías de acceso son muy anchas hay que colocar al menos una luminaria en cada una de las isletas de canalización de los accesos.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 6 RESUMEN DEL ESTUDIO

#### **6.1 Introducción**

En España, en 1997, el parque de vehículos de dos ruedas suponía el 6.53 % del total, mientras que este tipo de vehículos se vio involucrado en el 23 % de accidentes con víctimas y en el 13 % de los accidentes con víctimas mortales

En el presente estudio se va a realizar un análisis de los accidentes sufridos por las motocicletas que permita conocer las condiciones y circunstancias en las que se producen éstos y poder así sugerir unas recomendaciones, relacionadas tanto con la infraestructura como con el equipamiento, que permitan igualar al menos los niveles de seguridad de las motocicletas a las del resto de los vehículos.

#### 6.1.1 Evolución del parque de motocicletas

Tras una etapa de crecimiento continuado del parque de motocicletas durante el período 1987-93 se ha producido un estancamiento de éste desde el año 1993. En la actualidad, según datos de la DGT, el parque de motocicletas suma un total de 1.326.333 vehículos.

#### 6.1.2 Edad y siniestralidad

Grupo de edad	% sobre total titulares A-2	% fallecidos en accidentes (A-2)
18-24 años	8%	45%
25-44 años	39%	39%
45-64 años	39%	12%
65-74 años	12%	4%

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 6.1.3 Evolución de la accidentalidad

La tendencia de disminución de la accidentalidad iniciada en el año 1991, año en el que alcanzó su máximo con 1171 fallecidos, y continuada hasta el año 1996 se ha visto truncada por un incremento del número de fallecidos en el año 1997 (900) respecto al año anterior (845).

### 6.1.4 Tipología de los accidentes

#### a) Tipo de carretera

La tipología de carreteras que tiene mayor incidencia en la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas es la carretera convencional que registra el 69 % de los accidentes. También es significativa la incidencia de la autovía con un 23,8 % de la accidentalidad. Los demás tipos de carretera tienen una incidencia casi despreciable.

#### b) Tipo de vehículos implicados

En el 52% de los accidentes el único vehículo implicado es la motocicleta mientras que un 48 % de las ocasiones el accidente se produce por colisionar ésta contra otro vehículo. De estas colisiones el 71% se producen contra turismo, un 4% contra furgonetas, un 6 % contra vehículo pesado y un 15% contra otros vehículos.

De estos datos se deduce que los esfuerzos realizados deberán encaminarse a reducir los accidentes sufridos por motos aisladas o por colisiones moto-turismo, ya que éstos suponen el 86% de los accidentes totales.

#### c) Lugar del accidente

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Aproximadamente el 79.7% de los accidentes se producen fuera de intersección. De los que se producen en una intersección el 52.2% ocurren en las de tipo T o Y y el 25.6% en las de tipo X o +. El resto de ellos tienen una incidencia poco significativa.

De los accidentes ocurridos fuera de intersección un 47 % de éstos se producen en tramos curvos y un 43% en rectas. De los producidos en curva un 13% corresponde a curva suave, y un 34% al caso de curva pronunciada.

### d) Tipo de accidente

De la totalidad de accidentes producidos, un 37% corresponde al caso de colisiones con vehículos en marcha; un porcentaje bastante similar (33%) corresponde a salidas de la calzada; un 13 % al caso de pérdida de equilibrio por parte del motorista debido a causas variadas; por último el mismo porcentaje (7%) corresponde a los casos de atropello y colisión con algún obstáculo.

### e) Factores atmosféricos

En contra de lo que podría ser previsible, se aprecia que la inmensa mayoría de los accidentes sufridos por vehículos de dos ruedas se producen en condiciones atmosféricas favorables (casi el 95%). No obstante este hecho no es del todo ilógico ya que el tráfico de este tipo de vehículos, debido a su exposición a los agentes atmosféricos, se reduce de forma drástica cuando las condiciones climáticas no son favorables.

### f) Luminosidad

La mayoría de los accidentes (69%) ocurren durante el día, representando un 27% los ocurridos durante la noche. De los accidentes ocurridos durante la noche un 45% (14% con respecto a la totalidad de los accidentes) tienen lugar en zonas sin iluminar.

