

# LAS CARRETERAS Y LA NOCHE

## *“VER Y SER VISTO”*



Julio de 2004



## INDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2. EL PROBLEMA DE LA ACCIDENTALIDAD DURANTE LA NOCHE Y EL CREPÚSCULO.....</b>	<b>5</b>
2.1. ACCIDENTALIDAD NOCTURNA.....	5
2.1.1. ÍNDICES DE PELIGROSIDAD.....	6
2.1.2. COMPARACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD TOTAL Y LA ACCIDENTALIDAD NOCTURNA. ....	7
2.2. ACCIDENTALIDAD SEGÚN LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS. ....	9
2.3. ACCIDENTALIDAD NOCTURNA CON PEATONES Y CICLISTAS.....	10
2.3.1. DATOS GENERALES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES.....	10
2.3.2. CAUSAS DE LOS ATROPELLOS. ....	11
2.3.3. ACCIDENTALIDAD CON CICLISTAS.....	14
2.4. ACCIDENTALIDAD CON ANIMALES. ....	15
<b>3. SOLUCIONES ACTUALES ANTE LA ACCIDENTALIDAD NOCTURNA.....</b>	<b>16</b>
3.1. ILUMINACIÓN.....	16
3.1.1. ANTECEDENTES. ....	16
3.1.2. CRITERIOS GENERALES DE ILUMINACIÓN.....	18
3.2. SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	22
3.2.1. ANTECEDENTES. ....	22
3.2.2. IMPORTANCIA DE LA VISIBILIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL. ....	23
3.3. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	29
3.3.1. ANTECEDENTES. ....	29
3.3.2. IMPORTANCIA DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	31
3.4. ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO.....	31
3.5. SEÑALIZACIÓN DE OBRA.....	32
3.5.1. ANTECEDENTES. ....	32
<b>4. PUNTUALIZACIONES, DEFICIENCIAS Y CARENCIAS DE LAS SOLUCIONES ACTUALES.....</b>	<b>34</b>
4.1. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LA ILUMINACIÓN DE LAS CARRETERAS. ....	34
4.2. SITUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN ESPAÑA. ....	37
4.3. SITUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	40
4.3.1. CALIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	40
4.3.2. ANTIGÜEDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	42
4.3.3. VISIBILIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	42
4.3.4. ANÁLISIS DE OTROS ASPECTOS. ....	43
4.4. SITUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	45
4.5. SITUACIÓN DEL BALIZAMIENTO.....	50
4.6. PUNTO BLANCO.....	52
4.6.1. CONCEPTO Y ESTUDIOS REALIZADOS.....	52

4.6.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO. ....	53
4.7. LA OPINIÓN DEL USUARIO .....	54
4.7.1. VALORACIÓN SOCIAL DE LA RED DE CARRETERAS ESPAÑOLA. ....	54
4.7.2. VALORACIÓN SOCIAL DE LAS CARRETERAS DE LA CUADRILLA DE AYALA (ÁLAVA). ....	56
4.7.3. OTROS ESTUDIOS.....	57
4.7.4. ENCUESTAS A PROFESIONALES DEL TRANSPORTE.....	57
<b>5. SOLUCIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DURANTE LA NOCHE Y EL CREPÚSCULO. ....</b>	<b>58</b>
5.1. EL NUEVO REGLAMENTO. ....	58
5.2. DISPOSITIVOS REFLECTANTES PARA VEHÍCULOS PESADOS. ....	59
5.2.1. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE MARCAJE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS CON DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES .....	59
5.2.2. RECOMENDACIONES. ....	76
5.3. DISPOSITIVOS REFLECTANTES PARA PEATONES, CICLISTAS Y USUARIOS DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS. ....	77
5.3.1. ESTUDIOS ACERCA DE LA UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES.....	77
5.3.2. LA OPINIÓN DEL USUARIO EN CUANTO A LA UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD .....	78
5.3.3. RECOMENDACIONES. ....	80
5.4. RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN. ....	80
5.5. RECOMENDACIONES SOBRE SEÑALIZACIÓN VERTICAL.....	83
5.6. RECOMENDACIONES SOBRE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.....	84
5.7. RECOMENDACIONES SOBRE ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO.....	84
5.8. RECOMENDACIONES SOBRE SEÑALIZACIÓN DE OBRA .....	85
5.9. RECOMENDACIONES GENERALES .....	92

**ANEXO 1: Encuesta sobre conducción nocturna y utilización de dispositivos retrorreflectantes.**

**ANEXO 2: Tablas de visibilidad nocturna.**

**ANEXO 3: Fotos de dispositivos retrorreflectantes.**

**ANEXO 4: Elementos más novedosos.**

## **1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.**

La seguridad de nuestras carreteras es uno de los aspectos más preocupantes para la sociedad hoy en día. Las estadísticas de accidentalidad arrojan cada día, cada semana, cada mes y cada año cifras escalofriantes de víctimas mortales y heridos como consecuencia de los siniestros que se producen en nuestras carreteras. Más de 5.000 víctimas mortales y casi 150.000 heridos, entre carreteras y zonas urbanas, según los datos de la Dirección General de Tráfico en el año 2002, justifican la necesidad de desarrollar nuevas leyes, investigar para la mejora de la seguridad, la puesta en marcha de programas de formación, actuaciones en la infraestructura,... y otras iniciativas encaminadas a reducir el número y la gravedad de los accidentes de tráfico.

Existen circunstancias particularmente peligrosas de cara a la seguridad de la circulación; la noche y el crepúsculo son una de ellas.

Durante el crepúsculo, las condiciones de iluminación son muy particulares y los deslumbramientos son frecuentes; a ello hay que unir que muchos vehículos no utilizan las luces, lo que hace que la visibilidad de éstos se vea muy reducida. Durante la noche, la falta de luz en la mayor parte de la red de carreteras, unida a otros efectos asociados a los hábitos nocturnos (cansancio, consumo de alcohol o drogas,...), hace que la conducción resulte más peligrosas. En ambos casos, la presencia de usuarios vulnerables en la vía, como peatones y ciclistas, sin el equipamiento reflectante adecuado para facilitar su percepción por parte del resto de los usuarios, complica la situación y compromete gravemente su seguridad.

En el año 2002, durante la noche o el crepúsculo se produjeron el 35% de los accidentes con víctimas y el 46% de las víctimas mortales; con luminosidad insuficiente se produjeron el 9% de los accidentes con víctimas totales y el 24% de las víctimas mortales. Los índices de peligrosidad pueden incluso multiplicarse por ocho, con respecto al índice de peligrosidad medio, durante el periodo nocturno. En cuanto a los atropellos de peatones, el 32% se produce durante la noche o el crepúsculo y en ellos se producen el 56% de los fallecimientos por atropello.

Afortunadamente, durante los últimos años se han puesto en marcha iniciativas para mejorar la seguridad de la circulación durante el periodo nocturno. La obligatoriedad de utilizar el chaleco reflectante para los conductores que descienden de su vehículo en la calzada, utilización de

dispositivos reflectantes para peatones y ciclistas, generalización de las señales reflectantes en toda la red de carreteras, iluminación de algunos emplazamientos peligrosos,... son algunas de las medidas que se han implantado en los últimos años para conseguir reducir la accidentalidad. Sin embargo, todavía es necesario seguir investigando y proponiendo medidas con vistas al objetivo final de reducir el impacto que los accidentes de tráfico tienen en nuestra sociedad.

El estudio "Las carreteras y la noche. Ver y ser visto" tiene como objetivo fundamental contribuir a la reducción de la accidentalidad durante la noche y el crepúsculo por medio de la propuesta de una serie de medidas sobre la infraestructura, el usuario y el vehículo.

De manera más detallada, se pueden citar los siguientes objetivos del estudio:

- Analizar detalladamente las estadísticas de accidentalidad durante la noche y el crepúsculo, de manera que se pueda fijar el contexto del problema.
- Investigar las particularidades de la circulación de los usuarios más vulnerables de la vía (peatones y ciclistas).
- Examinar el estado del equipamiento viario de cara a facilitar la conducción nocturna.
- Puntualizar las deficiencias y carencias de las soluciones actuales para reducir la accidentalidad durante la noche.
- Proponer soluciones para reducir el número y la gravedad de los accidentes de tráfico durante la noche y el crepúsculo.

En los siguientes apartados se desarrollan los conceptos que se han mencionado anteriormente.

## 2. EL PROBLEMA DE LA ACCIDENTALIDAD DURANTE LA NOCHE Y EL CREPÚSCULO.

### 2.1. ACCIDENTALIDAD NOCTURNA.

En el año 2002, los accidentes ocurridos en pleno día suponen el 65 % del total de los accidentes, mientras que la suma de los accidentes ocurridos en el crepúsculo y la noche (ya sea en condiciones de luminosidad adecuada o inadecuada) suponen un 35 % del total. Sin embargo, a la hora de analizar el número de víctimas mortales, se observa que el pleno día supone poco más del 50 % del total, lo que habla de un mayor riesgo de mortalidad en horas nocturnas, no solo por el aumento del porcentaje de muertos, sino por la menor circulación por carretera.