## **6.2 OPINION DE LOS USUARIOS DE VEHICULOS DE DOS RUEDAS**



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 6.2.1 Resultados encuesta lectores revista MOTOCICLISMO

A continuación se muestran las valoraciones otorgadas por los lectores de la revista motociclismo a distintos grupos de actuaciones propuestas:

Medidas relacionadas con ....	MUY INTERES.	INTERES.	POCO INTERES.
EL MOTORISTA	75%	23%	2%
EL EQUIPAMIENTO PERSONAL	79%	19%	2%
LA MOTOCICLETA	53%	33%	14%
LAS INFRAESTRUCTURAS	86%	12%	2%
LA LEGISLACIÓN	51%	28%	21%
LAS CAMPAÑAS DIVULGATIVAS	63%	19%	18%

Asimismo se recibieron múltiples y valiosas sugerencias que por su extensión no han sido recogidas en este resumen pero sí aparecen en el informe íntegro.

### **6.3 ANALISIS DE LA INFRAESTRUCTURA**

#### 6.3.1 Parámetros de trazado

##### a) Curvas de transición recta-curva

Según estudios llevados a cabo por científicos anglo-americanos, la transición recta-curva realizada mediante una clotoide de radio creciente en carreteras convencionales interurbanas resulta mucho más peligrosa que aquellas curvas en las que no existe transición.

Dicha transición provoca que el conductor perciba inicialmente un radio de curvatura menor al que realmente tiene el tramo curvo, por lo que no se percata de su

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

curvatura real hasta haber entrado ya plenamente en la curva, muy probablemente a una velocidad mayor a la que dicha geometría obligaría, lo que origina casi irremediablemente, una caída.

La importancia del presente punto es tal que merecería un estudio particularizado que, obviamente, se escapa a las posibilidades del presente informe.

### b) Transición de peraltes

Existen en nuestras carreteras ciertos puntos, situados en tramos curvos en los que, para mejorar el drenaje, se producen inclinaciones del peralte de signo contrario. Esta circunstancia es muy peligrosa para el motorista que, al circular “tumbado” por el tramo curvo se encuentra con un cambio de peralte que origina un incremento del ángulo de inclinación relativo respecto al pavimento, con el consiguiente riesgo de caída.

El proyectista debe ser consciente de la peligrosidad que los mencionados cambios de peralte representan para el motociclista y evitar, en la medida de lo posible, su presencia en los trazados de nuestras carreteras.

## 6.3.2 Firme

### a) Importancia de un firme en buen estado

Estudios recientes revelan que el tiempo que el conductor de un vehículo de dos ruedas emplea en observar el estado del pavimento, tiempo durante el cual no está prestando atención al entorno por el que circula, es mucho mayor que el empleado por el conductor de un turismo. Por ello, capas de rodadura en mal estado en zonas conflictivas (intersecciones o curvas fuertes) pueden dar lugar a accidentes por desviar la atención del conductor hacia el pavimento en lugar de fijarla en la dificultad que se le aproxima.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

La motocicleta requiere la construcción y mantenimiento de la capa de rodadura con niveles de calidad, de adherencia y uniformidad más exigentes que los requeridos para turismos.

### b) Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento debería ser suficiente para que los conductores pudieran realizar las maniobras normales sin que los vehículos deslizaran. En realidad es posible conducir un vehículo aun cuando sus ruedas deslizan, pero son muy pocos los conductores no profesionales que son capaces de hacerlo. La mayor parte de ellos se asustan en estas situaciones y sus reacciones generalmete agravan el problema.

Como se ha visto anteriormente, las aceleraciones de frenado o centrífugas durante los giros rara vez superan los  $4 \text{ m/s}^2$ . Por ello, parecería que un valor del coeficiente de resistencia al deslizamiento del orden de 0,4 a velocidades medias (de 50 a 80 km/h) sería suficiente en la mayor parte de los casos. Sin embargo, factores tales como el mal reparto de la carga entre los ejes, las deficiencias del sistema de frenado, etc. pueden producir el deslizamiento en algunas carreteras, aunque la aceleración media no sobrepase los  $4 \text{ m/s}^2$ . Por ello, en algunos puntos como curvas muy cerradas, accesos a intersecciones donde muchos vehículos deben frenar, etc., puede ser necesario obtener valores más elevados de resistencia al deslizamiento.