	Pleno día		Crepúsculo		Noche con iluminación		Noche sin iluminación		TOTAL	
	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos
Carretera	28.783	2.388	2.360	269	5.134	503	8.594	1.275	44.871	4.435
Zona urbana	34.968	486	1.864	37	16.353	361	377	28	53.562	912
Total	63.751	2.874	4.224	306	21.487	864	8.971	1.303	98.433	5.347

**Tabla 1: Accidentes con víctimas y víctimas mortales en el año 2002.**

	Pleno día		Crepúsculo		Noche con iluminación		Noche sin iluminación	
	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos	Accidentes	Muertos
Carretera	64,1	53,8	5,3	6,1	11,4	11,3	19,2	28,75
Zona urbana	65,3	53,3	3,5	4,1	30,5	39,6	0,7	3,1
Total	64,8	53,7	4,3	5,7	21,8	16,2	9,1	24,4

**Tabla 2: Porcentaje de accidentes con víctimas y víctimas mortales en el año 2002.**

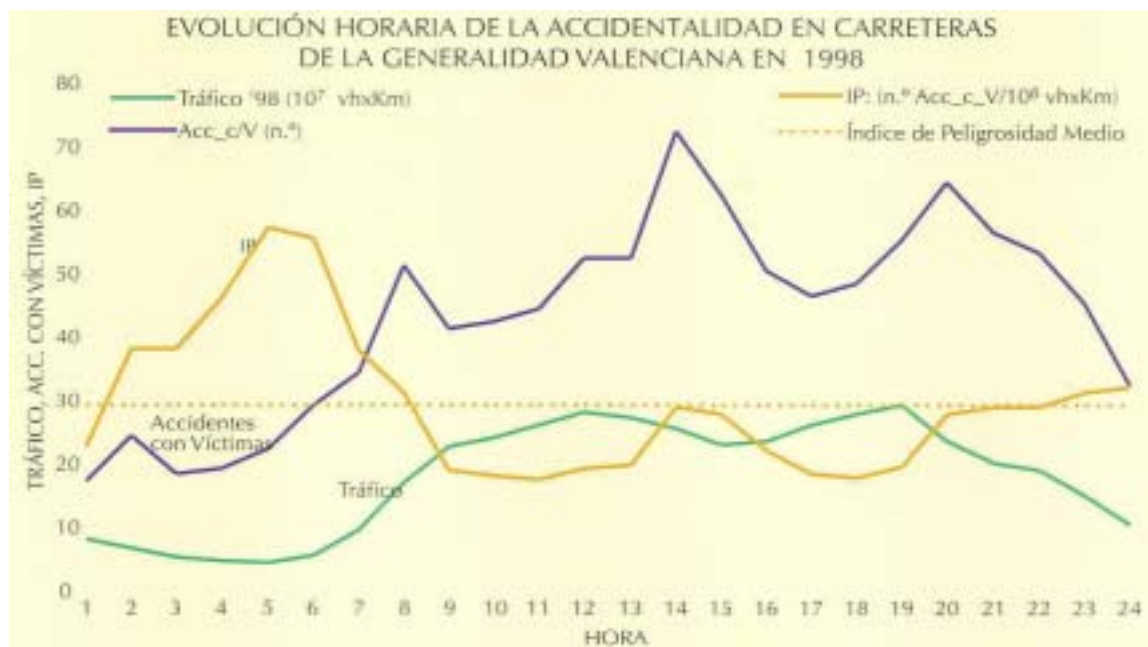
Este hecho se hace más patente si cabe al analizar el porcentaje de accidentes ocurridos de noche y bajo unas condiciones de luminosidad insuficiente, situado en torno al 9 % del total de los accidentes, pero que suponen el 24 % de los muertos en accidentes de tráfico.

De esta forma, se observa que la gravedad de los accidentes aumenta claramente cuando llega la noche y sobre todo cuando la iluminación no

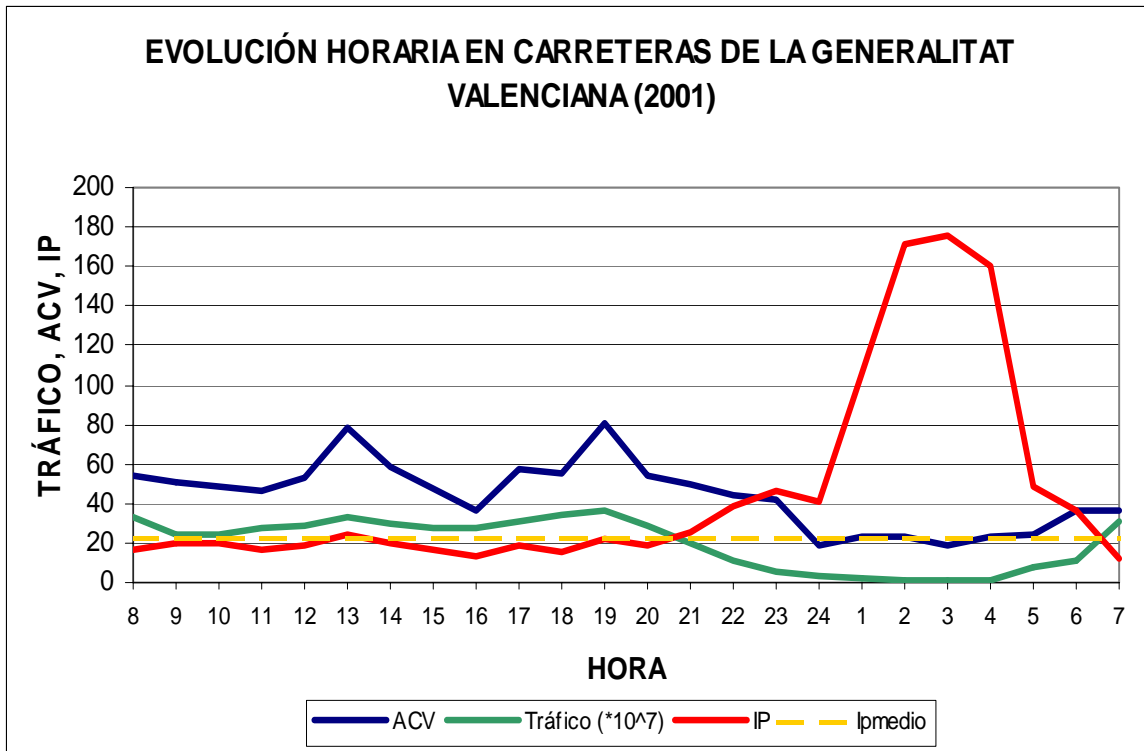
es la adecuada. Si esto ocurre en todo tipo de accidentes, cabe preguntarnos qué es lo que ocurre cuando en el accidente intervienen peatones, los usuarios más vulnerables.

### 2.1.1. ÍNDICES DE PELIGROSIDAD.

Los siguientes gráficos permiten observar gráficamente la evolución del índice de peligrosidad en la carretera de la Comunidad Valenciana, que se caracteriza por la misma tendencia que existe en el resto de España.



En el gráfico siguiente, se puede observar como el índice de peligrosidad está claramente por encima del índice medio de peligrosidad entre las 9 de la noche y las 6 de la mañana, llegándose a obtener valores incluso a obtener entre las 2 y las 4 de la mañana valores 8 veces superiores al índice medio de peligrosidad. Aunque los accidentes que tienen lugar en estas horas nocturnas son inferiores a la mitad de los accidentes en cualquier hora diurna, el gran descenso del tráfico que tiene lugar en las horas nocturnas provoca este meteoro ascenso del índice de peligrosidad.



Similar a la evolución de la gráfica del índice de peligrosidad sería la evolución del índice de mortalidad, lo que hace pensar en el aumento del riesgo que tiene lugar en la conducción nocturna.

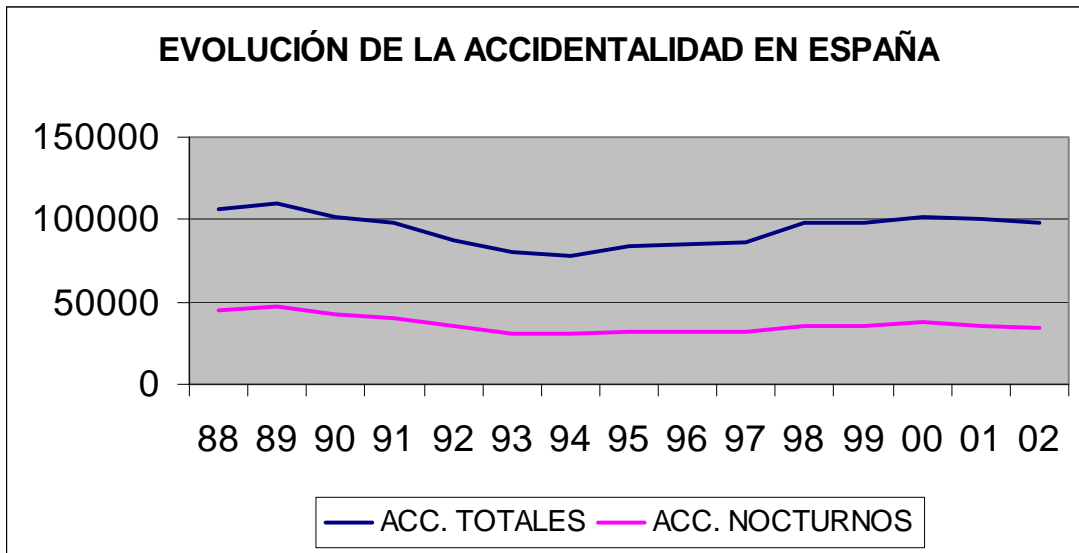
### 2.1.2. COMPARACIÓN ENTRE LA EVOLUCIÓN DE LA ACCIDENTALIDAD TOTAL Y LA ACCIDENTALIDAD NOCTURNA.

La evolución de los accidentes en España, representada en el siguiente gráfico permite observar como se produce un importante descenso desde el año 1989 hasta 1994, momento en el que comienza un leve ascenso prolongado hasta el año 2001, con un pequeño descenso desde entonces.

Algunos hechos que pudieron influir en esta tendencia pueden ser la entrada en vigor de la Ley de tráfico, Circulación de vehículos a motor y Seguridad Vial en 1989, la aparición de Reglamento sancionador y las nuevas tasas de alcoholemia en 1994 o la Ley 19/2001 de reforma del R.D.L. de 1990 que tuvo lugar en el 2001.

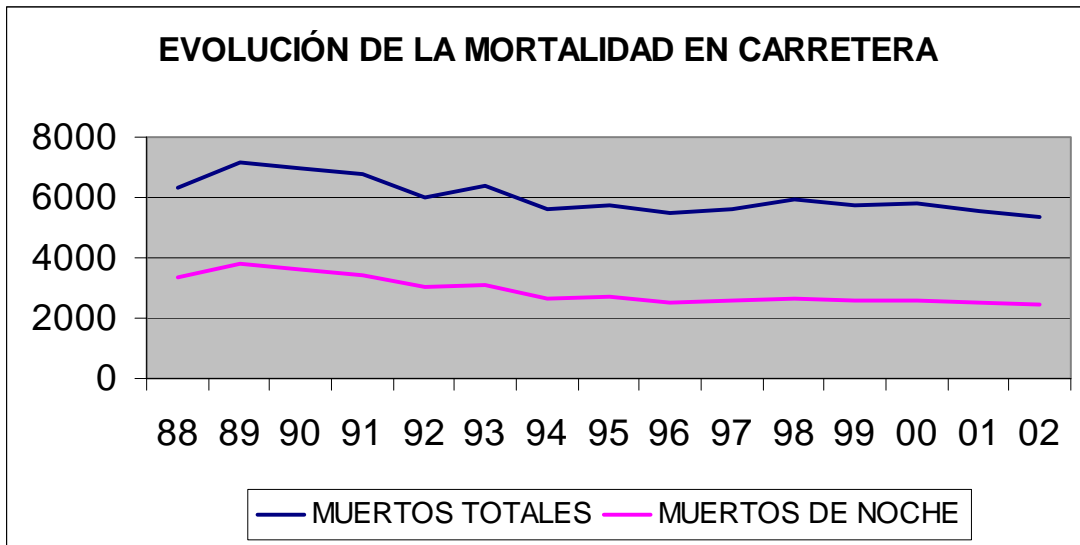


Por otro lado, la evolución de los accidentes nocturnos sigue una línea parecida a la de los accidentes totales, aunque con unos aumentos y descensos algo más suavizados que los anteriores, según figura en el siguiente gráfico:



La evolución de los muertos en las carreteras españolas sigue una evolución que se podría comparar con la de los accidentes totales pero con una importante diferencia que el aumento de accidentes desde el 1994, entre otras causas por el aumento de la circulación del tráfico no queda prácticamente reflejada en muertos; solo un pequeño aumento en las víctimas mortales entre 1996 y 1999 puede ser comparado en el aumento de accidentes entre 1994 y 2001.

La mortalidad nocturna ha seguido un descenso continuado desde 1989 hasta estos días, siendo más importante este descenso hasta 1996 y más suavizado desde ese año en adelante.



## 2.2. ACCIDENTALIDAD SEGÚN LAS CONDICIONES METEOROLÓGICAS.

Los fenómenos atmosféricos alteran las circunstancias normales del tráfico y por lo tanto pueden ser la causa principal de los accidentes que se producen en este periodo.

El rendimiento visual con condiciones meteorológicas adversas es mucho menor. Así, la presencia de niebla hace totalmente invisibles los objetos lejanos y difumina los contornos de los próximos. En el caso de la nieve se produce una reducción en los contrastes y la reflexión de la luz en la nieve, deslumbramiento. También se pueden perder los límites de la carretera, al no poder diferenciar las señales.

Aparte de las precauciones que debe tomar el conductor ante estas situaciones (disminuir la velocidad y aumentar las distancias de seguridad), la existencia de elementos de equipamiento, tales como la señalización horizontal y balizamiento, adquieren un papel relevante, aumentando la comodidad y la seguridad de los ocupantes de los vehículos que se ven afectados por estos fenómenos.

En la tabla siguiente puede observarse los accidentes y víctimas que se produjeron en el año 2002 con buen tiempo y con condiciones meteorológicas adversas (niebla, lluvia, granizo, nieve y viento), tanto en carretera y zona urbana.

	Carretera		Zona urbana		TOTAL	
	Accidentes	Víctimas	Accidentes	Víctimas	Accidentes	Víctimas
Buen tiempo	35.003	61.003	47.318	64.994	82.321	125.997
Condiciones Atmosféricas adversas	9.868	17.514	6.244	8.753	16.112	26.267
<b>TOTAL</b>	<b>44.871</b>	<b>78.517</b>	<b>53.562</b>	<b>73.747</b>	<b>98.433</b>	<b>152.264</b>

**Tabla 1: Accidentes con víctimas y víctimas en el año 2002.**

Tal y como se observa en la tabla siguiente, el porcentaje de accidentes y víctimas en condiciones atmosféricas adversas es considerable, especialmente en carretera.

	Carretera		Zona urbana		TOTAL	
	Accidentes	Víctimas	Accidentes	Víctimas	Accidentes	Víctimas
Buen tiempo	78	77,7	88,3	88,1	83,6	82,7
Condiciones Atmosféricas adversas	22	22,3	11,7	11,9	16,4	17,3

**Tabla 2: Porcentaje de accidentes con víctimas y víctimas en el año 2002.**

## **2.3. ACCIDENTALIDAD NOCTURNA CON PEATONES Y CICLISTAS.**

### **2.3.1. DATOS GENERALES DE ACCIDENTALIDAD CON PEATONES.**

Los datos que nos ofrece la DGT a través de su anuario estadístico no son nada halagüeños, porque la gravedad de los accidentes queda más acentuada en los accidentes con atropello. Los accidentes en pleno día representan el 67 % del total de los atropellos (este valor es del mismo orden de los accidentes de todo tipo antes mencionados); sin embargo, representan el 44 % de las muertes (10 puntos menos que el caso anterior), lo que supone que la suma del crepúsculo y la noche alcance un porcentaje cercano al 60 %.

De estos datos, lo más preocupante se encuentra de nuevo en la gravedad de los atropellos que tienen lugar en la noche con una iluminación insuficiente, pues en este caso, se registran un 4 % de atropellos y un 23 % de las muertes.

	Pleno día		Crepúsculo		Noche, vía suficientemente iluminada		Noche sin iluminación	
	Atropellos	%	Atropellos	%	Atropellos	%	Atropellos	%
<b>Carretera</b>	839	49,5	82	4,9	359	21,2	412	24,4
<b>Zona urbana</b>	7092	71,3	370	3,7	2458	24,7	29	0,29
<b>Travesía</b>	225	61,1	22	6	113	30,7	8	2,17
<b>Total</b>	8154	67,9	474	3,9	2930	24,4	449	3,74

**Tabla 3. Atropellos (datos y porcentaje) en el año 2002.**

	Pleno día		Crepúsculo		Noche, vía suficientemente iluminada		Noche sin iluminación	
	muerres	%	muerres	%	muerres	%	Muerres	%
<b>Carretera</b>	134	30,9	23	5,3	103	23,8	173	40
<b>Zona urbana</b>	188	63,7	8	2,7	96	32,5	3	1,02
<b>travesía</b>	20	41,7	4	8,3	21	43,8	3	6,25
<b>Total</b>	342	44,1	35	4,5	220	28,4	179	23,1

**Tabla 4. Muertes por atropello (datos y porcentaje) en el año 2002.**

Los datos registrados solo en carretera merecen un comentario aparte puesto que las víctimas mortales suponen la práctica totalidad de las muertes que tienen lugar en el periodo de noche en vías sin la suficiente iluminación.

Los atropellos por la noche en carretera suponen más del 65% del total de los atropellos en este tipo de vía; sin embargo, en zona urbana y en travesías las estadísticas están más relacionadas con la intensidad que con la iluminación puesto que prácticamente la totalidad de estas vías están iluminadas.

### **2.3.2. CAUSAS DE LOS ATROPELLOS.**

El motivo principal que explica la gravedad de los accidentes nocturnos es la falta de visibilidad, lo que en muchos de los accidentes se traduce en que el comienzo de la frenada se retrase por no percibir el peligro a tiempo.

Tanto si existe alumbrado en la carretera, como si únicamente se utilizan los faros de los vehículos, el nivel de iluminación en la carretera durante la noche es tan bajo que la capacidad visual de los conductores decrece al disminuir tanto la agudeza visual, como el tamaño del campo visual y las posibilidades para distinguir colores, formas y movimientos. Además, la visión por la noche puede ser obstaculizada por el efecto del deslumbramiento producido por los faros de otros vehículos.

Por la noche, los objetos se distinguen por diferencias de iluminación que hacen destacar sus siluetas, y en las partes externas del campo visual ya no es posible detectar el movimiento de los objetos.

Cuando se utilizan las luces largas del vehículo como alumbrado de la carretera, el eje del haz es casi horizontal, el conductor puede ver, aunque con un nivel de iluminación reducido, más de un centenar de metros delante de él, que pueden ser suficientes para mantener una velocidad normal. Pero el uso de este tipo de alumbrado tiene la desventaja de que produce el deslumbramiento de los conductores que circulan en sentido opuesto. El deslumbramiento se produce por un blanqueamiento rápido de los pigmentos visuales por efecto de la luz intensa. Estos pigmentos tardan un cierto tiempo en regenerarse, durante el cual, la visión sigue siendo deficiente. Por ello, los conductores deben utilizar el alumbrado de cruce, en el que el cono luminoso está casi totalmente por debajo de un plano horizontal, con lo que se evita deslumbrar a otros conductores, pero se ilumina una longitud muy corta de carretera. En estas condiciones, la visibilidad puede quedar reducida a menos de 50 metros, con lo que un vehículo a velocidad elevada no podría evitar el choque con un obstáculo inesperado en la calzada.