Posiblemente, el método más racional para determinar los valores aceptables de la resistencia al deslizamiento sea el de relacionar los índices de accidentes registrados en distintos tramos con el coeficiente de resistencia al deslizamiento medido en los mismos. Ya que los pavimentos secos no ocasionan ningún problema de deslizamiento, se deben estudiar los accidentes ocurridos cuando la calzada está mojada y en los que alguno de los vehículos implicados haya deslizado. Se han realizado estudios muy extensos de este tipo en Gran Bretaña. De ellos se deduce que el riesgo que existe de accidentes por deslizamiento en un cierto punto de la carretera aumenta muy rápidamente

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

cuando el coeficiente de resistencia al deslizamiento a 50 km/h es menor de 0,40, mientras que es muy pequeño cuando este coeficiente es mayor que 0,50.

El riesgo que existe de accidentes por deslizamiento en un cierto punto de la carretera aumenta muy rápidamente cuando el coeficiente de resistencia al deslizamiento a 50 km/h. es menor de 0,40 . Se puede considerar que si el coeficiente es mayor de 0,5 apenas se producirán accidentes por este motivo.

Naturalmente, en ciertos puntos, como curvas de pequeño radio, el riesgo de accidentes es mayor que en secciones de mejor trazado. En carreteras de alta velocidad de diseño como las autopistas, el riesgo de accidentes está más directamente relacionado con la resistencia al deslizamiento a mayor velocidad.

En la Tabla 1 se recogen los valores mínimos deseables del coeficiente de resistencia al deslizamiento propuestos en 1970 por el Comité Marshall de Gran Bretaña, en que se pone de manifiesto la influencia de las características del tramo.

T A B L A 1		
Categoría según características del tramo	Resistencia al deslizamiento	
	V de medida (km/h.)	CRT transversal (mínimo deseable)

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

TRAMOS MUY DIFÍCILES:  Glorietas Curvas de menos de 150 m. de radio, en carreteras sin limitación de velocidad Pendientes iguales o superiores al 5% y más de 100 m. de longitud Accesos a intersecciones con semáforos, en vías sin limitación de velocidad	50	0,55
TRAMOS DE TIPO MEDIO:  Autopistas y otras carreteras de alta velocidad (superior a 95 km/h.) Carreteras principales y vías urbanas con más de 2.000 vehículos/día	50 80 50	0,50 0,45 0,50
OTROS TRAMOS:  Carreteras generalmente rectas, con pendientes y curvas suaves, sin intersecciones y libres de factores que puedan provocar situaciones de emergencia	50	0,40

### c) Sellado de grietas

La presencia de grietas, debidas a multitud de factores, tiene consecuencias nefastas para la base de una carretera ya que a través de ésta se filtra agua, lo que puede producir graves deterioros. Para evitarlo se realizan periódicamente operaciones de sellado, empleando para ello un ligante de características especiales.

El problema radica en que el material empleado es, cuando existe agua en el pavimento, altamente deslizante. Tiene un valor del coeficiente de rozamiento de aproximadamente un tercio del correspondiente al pavimento normal, que además varía de forma

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

notable dependiendo de las condiciones climatológicas ( el ligante mojado tiene una adherencia similar a la del hielo).

En la práctica, esta disminución del coeficiente de rozamiento se traduce en:

- El máximo ángulo de inclinación soportable pasa de unos 45°, con pavimento normal, a 15° cuando se circula sobre una grieta sellada con ligante.
- Se duplica o triplica la distancia de frenado.
- Las posibilidades de caída debido al paso sobre zonas de distinta adherencia al trazar una curva son muy altas.

Por todo ello se recomienda el uso de productos específicos (p.e. Fugenplus - STO Flex APS ) para el sellado de grietas que eliminen los inconvenientes del ligante tradicional empleado hasta ahora.

### 6.3.3 Señalización horizontal

#### a) Pintura con resaltos

El empleo de la pintura con resaltos tiene ventajas incuestionables, entre las que se encuentran:

- Incrementan la visibilidad de la señalización en condiciones desfavorables, como lluvia, etc. Este efecto se debe a que el resalto emerge sobre la película de agua, manteniendo así sus propiedades retrorreflectantes.
- El contacto neumático-resalto produce una vibración que previene al conductor antes de salirse de la calzada.

No obstante, si los resaltos no son dispuestos ateniéndose a unos determinados criterios,

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

pueden resultar peligrosos para los vehículos de dos ruedas. Esto se debe a por los siguientes motivos:

- Las alturas de resalto de 13 mm originan problemas a la hora de mantener la dirección del vehículo, dichos problemas se acentúan más en motocicletas de rueda grande.
- Los resaltos originan graves problemas de estabilidad cuando se circula sobre la pintura con resalto en tramos curvos.
- Cualquier marca vial representa una barrera para el drenaje del agua que discurre por la calzada. Los factores que influyen en dicha retención son: grosor de la marca vial, pendiente longitudinal, pendiente transversal, intensidad de la precipitación y anchura de la calzada.

### a.1 ) Recomendaciones

- No emplear resaltos de más de 10 mm. de altura.
- El espaciamiento entre resaltos no debe ser inferior a los 500 mm
- No emplear pintura con resalto en curvas de menos de 1000 m de radio.
- El grosor de la marca vial sobre la que se instalan los resaltos no debe ser superior a los 3-4 mm.

### b) Pasos de cebra en zonas urbanas

Los pasos de cebra, debido a su bajo coeficiente de rozamiento, constituyen uno de los mayores peligros para la circulación de motocicletas en el entorno urbano. La presencia de éstos en curva, junto a la existencia de agua sobre la capa de rodadura puede ocasionar caídas de graves consecuencias.

Las soluciones que se plantean son:

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Empleo de pinturas antideslizantes (obligar a su empleo en aquellos pasos de cebra situados en alineaciones curvas).
- Fresado de la zona pintada.

### 6.3.4 Señalización vertical

En el diseño de los postes que sustentan las señales intervienen consideraciones de todo tipo: durabilidad, facilidad de mantenimiento, resistencia ante las acciones a las que se verá sometido, etc. Pero hay un factor importante que no se tiene en cuenta: la “agresividad” de éste en el hipotético caso de que un motorista o un vehículo impacte contra él. Los postes sustentadores son dispositivos rígidos que no cuentan con ningún sistema de amortiguación que permita disminuir el impacto.

Tras largas investigaciones se diseñó un nuevo poste de sujeción “rompible” que, manteniendo su capacidad resistente, resultan menos agresivo en caso de impacto.

El coste de implantación de estos postes “rompibles” es alto, por lo que se recomienda su uso en aquellas zonas en las que se hayan detectado unos elevados ratios de accidentalidad por salida de calzada.

### 6.3.5 Sistemas de contención

Para mejorar y mantener la seguridad en las carreteras, el proyecto de las mismas requiere la ubicación, en ciertos tramos y puntos característicos, de dispositivos de contención que eviten que vehículos y peatones entren en zonas peligrosas o colisionen con obstáculos.

Por todo ello el proyectista, a la hora de diseñar los sistemas de contención, deberá tener muy presentes los siguientes puntos:



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Las barreras de seguridad son obstáculos por sí mismos y deben ser utilizados sólo cuando su ausencia suponga más peligro que su presencia.
- Al proyectar una carretera se debe tratar de minimizar el uso de barreras tanto como sea posible.
- Las barreras deben considerarse siempre como la última opción. Es mucho más seguro ensanchar los arcenes, suavizar la pendiente de los taludes o, cuando se trate de un obstáculo, trasladarlo si es posible (ver figura posterior).
- Si la instalación de sistemas de contención es inevitable, deberá procederse a diseñar éstos de modo que, en el hipotético caso de un impacto contra éstos, las consecuencias sean lo más leves posibles. Esta menor “agresividad” se puede lograr mediante:
  - Instalación de postes C.
  - Instalación de doble bionda inferior.
  - Instalación de protectores de bionda.
  - Instalación de protectores de poste.
  - Instalación de guardacantos sobre los bordes de la bionda.