La capacidad visual nocturna se ve aún más afectada que la diurna por circunstancias físicas del conductor. La fatiga ocular es mayor con niveles bajos de iluminación, y también la fatiga general hace disminuir la capacidad visual. Algunas personas padecen ceguera nocturna total o parcial, lo que les incapacita para conducir de noche.

En otras ocasiones la actitud del peatón puede considerarse irresponsable, por lo que se extrae de los datos sobre accidentes que ofrece la DGT, que indican que en más de la mitad de los accidentes el peatón cometió una infracción. Las infracciones más comunes en las que incurren los peatones figuran en la siguiente tabla:

INFRACCIONES	PEATONES	
	MUERTOS	HERIDOS
No respetar señal de semáforo	29	793
No utilizar paso de peatones	75	2110
No respetar señal del agente	0	5
Irrumpir o cruzar antirreglamentariamente	325	2481
Estar o marchar por calzada antirreglamentariamente	79	428
Estar o marchar por el arcén antirreglamentariamente	14	83
Subir o bajar del vehículo antirreglamentariamente	0	40
Otra infracciones	27	521
Ninguna infracción	227	5667
<b>TOTAL</b>	<b>776</b>	<b>12128</b>

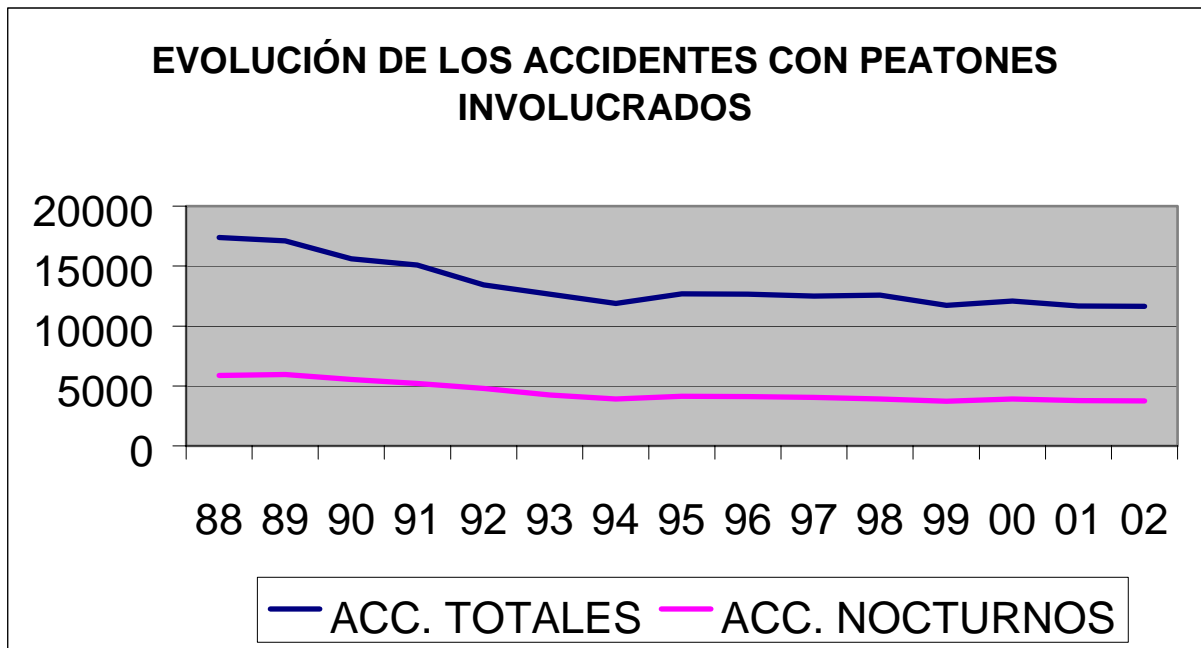
**Tabla 5. Peatones muertos y heridos según tipo de infracción cometido.**

En la siguiente tabla se pueden observar cuáles eran las acciones de los peatones o en qué situación respecto a la carretera se encontraban cuando ocurrieron los atropellos:

ACCIÓN DEL PEATÓN	MUERTOS	HERIDOS
Atravesando una intersección	120	3172
Cruzando calzada fuera de intersección	374	5009
En arcén por su derecha	21	126
En arcén por su izquierda	13	95
En la calzada por su derecha	54	377
En la calzada por su izquierda	22	202
Trabajar en la calzada	9	117
Reparando vehículo	18	80
Subir o bajar de un vehículo	5	128
Sobre acera o refugio	26	720
Otra	114	2102
<b>TOTAL</b>	<b>776</b>	<b>12128</b>

**Tabla 6. Peatones muertos y heridos según la acción del peatón.**

Por otro lado, si se observa la evolución de los accidentes con peatones involucrados puede verse como el importante descenso de los atropellos totales apenas se refleja en los nocturnos (solo apreciable en los primeros años de la serie).



### 2.3.3. ACCIDENTALIDAD CON CICLISTAS

Según un estudio publicado en el año 2003 por la Federación Valenciana de Ciclismo entre 1996 y 2001 murieron en España 580 ciclistas. Esto significa que como media hubo 97 víctimas cada año, aproximadamente 2 muertes por semana.

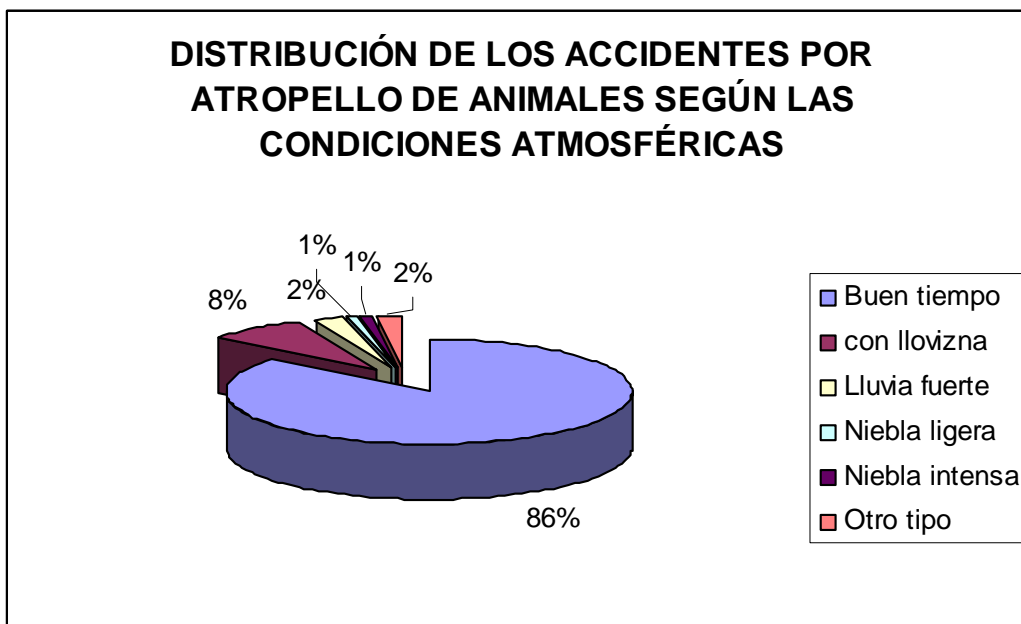
Según este mismo informe, un 96% de estos ciclistas circulaba en solitario, lo que viene a corroborar que circular en grupo parece menos peligroso.

Según los datos que ha reunido este análisis, el prototipo de ciclista de riesgo es un varón, de 16 años y que habitualmente pedalea sin casco. Se trata de ciclistas que suelen salir con la bici para hacer deporte y circulan por vías con escaso o nulo arcén hacia las seis o las siete de la tarde. Aunque en la inmensa mayoría de los casos el ciclista no realizó ninguna maniobra o movimiento anómalo, lo que podría significar que la falta de visibilidad podría haber sido un factor que intervino en la producción del accidente, también es cierto que la época más propicia es el verano, horas en las que la iluminación natural es todavía buena.

## 2.4. ACCIDENTALIDAD CON ANIMALES.

Según un estudio realizado por la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento sobre los accidentes que se producen en su red por atropello de animales de los 96.930 accidentes con víctimas ocurridos en la RCE entre 1997-2001, 585 fueron ocasionados por la irrupción de un animal en la calzada, lo que significa un 0,6% de la totalidad de los accidentes. Asimismo, de los accidentes mortales acontecidos en esta misma red y período sólo 15 fueron consecuencia del atropello de animales, lo que representa un 0,15%.

Si se analizan estos datos según los factores atmosféricos existentes en el momento de producirse el accidente, parece que la climatología no fue determinante en la producción de los mismos. Tal y como puede observarse en el gráfico siguiente, un 86% se produjo con buen tiempo.





## **3. SOLUCIONES ACTUALES ANTE LA ACCIDENTALIDAD NOCTURNA.**

### **3.1. ILUMINACIÓN.**

#### **3.1.1. ANTECEDENTES.**

Ya en 1964 se ponía de manifiesto la importancia de la iluminación de las carreteras en la "Orden Circular nº 9.1.IC" de 31 de marzo, de la Dirección General de Carreteras y Vías Vecinales. Así en el punto 4.2. "Necesidad de instalación" se decía: "El objetivo específico de la instalación es mantener a un costo soportable y dentro de los límites necesarios, durante la noche, las características de seguridad y capacidad de tráfico, que un tramo de carretera ofrece durante el periodo de luz diurna".