El coste de instalación de algunos de estos dispositivos es elevado, por lo que su implantación deberá restringirse a aquellos puntos en los que se haya detectado una elevada siniestralidad entre las motocicletas.

### 6.3.6 Rejillas en zonas urbanas

Las rejillas suponen, especialmente para los vehículos de dos ruedas, puntos muy peligrosos debido a que el coeficiente de rozamiento de éstas es casi nulo, por lo que el riesgo de caída, sobre todo si las mencionadas rejillas se encuentran en zonas curvas, es ciertamente elevado.

Posibles medidas para disminuir su peligrosidad son:

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- No instalarlas en tramos curvos.
- Incrementar la rugosidad de la superficie de contacto.

### 6.3.7 Elementos singulares: glorietas

Las glorietas constituyen, por su configuración, un elemento en el que se producen un número importante de accidentes con implicación de vehículos de dos ruedas. Podemos pensar que el motivo de éstos puede ser una cierta inadecuación de su diseño para estos vehículos.

Del análisis minucioso de las estadísticas disponibles, se puede inferir cuáles son las características básicas de la tipología de accidente que sufre un vehículo de dos ruedas cuando circula sobre una glorieta.

Para dicho análisis, y siguiendo la línea de trabajo presentada en los apartados anteriores, se van a identificar dichas características por comparación directa con la totalidad de accidentes ocurridos en estos puntos singulares durante el periodo de estudio.

Dichas características distintivas son las siguientes:

- Destacar el notable descenso de la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas durante los Domingos, aspecto enormemente significativo a la vez que chocante dada la gran cantidad de vehículos de dos ruedas que circulan por nuestras carreteras en esos días.
- Con respecto a las horas de ocurrencia de los accidentes, cabe destacar la preponderancia de las 3 y 24 horas lo que, unido al predominio de la accidentalidad en los Sábados, hace previsible la justificación en torno a conductas inadecuadas.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Con respecto a la distribución mensual destaca la aparición de dos meses de verano con unos elevados índices de accidentalidad, Julio y Agosto, meses que no aparecen como significativos en las estadísticas de la totalidad de los vehículos. Sin duda han de tenerse en cuenta las idóneas condiciones climáticas de estos meses para que en ellos se realice un importante porcentaje de kilómetros con respecto a la totalidad del año.
- Resulta significativo el distinto comportamiento de la accidentalidad de los vehículos de dos ruedas en función del ancho de carril, presentando un comportamiento sensiblemente distinto al resto de los vehículos. De hecho, unas elevadas anchuras de carril (por encima de 3,75 m) suponen un evidente elemento de distorsión para las motocicletas.
- Otro aspecto de importancia es la significativa diferencia que se produce con respecto a las características de la colisión, presentando el caso de las motos una elevada preponderancia de las colisiones fronto-laterales; sin duda debido a una deficiente estimación de las velocidades de aproximación del resto de los vehículos.
- Destacar también la aparición de un porcentaje pequeño, pero representativo, de accidentes en cuya primera causa puede ser identificada la presencia de gravilla suelta o restos de aceite o grasa sobre el pavimento, aspectos que en ningún caso son tan claramente identificados para la accidentalidad del resto de los vehículos.
- El último aspecto que merece nuestra atención es el de la gran cantidad de accidentalidad que se produce en glorietas sin regulación específica alguna, lo que se puede justificar o bien como una deficiente interpretación de las mismas por parte de los conductores de motocicletas, o bien como un abuso de este conductor, dadas las considerables ventajas que ofrece la diferencia de prestaciones de la motocicleta con respecto al vehículo de cuatro ruedas.

a) Recomendaciones:

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### a.1) Criterios de diseño

Debe hacerse en dos premisas fundamentales: conseguir la máxima capacidad, y ofrecer la máxima seguridad en todas y cada una de las glorietas que se diseñan.

### a.2) Visibilidad y percepción de las glorietas

La glorieta debe ser absolutamente perceptible y reconocible desde todas y cada una de las vías de acceso, y a una distancia suficiente para permitir a los conductores adaptar la velocidad de sus vehículos a la velocidad máxima permitida en la calzada circular.

Para ello, es imprescindible la existencia de un área despejada de obstáculos y vegetación, que pudieran interferir en la visibilidad de los conductores.

Se propone una distancia mínima de visibilidad a la izquierda y derecha de la calzada ambas de 50 m aunque, debido a que esta distancia permite la incorporación al flujo de tráfico en la calzada anular si la velocidad de aproximación es inferior a 50 Km/h, se estima necesaria una mayor distancia de visibilidad en la glorieta.

### a.3) Islote central

Se recomiendan las glorietas de islote central de radio medio, comprendido entre 15 y 30 m

### a.4) Anchura de la calzada

El ancho de la calzada anular está condicionado por dos cuestiones: la primera es la capacidad de la glorieta, y la segunda, el sobreespacio necesario para garantizar la maniobra de los vehículos articulados. Cuanto menor sea el radio del islote central mayor será el sobreespacio necesario a añadir a la anchura del carril.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

En definitiva, para radios de 15 m, con un bajo porcentaje de pesados, la anchura mínima del carril será 4,8 m, aumentando a 5,1 m si el porcentaje de pesados supera el 10%, y añadiendo 0,3 m ó 0,5 m en el caso de que el carril tenga bordillo a uno o ambos lados respectivamente. Para radios mayores se recomienda una anchura constante entre 5 y 6 m para un carril y de 8 a 10 m para calzadas de dos carriles.

Este tipo de recomendación entendemos que es una de las que más puede afectar al conductor de motocicleta puesto que, como se ha visto anteriormente en el análisis estadístico, el excesivo ancho de carriles supone un aumento significativo de los ratios de accidentalidad de estos vehículos. No en vano, anchuras de estas características suponen no sólo la posibilidad de un claro aumento de la velocidad, sino el posibilitar al conductor la modificación sucesiva de su trayectoria, llegando incluso a tener espacio suficiente para realizar diferentes maniobras de zigzag.

### a.5) Peralte

No hay duda sobre la necesidad de evacuación del agua en las glorietas, la tendencia seguida en el diseño propone el establecimiento de un contraperalte que, si bien a primera vista puede parecer adecuado, aumenta el par de vuelco de los vehículos, y por tanto la incomodidad y la inseguridad en el recorrido de la glorieta.

Es por tanto, necesario construir la calzada anular peraltada hacia el interior, hacia el islote central, ya que de este modo se consigue evacuar las aguas y disminuir el riesgo de accidentes producidos por salida de calzada.

### a.6) Perfil longitudinal

La calzada anular debe ubicarse en una plataforma continua de terreno llano, con un margen del 3% en la pendiente del perfil longitudinal de la misma y debe evitarse los cambios de pendiente frecuentes en la calzada anular.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### A.7) Ramales de entrada y salida

La distancia mínima recomendada entre un ramal de entrada y el siguiente de salida es del orden de 20 m, para asegurar que el ángulo de cruce de los vehículos entrantes y salientes sea de baja peligrosidad (ángulo comprendido entre 20° y 60°).

La mejor disposición de ramales en una glorieta es aquella que permite una localización equidistante de los mismos, favoreciendo así la comprensión de la glorieta.

La dirección de los ejes de los ramales debe pasar por el centro del islote central, o en su defecto, que la mayor parte del islote central quede situado a la derecha del eje de la carretera.

### a.8) Geometría de las entradas

El ángulo con el que los vehículos realizan la entrada a las glorietas es el parámetro de mayor importancia en la disposición de los ramales de entrada y salida. Para que la incorporación se realice en condiciones óptimas, el ángulo de entrada debe estar comprendido entre 20° y 60°.

Es interesante la construcción de isletas que permitan canalizar el tráfico de entrada a las glorietas (anchura mínima 12 m, longitud mínima 15 m).