Desde entonces se redactaron distintas Ordenes y Reales Decretos con el propósito de ampliar dicho documento, así como para adecuarlo a las situaciones que se iban poniendo de manifiesto con posterioridad a la publicación de dicha orden, tales como el Decreto 2413/1973 por el que se aprobaba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y la orden de 18 de julio de 1978, por la que se aprobaba la Norma Tecnológica NTE-IEE/1978 "Instalaciones de electricidad: Alumbrado Exterior. Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo".

#### **Carreteras interurbanas y túneles**

En esta misma línea, en 1999 la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento presenta las "Recomendaciones para la Iluminación de Carreteras y Túneles". El campo de aplicación de los criterios establecidos en las mismas lo constituyen todos los proyectos de instalaciones de alumbrado que se consideren necesarios en la Red de Carreteras del Estado. El fin de este documento es proporcionar prácticas recomendadas para el diseño y conservación de nuevos sistemas de alumbrado artificial de carácter fijo para carreteras convencionales, autovías, autopistas, así como los túneles, obras de paso y otros tramos singulares.

Para la elaboración de este documento se contó con la participación de la Asociación Española de la Carretera y con la colaboración del Comité Español de la Iluminación, la Asociación Nacional de Fabricantes de Luminarias, Lámparas y Equipos Asociados y la Asociación Española de Fabricantes de Báculos y Columnas de Alumbrado.

Asimismo, se tomaron como referencia los documentos en los que se recoge la normativa europea e internacional relacionada con este tema, publicados por la Comisión Internacional de Iluminación, organismo cuyo objetivo es la cooperación e intercambio de información entre los países miembros, sobre todos los aspectos relativos al estado del arte de la técnica de iluminación.

### **Otras vías**

Respecto a otro tipo de vías, un documento que merece la pena ser destacado es el publicado en 1992 por la D.G.C. del Ministerio de Obras Públicas y Transportes "Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto", en el que se aconseja la instalación de iluminación artificial en aquellas situaciones en que se detecte una elevada proporción de accidentes nocturnos.

En este sentido, la CIE editó en 1992 el informe técnico "Guía para la iluminación de áreas urbanas" en el que se especifican un conjunto de recomendaciones en función de la experiencia y conocimientos adquiridos en ese momento sobre la iluminación de estas zonas.

Complementariamente, en el año 2003, Philips y la Asociación Española de la Carretera elaboraron un documento en el que se presentan un conjunto de propuestas de iluminación para las travesías, en las que se tienen en cuenta la coexistencia en estas zonas del tráfico rodado y peatonal.

En esta "Guía de buena práctica para la iluminación de glorietas y travesías" se incluyen también unas recomendaciones para la iluminación artificial de glorietas, de forma que puedan ser utilizadas para optimizar su diseño, instalación y conservación.

### **Eficiencia energética**

Por otro lado, la evolución sistemática del mercado de las instalaciones de iluminación generó una gran discusión sobre la seguridad, la calidad y el resultado lumínico de las instalaciones de iluminación. Era obvio que se necesitaba disponer de un reglamento que orientara y condicionara a todos los agentes intervinientes en el proceso.

Así, en 1998 se editó una propuesta de "Reglamento de Eficiencia Energética en Iluminación", fruto del estudio desarrollado por diez grupos

de trabajo del Comité Español de Iluminación. El objetivo de este documento era ordenar, articular y promover las instalaciones de iluminación con fines de eficiencia y de ahorro energético, así como garantizar la calidad, seguridad física y de uso a las instalaciones de iluminación, desde su concepción inicial hasta la puesta en marcha y posterior explotación.

En este sentido el Comité Español de Iluminación también elaboró el informe técnico "Guía para la reducción del resplandor luminoso nocturno", editado en 1999, con la finalidad de reducir la contaminación lumínica imputable a las fuentes de luz artificiales.

Estos aspectos fueron tratados también en la Guía técnica para la eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado público, editada en el año 2000, cuyo objetivo era establecer las clases de alumbrado o niveles de iluminación para las distintas situaciones de proyectos, que comprenden las vías de tráfico rodado de alta y moderada velocidad, tramos singulares, espacios peatonales, carriles bici y vías de tráfico rodado de baja y muy baja intensidad.

### **3.1.2. CRITERIOS GENERALES DE ILUMINACIÓN**

#### **3.1.2.1. Carreteras y túneles**

Según las "Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles" (D.G.C. del Ministerio de Fomento), los factores que se deben considerar para la implantación de alumbrado público son los siguientes:

- Tipo de vía (autopista, autovía o carretera convencional), su situación y trazado.
- Los puntos singulares, tales como las intersecciones, enlaces complicados y tramos especiales.
- La intensidad y composición del tráfico (tráfico motorizado, vehículos de movimiento lento, ciclistas y peatones).

De este modo, como criterios de instalación de alumbrado en tramos de carreteras se debe tener en cuenta dichos factores, así como los supuestos en los que, debido a la intensidad de tráfico, únicamente pueden utilizarse

las luces cortas o de cruce del vehículo en un elevado porcentaje de tiempo.

Por otro lado, la problemática de la conducción de vehículos a través de los túneles durante el día está basada fundamentalmente en las diferencias existentes entre los elevados niveles de luminancia exteriores y los bajos niveles de luminancia en el interior de los mismos.

Desde el punto de vista luminotécnico, en los túneles se diferencian las siguientes zonas: de acceso, de entrada constituida por las zonas de umbral y de transición, del interior y, finalmente, de salida. Por razones económicas, no es posible reestablecer en la zona de entrada de los túneles condiciones de iluminación idénticas a las existentes durante el día en el exterior.

Según este mismo documento, en la zona de umbral situada justo a la entrada del túnel, con una longitud igual a la distancia de seguridad, el alumbrado durante el día debe dimensionarse de forma que asegure una visión suficiente de eventuales obstáculos sobre la calzada. En la segunda parte de la zona de umbral se pueden disminuir progresivamente los niveles de iluminación.

En la zona de transición, la instalación de alumbrado debe concebirse para paliar el efecto de adaptación, continuando con la disminución paulatina de los niveles de iluminación hasta haber completado el proceso de adaptación del ojo al llegar a la zona del interior, donde se debe instalar un alumbrado con un nivel constante de iluminación.

De la misma forma, en la zona de salida debe reforzarse progresivamente el alumbrado elevando los niveles de iluminación, de manera que se facilite a los conductores una adaptación adecuada a las condiciones luminosas exteriores.

### **3.1.2.2. Travesías**

Las travesías se encuentran integradas en el medio urbano, lugar de coexistencia de tráficos muy heterogéneos; se trata de un espacio complejo que sirve de soporte para las diversas actividades que se llevan a cabo en un área urbana, atendiendo tanto a las necesidades del peatón como a las del vehículo.

Las funciones de la iluminación en este tipo de vías es sustituir la luz solar para permitir la realización normal de las actividades urbanas en condiciones de seguridad (circulatoria y ciudadana), así como conseguir efectos específicos como resaltar puntos singulares o crear y diferenciar ambientes.

Así, en el alumbrado urbano de travesías se tendrán en cuenta los criterios de alumbrado de las vías de tráfico rodado y de las vías peatonales, pensando en ambas tipologías simultáneamente.

Los criterios básicos de iluminación a tener en cuenta en este tipo de vías son los siguientes:

- *Travesías con IMD alta.* La forma más idónea de iluminar vías de tráfico intenso es mediante luz cenital, que evite el deslumbramiento de los conductores. En este tipo de vías no se recomienda disponer luminarias sobre las medianas.
- *Travesías con IMD baja.* Los criterios a tener en cuenta en estas vías son el mantenimiento la iluminación durante toda la noche, la extensión de la iluminación a los jardines o fachadas adyacentes que permita mejorar el aspecto nocturno del área y evitar la delincuencia, así como la disposición de luminarias de forma que iluminen los elementos verticales y, en particular, la silueta humana.
- *Vías en áreas centrales y comerciales.* Con carácter general la iluminación debe centrarse en los aspectos peatonales, y no en las calzadas, y que debe tener un importante componente horizontal, que permita dar luz a los planos verticales y, en concreto, a los peatones.

### **3.1.2.3. Glorietas**

Tres son los factores que hay que tener en cuenta en el diseño de la iluminación de estas zonas:

- a) Los conductores sufren un incremento de las tareas mentales y visuales cuando se acercan y tratan de circular por estas zonas.
- b) El contorno de los objetos no se reconoce muchas veces, debido a parámetros como la localización del vehículo, peatones, obstáculos y la geometría general de las calzadas.

- c) Generalmente no se dispone de una iluminación suficiente con los faros del vehículo.

La instalación de alumbrado en las glorietas deberá advertir a los usuarios con el tiempo suficiente de la presencia de un obstáculo, el emplazamiento de las salidas de distintas vías de tráfico, la situación y forma de la glorieta y los bordes de la calzada.

Teniendo en cuenta estos factores, la visibilidad que se debe conseguir con el alumbrado de una glorieta es el siguiente:

- A larga distancia (entre 800 y 1.000 m.) distinguir una zona luminosa que llame su atención.
- A media distancia (entre 300 y 500 m.) comenzar a percibir la configuración del tramo singular, mediante un guiado visual llevado a cabo con una disposición adecuada de los puntos de luz.
- A corta distancia, identificar sin ambigüedad los obstáculos y la trayectoria a seguir.
- Al salir de la zona iluminada, adaptarse progresivamente al cambio de situación de la luz a la oscuridad, estableciendo un decrecimiento de la iluminación durante una longitud de al menos 200 metros.