### a.9) Geometría de las salidas

Las salidas deben tener curvas circulares con radios comprendidos entre 25 y 100 m. La anchura recomendable de los carriles es 5 m para carreteras de un carril por sentido, y 4,5 m para el caso de dos carriles por sentido.

### a.10) Balizamiento

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

Para mejorar la percepción, sobre todo nocturna, de la glorieta deben disponerse ojos de gato en la marca que define el borde izquierdo de las isletas deflectoras de las entradas a la glorieta. Como se ha citado anteriormente, ha dado muy buenos resultados el empleo de paneles direccionales dotados de LEDs.

### a.11) Iluminación

La iluminación en las glorietas debe incidir directamente sobre los vehículos ya que, debido a la disposición de las vías, no hay un adecuado contraste de los elementos sobre el fondo.

El nivel de iluminación en la zona central de la glorieta debe ser al menos 1,5 veces el nivel medio de iluminación de la vía principal.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 7 RECOMENDACIONES FINALES

#### *7.1 Recomendaciones de trazado*

##### 7.1.1 Curvas de transición recta-curva

**Se propone la realización de un estudio que permita verificar la tesis de que las transiciones recta-curva situadas en carreteras convencionales realizadas mediante clotoides tienen unos índices de accidentalidad superiores a aquéllas en las que no existe transición.**

##### 7.1.2 Peraltes

- **Evitar que la zona de transición entre peraltes de distinto signo se produzcan en tramos curvos.**
- **Evitar los contraperaltes.**

#### *7.2 Firmes*

##### 7.2.1 Estado de conservación

**Un buen estado de conservación del pavimento redunda en un menor tiempo dedicado por el motociclista a analizar el estado de la capa de rodadura, pudiendo de este modo dedicar más tiempo a analizar el entorno por el que circula, lo que mejora su seguridad.**



## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 7.2.2 Coeficiente de rozamiento

**El riesgo que existe de accidentes por deslizamiento en un cierto punto de la carretera aumenta muy rápidamente cuando el coeficiente de resistencia al deslizamiento a 50 km/h es menor de 0,40 . Se puede considerar que, si el coeficiente es mayor de 0,5 apenas se producirán accidentes por este motivo.**

### 7.2.3 Sellado de grietas

**Se recomienda el uso de materiales específicos de alto coeficiente de rozamiento en el sellado de grietas de la capa de rodadura.**

## *7.3 Señalización horizontal*

### 7.3.1 Pintura con resaltos

- **No emplear resaltos de más de 10 mm. de altura.**
- **El espaciamiento entre resaltos no debe ser inferior a los 500 mm**
- **No emplear pintura con resalto en curvas de menos de 1000 m de radio.**
- **El grosor de la marca vial sobre la que se instalan los resaltos no debe ser superior a los 3-4 mm.**

### 7.3.2 Pasos de cebra en entorno urbano

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

- Es deseable la generalización de pinturas antideslizantes, pero hasta entonces se recomienda proceder al fresado de las pinturas existentes.
- Aplicación de pinturas antideslizantes de forma obligatoria en pasos de cebra situados en alineaciones curvas.

### *7.4 Señalización vertical*

Se recomienda la instalación de postes “rompibles” en aquellos puntos en los que se haya detectado un elevado índice de accidentes de motocicleta por salida de la calzada.

### *7.5 Sistemas de contención*

- Las barreras de seguridad constituyen obstáculos por sí mismas, por lo que su instalación se realizará únicamente si no resultan viables otras medidas alternativas como: ensanchar arcenes, suavizar taludes o trasladar obstáculos.
- En caso de que sea indispensable su instalación se tratará de:
  - Emplear postes en C.
  - Instalar protectores de poste y de bionda.
  - Instalar guardacantos.
  - Instalar doble bionda inferior.