#### **3.1.2.4. Iluminación ornamental**

Este tipo de alumbrado tiene, además de un fin funcional, una finalidad artística u ornamental, es decir, que pretende realzar la estética del objeto que se trata de iluminar para hacer notar al conductor que se encuentra en un entorno en el que se requiere una conducción apaciguada y cuidadosa.

Por ello, los criterios de calidad y diseño a tener en cuenta son los siguientes:

- Iluminancia<sup>1</sup>. En ningún caso se superarán los 300 lux mantenidos.

---

<sup>1</sup> Cociente entre el flujo luminoso  $df_v$  sobre un elemento de la superficie que contiene al punto y el área  $dA$  de ese elemento.

- Luminancia<sup>2</sup>. Es preciso percibir con claridad la luminancia de las distintas superficies del objeto que se ilumina.
- Control del deslumbramiento. Es importante usar luminarias adecuadas que garanticen la visión respetando los índices de deslumbramiento que se recomiendan para este tipo de iluminación.
- Control de la contaminación. Se debe tener especial cuidado en el control de la contaminación luminosa hacia el hemisferio superior.

## **3.2. SEÑALIZACIÓN VERTICAL**

### **3.2.1. ANTECEDENTES.**

La primera referencia normativa la encontramos el 6 de junio de 1973, fecha en la que se aprobó la norma sobre carteles en las obras de carretera por orden del Ministro de Obras Públicas.

El desarrollo técnico experimentado desde entonces, unido a los cambios experimentados tanto en el volumen y composición del tráfico, a los nuevos planteamientos en materia de seguridad vial, así como a la evolución de la normativa técnica nacional e internacional fueron el conjunto de causas que propiciaron que en 1999 se aprobara la Norma 8.1 IC "Señalización vertical" de la instrucción de carreteras, vigente en la actualidad. De esta forma se conseguía unificar los criterios que se estaban ya utilizando

Además, en abril de 1985 la Dirección General de Carreteras publicó una relación de las señales de circulación existentes o que formaban parte del futuro Reglamento General de Circulación. Las señales que se incluyen en dicho documento estaban de acuerdo con la Convención de Viena sobre señalización vial, con el Acuerdo Europeo de 1971 que la completa y con posteriores recomendaciones de la Conferencia Europea de Ministros de Transportes.

En 1986, en la nueva edición de este documento se recogen algunas señales nuevas y se amplían algunos grupos de señales, en especial las de

---

<sup>2</sup> Magnitud definida por una fórmula  $L_v = df_v / (dA \cdot \cos \theta \cdot dW)$ , donde  $df_v$  es el flujo luminoso transmitido por un haz elemental que pasa por el punto dado y se propaga según un ángulo sólido  $dW$  que contiene la dirección dada;  $dA$  es el área de una sección de este haz que incluye este punto;  $dW$  es el ángulo formado por la normal a esa sección y la dirección del haz.

orientación. Asimismo durante el proceso de elaboración de la nueva instrucción de carreteras se puso de manifiesto la necesidad de introducir nuevas señales, en especial las de utilización en autopistas y autovías.

### **3.2.2. IMPORTANCIA DE LA VISIBILIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.**

El conductor recibe la mayor parte de la información necesaria para la conducción por medio de la vista. Por ello es necesario conocer algunas propiedades de la visión para comprender las posibilidades que tiene el conductor de percibir su situación en la carretera, condiciones de tráfico y otras informaciones necesarias, como la existencia de señales, etc.

El campo visual de un conductor, con movimientos moderados de su cabeza, se puede determinar en 120° a derecha e izquierda y unos 100° arriba y abajo. Este campo visual estará limitado por las condiciones de la cabina (parabrisas, montantes de la carrocería, etc.). Sin embargo, durante la conducción no es conveniente que el conductor se vea forzado a realizar amplios movimientos de cabeza par obtener informaciones importantes. Esto es especialmente aplicable a las señales de tráfico.

Al estudiar la visibilidad de las señales, hay que tener también en cuenta la diferente sensibilidad del ojo humano a los colores, siendo mayor para el amarillo y el verde que para otros colores. La combinación de colores de distinta sensibilidad produce fuertes contrastes que se perciben mejor.

Se expone a continuación la metodología y resultados del estudio "Influencia en la percepción de las señales de tráfico: iluminación, edad del conductor, velocidad de marcha, tamaño y material retrorreflectante de la señal", elaborado por la Asociación Española de la Carretera en el año 1993.

#### ✓ *Velocidad:*

Se han estudiado tres velocidades distintas, todas ellas permitidas por el código de circulación:

- 60 Km/h.
- 90 Km/h.
- 120 Km/h.

#### ✓ *Luminosidad:*



Se han considerado las tres posibilidades que diariamente se producen en una vía de circulación, y que tienen relación directa con el tipo de visión necesaria:

- DIA, estado de luminosidad buena.
- CREPÚSCULO, situación de luminosidad molesta.
- NOCHE, necesidad de iluminación artificial.

✓ *Tamaño de la señal:*

Se han estudiado tres distintos tamaños de señales homologados por las Administraciones españolas y de habitual presencia en nuestras carreteras. Para mayor grado de coherencia se decidió que todas fueran circulares, de tal manera que no fuese la forma un índice más de distorsión; sin embargo pareció interesante el análisis de los dos tipos de fondo que se pueden presentar (blanco y azul) dadas sus diferentes escalas de percepción. Se incluyeron señales:

- Pequeñas, 60 cm.
- Medianas, 90 cm.
- Grande, 120 cm.

✓ *Material reflectante:*

Para el estudio del material reflexivo se han utilizado los tres siguientes tipos de material:

- Nivel A, Reflexiva Normal, que a la fecha de realización del estudio suponían el 87 % de las señales ubicadas en las carreteras españolas.
- Nivel B, Reflexiva Alta Intensidad, que representaban el 3 % de las totales.
- Nivel C, Reflexiva de Muy Alta Intensidad, material que no se utilizaba en señalización.

#### i. Prueba realizada:

La prueba dinámica consistía en que cada conductor, una vez alcanza una de las velocidades, y habiéndola mantenido constante, procedía a identificar cada una de las señales, momento en el que se realizaban dos tipos de medidas:

- Para la medición de la distancia a que cada una de las señales es percibida se ha empleado un sofisticado aparato denominado

"Terratrip"; este instrumento permitió obtener distancias totales y parciales a cada señal colocada.

- Por otro lado, se realizó simultáneamente una toma de tiempos mediante el empleo de un cronómetro digital, Al conocer la velocidad constante a la que circula el vehículo, se obtuvo la distancia buscada.

De ambas medidas se hizo una media ponderada por mayor seguridad.

La prueba estática consistió en acercarse progresivamente dentro del vehículo a una señal fija, en una recta, y detenerlo en el punto en que ésta fuese perfectamente identificada, anotando la distancia existente.

## ii. Resultados:

Los resultados del estudio se incluyen en el siguiente cuadro:

	DIA			CREPUSCULO			NOCHE		
	Visibilidad	Estática	Dinámica	Visibilidad	Estática	Dinámica	Visibilidad	Estática	Dinámica
P/A	I	150-175	80-200	I	150	20-100	I	100	25-80
P/B	II	150-175	90-200	III	150	20-70	III	125	40-75
P/C	III	150-175	65-95	I	175	30-115	I	150	50-80
M/A	III	250	50-105	III	225-300	25-75	III	200	50-75
M/B	III	225	60-100	III	250-275	50-105	III	225	75-120
M/C	I	250	130-230	III	275-300	30-140	III	250	65-125
G/A	I	325	130-270	III	300-325	40-95	III	200	60-90
G/B	I	275-300	110-265	I	300-325	50-190	I	250	55-150
G/C	II	325	90-135	I	325-350	70-195	I	275	80-150

Donde:

- P: señal pequeña (60 cm).
- M: señal mediana (90 cm).
- G: señal grande (120 cm).
- A: reflexiva Normal.
- B: reflexiva Alta Intensidad.
- C: reflexiva de Muy Alta Intensidad.
- I: visibilidad perfecta.

II: visibilidad con limitaciones.

III: visibilidad limitada por vegetaciones o trazado.

iii. Conclusiones de la prueba estática:

Se realizó un análisis independiente de la distancia de observación para cada una de las tres situaciones, día, crepúsculo y noche. Las tablas de resultados completos pueden consultarse en el anejo 2.

De día se observa como la variable "tamaño de la señal" tiene una gran importancia: de la señal de 60 cm a la de 120 cm prácticamente se dobla la distancia de reconocimiento.

Por otro lado se observa una pequeña disminución de la distancia (25 m) para el nivel B de reflexividad, aunque no debe resultarnos extraño pues la normativa especifica un blanco de menor luminancia para el nivel B. Debe además destacarse que no ocurrió lo mismo para las señales de fondo azul, donde las especificaciones de los distintos niveles determinan el mismo azul.

De estos datos se deduce que si sólo se circulase de día, sería suficiente el empleo de señales reflexivas normales o nivel A, (por supuesto servirían señales pintadas con un alto factor de luminancia, pero nos estamos refiriendo a las señales del estudio) de idénticas posibilidades que el nivel C, y algo más fiable que el nivel B. En cambio, merece la pena ser más rigurosos en cuanto al tamaño de la señal e inclinarnos por las de 90 cm de diámetro con las que se aprecia un gran aumento en la distancia de percepción.

Durante el crepúsculo se observa un aumento de la distancia con el uso de material reflectante, pero este aumento de la distancia es mucho más notable cuando se utiliza la iluminación de cruce. Sin iluminación de cruce se obtiene unos resultados parecidos a los de día, con un peor comportamiento del nivel B de reflexividad. Sin embargo el uso de la luz de cruce hace aumentar la importancia de la reflexividad obteniéndose mejoras de 25 metros en cada uno de los distintos niveles de reflectancia, distancia importante en situaciones complicadas.

Debe ser destacado que para todos los tipos de señal empleada, la distancia de observación es siempre más grande para el caso de ausencia de luz del vehículo que cuando ésta se enciende, en parte debido a que a distancias de entre 200 y 300 metros todavía no tiene demasiada influencia el efecto luz corta del vehículo.

Por todo lo expuesto, para circular con las máximas garantías durante el crepúsculo, lo más razonable es que nos inclinemos por la eliminación de la señales de 60 cm (con las de 90 cm sería suficiente), y por el nivel C de reflectancia (el nivel A no sirve en ausencia de luz ambiental y el nivel B se comporta deficientemente cuando sí la hay).

La prueba durante la noche permite determinar la importancia del nivel de reflexividad de las señales. Aparece por primera vez un igual comportamiento con independencia del tamaño de la señal. Con aumento progresivo de la distancia de observación con el aumento del nivel de reflexividad.

Dada la distancia de visibilidad obtenida para la señal de 60 cm, parece recomendable que el tamaño mínimo admitido sea el de 90cm y el mínimo nivel de reflectancia el B.

#### iv. Conclusiones de la prueba dinámica:

Se analizaron por separado las situaciones de noche y de día (los gráficos de resultados se incluyen en el anejo 2).

En cuanto al estudio de la visibilidad de las señales durante el día debe tenerse en cuenta la ubicación de la señal como otra posible variable, puesto que cuando ésta es deficiente poco importa el tamaño o la reflexividad de la misma.

Parece aconsejable el uso de señales 90 cm porque produce una mejora en la distancia percepción superior a la que se produce en el paso de 90 a 120 cm. y supera las distancias mínimas de observación exigidas.

Durante la noche, es importante destacar la obsolescencia de las señales de 60 cm. en estas situaciones, pues incluso con la del nivel C no permite una distancia de observación suficiente para poder reaccionar con soltura ante una situación inesperada.

En cambio, los niveles B y C de reflectancia si presentan una distancia de observación suficiente, tanto en señales de 90 como de 120 cm, si bien para el nivel A el escalón descendente que experimentan es tan pronunciado que hace que sea recomendable su paulatina pero ágil sustitución, toda vez que no tendría ningún sentido aumentar el tamaño de la señal a costa de mantener el nivel A de reflexividad.

Una vez analizados los resultados de ambas pruebas, se puede evaluar la pérdida de distancia de visibilidad en condiciones dinámicas con respecto a las estáticas expresada en porcentaje:

- Por el día este porcentaje puede establecerse en un 24 %.
- Durante el crepúsculo en el 59 %.
- Durante la noche en un 55 %.

#### v. Conclusiones particulares:

Como resultado de una evaluación de la visibilidad nocturna en condiciones reales de circulación en carretera de alrededor de 400 señales, se obtenido una serie de consideraciones:

- La señal que mejor se identifica es la de prohibición de adelantamiento (R-305). Dada su duplicidad, en muchos casos, la que primero se identifica es la del carril contrario. Por ello, la distancia a la que se detecta es muy superior a cualquier otra.
- Si bien se identifica con antelación la presencia de una señal de prohibición (circulares), cuando el mensaje es numérico, prácticamente no se diferencia entre 60, 80 y 90, aspecto que retrasa bastante su correcta interpretación.
- Las señales triangulares (regulación), también son fácilmente detectables, no así la identificación de su contenido, especialmente si no es de los más habituales en las carreteras.
- Parece desprenderse de los tramos evaluados que la señalización variable se identifica a menor distancia que los carteles tradicionales. Si bien su función debe resultar complementaria a la señalización convencional, parece que se debe realizar un gran esfuerzo que mejorar las distancias de identificación y solucionar el problema de la angularidad.
- En otro orden de cosas, es evidente la gran ventaja de las señales HI, frente a las R; ventaja mucho más rentable, en términos económicos y de eficacia de lo que supondría en aumento del tamaño de las señales (por encima de los 90 cm.).
- Las señales con tamaño menor de 60 cm. se encuentran desfasadas desde el punto de vista de su visibilidad.

- En condiciones reales de circulación no existe prácticamente diferencia de identificación entre una señal de 90 y otra de 120 cm; por este motivo no siempre la mejor solución es aumentar el tamaño de una señal de 90 a otra de 120 cm.
- En zonas de alta humedad ambiental se producen fenómenos de condensación sobre la película reflectante de la señal que origina descenso importante de sus características retrorreflectantes con la consiguiente reducción de la distancia de visibilidad. Es necesario efectuar más mediciones par cuantificar exactamente esta disminución de la retrorreflectancia.
- En determinados puntos de la geografía nacional se ha procedido a la instalación de pórticos, banderolas o carteles con rótulo blancos sobre fondo verde. Se ha detectado que la distancia a la que se ven este tipo de indicadores es claramente inferior a la de los que tiene fondos blancos o azules.
- Se ven mejor los pórticos de color blanco (la distancia de visibilidad es un 22 % mayor), las banderolas se ven mejor si son azules (5%) y los carteles se ven a una distancia prácticamente igual independiente de su color (blanco o azul).
- Las señales situadas en la Red de Alta Capacidad se ven a una distancia un 36% mayor que las que están en la Red Convencional.
- La luz larga hace que la distancia de visibilidad de la señal se incremente aproximadamente en un 10 %.

### **3.3. SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL.**

#### **3.3.1. ANTECEDENTES.**

La señalización horizontal ha ido evolucionando en relación tanto con la seguridad vial como en los propios materiales empleados para la confección de las marcas viales.

La primera referencia al uso de este tipo de equipamiento con la idea de encauzar el tráfico rodado parece que se remonta a 1911, en Michigan, EEUU.

Sin embargo, la idea de la señalización horizontal para separar los sentidos de la marcha surgió en 1920 en Maryland, al observar que los conductores se guiaban por la junta bituminosa construida en el centro de la calzada de hormigón.

Así, los primeros materiales que se utilizaron para este fin fueron negros, sustituyéndose paulatinamente por el color blanco, empezando por zonas más especiales, tales como puentes, curvas peligrosas, etc..

Si bien las primeras referencias en Europa nos remontan a Gran Bretaña y Alemania en 1939, las microesferas de vidrio, los postes guía y los ojos de gatos no fueron instalados hasta 1948 en EEUU.

La necesidad de que su color y forma geométrica fueran entendidas lo más universalmente posible, empleando para ello un criterio uniforme, fue la causa del establecimiento gradual de especificaciones relacionadas con estos aspectos. La regulación de las mismas quedó recogida en la "Convención de Viena" (noviembre de 1968).

En el "Protocolo adicional de señalización al acuerdo europeo complementario de la convención de símbolos y señales de carreteras", firmado en Ginebra en marzo de 1973 se recogía con mayor detalle esta regulación para los países europeos. Ya entonces se tenía claro que el sistema de señalización y las normas de los diferentes países firmantes, entre los que se encontraba España, debían de ser coherentes con este trabajo internacional.

Otro hito importante se produjo en 1992, cuando la CEE ordenó la creación de un comité técnico (CEN), cuyo objetivo fuese la creación de una única normativa europea que agrupara las existentes en cada uno de los países miembros. Desde entonces se han aprobado numerosas Normas UNE en las que se estructuran todos los conceptos que conforman la señalización horizontal.

Esta normativa establece las características mínimas que deben poseer las marcas viales desde el punto de vista del usuario, los ensayos a que deben someterse en laboratorio los materiales con los que se confeccionan y los ensayos bajo condiciones de tráfico real a que deben someterse las marcas viales para la comprobación de su idoneidad a priori.

### **3.3.2. IMPORTANCIA DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL**

La señalización horizontal es un elemento básico de seguridad en una carretera, especialmente en las vías secundarias en las que es en ocasiones es la única referencia que tiene el conductor de las características geométricas de la calzada.

La función de la señalización horizontal resulta especialmente indispensable en horas nocturnas, así como ante condiciones climatológicas adversas.

Por ello, es importante destacar la importancia de la calidad de las pinturas para que sean visibles en condiciones adversas y mantengan sus propiedades de luminosidad y reflectancia durante el mayor tiempo posible.

### **3.4. ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO.**

Se trata de elementos provistos de reflectantes de alta visibilidad a grandes distancias, fabricados con materiales que aseguran su estabilidad al mismo tiempo que garantizan su fragilidad en caso de impacto por algún vehículo para que no se produzcan daños.

Entre los elementos de balizamientos más convencionales podemos mencionar los Paneles direccionales, los hitos de arista, los hitos de teja, las balizas de borde, las balizas de isletas, los captafaros y los conos.

La instalación de este tipo de dispositivos se ha convertido en un método económico y eficaz para facilitar al conductor la percepción del límite de la carretera, especialmente durante la noche y ante una climatología adversa y, por lo tanto, para mejorar su seguridad.



## **3.5. SEÑALIZACIÓN DE OBRA**

### **3.3.1. ANTECEDENTES.**

En la legislación de carreteras que se ha desarrollado a lo largo del tiempo aparecen numerosas referencias a la señalización de obra. A continuación se presenta un breve resumen de las mismas.