### *7.6 Rejillas en tramos urbanos*

- No instalar este tipo de rejillas en tramos curvos.
- Incrementar la rugosidad de la superficie de contacto de éstas con los neumáticos.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### *7.7 Elementos singulares: glorietas*

- **VISIBILIDAD:** se recomienda su diseño con una distancia mínima de visibilidad dentro de la calzada anular a la izquierda y derecha de 50 m.
- **ISLOTE CENTRAL:** se recomiendan radios medios de entre 15-30 metros.
- **ANCHURA DE LA CALZADA:** se recomienda, para glorietas con islote central de 15m, la implantación de carriles que mediante una adecuada señalización horizontal permita compatibilizar una anchura de 3.75 m para vehículos ligeros y motocicletas y de 5 m para vehículos pesados.
- **PERALTE:** se recomienda el peralte hacia el interior.
- **BALIZAMIENTO:** recomendable la instalación tanto de paneles dotados de LEDS luminosos, como de ojos de gato en los contornos de las isletas deflectoras.
- **ILUMINACION:** es deseable que su nivel de iluminación sea al menos 1.5 veces superior al nivel de la vía principal iluminada
- **CONSERVACION:** es fundamental una limpieza exhaustiva de la capa de rodadura, así como la eliminación de dispositivos de riego automáticos que vierten agua sobre la capa de rodadura.

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

### 8 Bibliografía

1. ¿QUITAMIEDOS?. Josep María Armengol. MOTOCICLISMO nº 1411.
2. ANUARIO ESTADÍSTICO DE ACCIDENTES. Dirección General de Tráfico. (1997).
3. ANUARIO ESTADÍSTICO GENERAL. Dirección General de Tráfico. (1997).
4. ARTÍCULOS DE LA REVISTA LA MOTO. (1990-97)
5. ARTÍCULOS DE LA REVISTA MOTOCICLISMO. (1990-97)
6. BREAK-AWAY COMPONENTS PRODUCE SAFER ROADSIDE SIGNS. Robert M. Olson, Neilon J. Rowan y Thomas C. Edwards. Texas Transportation Institute.
7. CARRETERAS URBANAS. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Madrid. (1992)
8. DOCUMENTACION VARIADA PROPORCIONADA POR LA FEMA (Federation of European Motorcyclists' Associations).
9. ELEMENTOS DE INGENIERÍA DE TRÁFICO. Cátedra de Caminos y Aeropuertos. E.T.S.I.C.C.P de Madrid.(1989)
10. FIRMES. Cátedra de Caminos y Aeropuertos. E.T.S.I.C.C.P de Madrid.(1990)
11. FLAT EMBANKMENT SLOPE VERSUS GUARDRAIL: COMPARATIVE ECONOMY AND SAFETY. Dennis Neuzil y James S. Peet. University of Delaware.
12. INSTRUCCIÓN DE CARRETERAS. TRAZADO. NORMA 3.1 – IC. Ministerio de Fomento. (1996)
13. MARCAS VIALES. NORMA 8.2 – IC. Ministerio de Fomento. (1994).
14. MOTORCYCLE ACCIDENTS WITH GUARDRAILS. Dr. Hubert Koch. VTIRapport 343 A (1989) Proceedings of ROAD SAFETY IN EUROPE in Gothenburg, Sweden, 12-14 October 1988 – Passive Safety
15. MOTORCYCLE ACCIDENTS WITH GUARDRAILS. Hubert Koch, Reiner Brendicke. Institut fuer Zweiradsicherheit e. V. Bochum (1988)
16. MOTORCYCLE IMPACTS WITH GUARDRAILS. Robert Quincy, Dominique Vulin and Bernard Mounier. INRETS.
17. RAISED-RIB ROAD MARKINGS: RESEARCH INTO SAFETY IMPLICATIONS. Jonathan Plant. Traffic Engineering and Control ( May 1995 ).

## Recomendaciones de Infraestructura para Vehículos de Dos Ruedas

18. RECOMENDACIONES PARA EL DISEÑO DE GLORIETAS EN CARRETERAS SUBURBANAS. Comunidad de Madrid. (1995)
19. RECOMENDACIONES SOBRE GLORIETAS. Ministerio de Fomento. (1996)
20. RECOMENDACIONES SOBRE SISTEMAS DE CONTENCIÓN DE VEHICULOS. Ministerio de Fomento.
21. TRAZADO DE CARRETERAS. Cátedra de Caminos y Aeropuertos. E.T.S.I.C.C.P de Madrid.(1991)