El 14 de marzo de 1960 se publica la orden del Ministerio de Obras Públicas sobre señalización de obras, considerada como la primera instrucción de carreteras moderna, vigente hasta la aprobación en agosto de 1987 de la Instrucción 8.3.-IC. Hasta entonces la legislación de carreteras se regía por la orden ministerial de 11/8/39.

Otro documento relevante es el Pliego de Cláusulas Administrativas Generales para la Contratación de Obras del Estado, aprobado el 31 de diciembre de 1970, que en la cláusula 23 señalización de obra se hace mención a las obligaciones de los contratistas.

Unos años después, el 6 de febrero de 1976, se aprueba por Orden Ministerial el PG-3. En su artículo 104.9 en el artículo 104,9 Señalización de obras e instalaciones de la Orden Ministerial I 6 de febrero de 1976 se concretan más las obligaciones de los contratistas en cuanto a este tipo de señalización.

Más adelante, en el punto quince de la Orden Ministerial de 31 de agosto de 1987 por la que se aprueba la Instrucción 8.3-IC sobre señalización de obra se faculta a la Dirección General de Carreteras para desarrollar dicha orden mediante Ordenes Circulares que concreten su aplicación en la práctica.

En este sentido, en la Orden Circular 300/89 aprobada el 20 de marzo de 1989 se indica que toda la documentación exigida en la Orden Ministerial que aprueba la 8.3-IC referente al cumplimiento de la instrucción de señalización de obra debe incluirse dentro del Estudio de Seguridad e Higiene que recoja las medidas preventivas adecuadas a los riesgos que conlleva la realización de la obra.

El 28 de septiembre de 1989 se modifica por Orden Ministerial el mencionado artículo 104.9 del PG-3. En esta nueva redacción se detallan más las obligaciones de los contratistas.

*Las carreteras y la noche. " Ver y ser visto".*

Asimismo, en el Reglamento General de Carreteras aprobado el 2 de septiembre de 1994 se establecen las condiciones en que deben desarrollarse las obras de rehabilitación, conservación, mejoras de firme, elementos complementarios de seguridad vial y restablecimiento de las condiciones de las vías.

Por último, destacar la publicación en 1997 de los documentos "Manual de ejemplos de señalización de obras fijas", que facilita el manejo de la instrucción 8.3-IC, y "señalización móvil de obras" que viene a cubrir el vacío existente en lo que respecta la señalización de este tipo de obras.

## **4. PUNTUALIZACIONES, DEFICIENCIAS Y CARENCIAS DE LAS SOLUCIONES ACTUALES.**

### **4.1. ANÁLISIS COSTE-BENEFICIO DE LA ILUMINACIÓN DE LAS CARRETERAS.**

El análisis de rentabilidad de una inversión pública puede realizarse según diferentes criterios, como son las técnicas de multicriterio, de criterios sociales o los más utilizados en las últimas décadas que son los criterios economicistas que promueven la comparación en términos económicos de todos los efectos que se analicen.

La mayor o menor complejidad del proceso viene dada por la inclusión de los denominados "efectos externos". Estos efectos externos son colaterales a la propia realización de la obra, pero vienen influenciados o determinados claramente por esta actuación.

Los efectos externos tienen una difícil cuantificación económica (efectos sobre el paisaje, el medioambiente, la vida humana,...) y el manejo de los mismos está por lo tanto sometido a fuertes arbitrariedades.

Los criterios económico-financieros de rentabilidad permiten la comparación, no ya tan sólo de las distintas alternativas de un proyecto de inversión, sino la comparación entre distintos proyectos, lo que lo hace muy interesante para las Administraciones Públicas. Por esta razón, este estudio utiliza los criterios habituales de comparación coste-beneficio. En este método, se capitalizan los beneficios esperables de la inversión y los costes en los que es necesario incurrir (costes de instalación, funcionamiento y mantenimiento).

Desde la perspectiva de esta investigación, el único beneficio capitalizable como resultado de la iluminación de carreteras es el obtenido por una mejora de la seguridad vial: menos muertos y heridos, menores daños a bienes materiales y, en especial, vehículos. Esto no significa que estas ventajas sean las únicas que se producen con la iluminación de una carretera, pues las ventajas de comodidad para los usuarios, la potenciación del efecto de las señales de tráfico, etc., pueden suponer efectos ventajosos tan importantes o más que los derivados exclusivamente de la mejora de la seguridad vial.

Una vez visto el sistema de actuación, vamos a estudiar en términos económicos los elementos unitarios de valoración, teniendo en cuenta que se trata de valores aproximados, basados en datos experimentales de gran escala

i. Coste de los accidentes:

El criterio aquí adoptado es el fijado por la Cámara del Senado Español y por un prestigioso grupo de expertos de la Comunidad Europea. Este criterio eleva el coste de los accidentes de circulación a cifras que oscilan entre el 1 y el 2 % del PIB de los países avanzados, y que en el caso español se ha evaluado en un 60.000 millones de euros.

Según este criterio, el valor de la vida humana es del orden de 600.000 euros, el coste del herido es aproximadamente de 21.000 euros y los costes materiales están entorno a 3.000 euros.

ii. Costes del alumbrado de carreteras:

En el coste del alumbrado de una carretera se deben considerar sus tres vertientes:

- Instalación.
- Funcionamiento.
- Mantenimiento.

El coste de instalación viene dado por la preparación de canalizaciones, la instalación de los báculos, así como de la luminaria (o luminarias) correspondiente con el equipo necesario (cebadores, caja de control, etc.) y la lámpara. El coste de la primera instalación vendrá condicionado por las facilidades existentes par realizar una toma eléctrica y por el tipo y calidad de la configuración y los equipos dispuestos.

Como el objetivo del estudio no es el de analizar soluciones de proyecto, sino acercarnos a situaciones tipo que se pueden presentar en nuestras carreteras, se han elegido los siguientes precios medios:

- Para las carreteras convencionales de calzada única se propone un disposición de 33 báculos (separados 30 metros cada uno), en forma unilateral con lámparas de 300 watios y báculos de 10 metros de altura. El alumbrado de un kilómetro de carretera en estas condiciones daría un presupuesto total de 50.000 euros.

- Los costes de conservación y mantenimiento se establecen en 100 euros por punto de luz y año.
- Para el coste de funcionamiento se establece el precio de Kw/hora en 0.095 céntimos de euro y un período de funcionamiento anual de 4.000 horas.
- Para las carreteras con anchura superior a 10 metros y en especial autopistas y autovías se propone una disposición de 50 puntos de luz por kilómetro (báculos a 40 metros) de forma bilateral. Se utilizan lámparas de sodio de 400 vatios en báculos de 14 metros de altura.
- El coste de esta instalación se valora en 75.000 euros por kilómetro y los gastos de mantenimiento y funcionamiento se fijan en los mismos precios unitarios que para el primero de los casos contemplados.

### iii. Cálculo de la rentabilidad:

En el caso de las muertes en accidentes, se ha considerado más oportuno utilizar el ratio de la media nacional entre muertos y accidentados, ya que las cifras de muertos recogidas en los partes de tráfico no son absolutamente fiables cuando el afectado muere, como resultado del accidente, en un centro hospitalario.

El ahorro se ha establecido con la fórmula siguiente:

Ahorro = (% Disminución de víctimas nocturnas x % Víctimas nocturnas x Víctimas x Coef. Heridos x 21.000) + (% Disminución de víctimas nocturnas x % Víctimas nocturnas x Víctimas Totales x Coef. Mortalidad x 600.000) + (% Disminución accidentes nocturnos x % Accidentes nocturnos x Accidentes Totales x 3.000).

$$(\%Dv_n * \%v_n * Coef.h * 21.000) + (\%Dv_n * \%v_n * v_t * Coef.m * 600.000) + (\%Da_n * \%a_n * a_t \times 3.000)$$

Donde:

$Dv_n$  = Disminución víctimas nocturnas.

$v_n$  = Víctimas nocturnas.

$Coef.h$  = Coeficiente heridos.

$Coef.m$  = Coeficiente mortalidad.

$Da_n$  = Disminución accidentes nocturnos.

$a_n$  = Accidentes nocturnos.

$a_t$  = Accidentes totales.

Según los datos de la Dirección General de Tráfico en el periodo nocturno del año 2002 se registraron 28.846 víctimas (2.047 fallecidos y 26.799 heridos). De esta forma los coeficientes de heridos y muertos son los siguientes:

Coef. Heridos =  $26.799/28.846 = 0.929$

Coef. Muertos =  $2.047/28.846 = 0.071$

Los porcentajes de reducción de accidentes por la iluminación de la carretera serán los establecidos por la "American National Standard Practice for roadway Lighting" de la "Illuminating Engineering Society of North America" (1.977):

TIPO DE ACCIDENTE	reducción (%)
Accidentes de circulación	30
accidentes con víctimas	20
accidentes mortales	50
accidentes con heridos leves	45
atropellos nocturnos de peatones	50
accidentes nocturnos con otros usuarios	20

De esta forma se obtiene un ahorro anual aproximado de 390 millones de euros, mientras que el coste del alumbrado en la Red de Carreteras del Estado sería aproximadamente de 1600 millones de euros (de los que 1400 suponen el coste fijo de la instalación y unos 200 son los costes de funcionamiento y mantenimiento). Esto implicaría un periodo para la amortización de los equipos próximo a los 8 años.

## **4.2. SITUACIÓN DE LA ILUMINACIÓN EN ESPAÑA.**

En 1999, la Asociación Española de la Carretera llevó a cabo la "I Evaluación Visual de la Iluminación", con el objetivo de establecer el estado en que se encuentra la iluminación artificial de las carreteras del país, así como el coste aproximada para adecuarla a las exigencias necesarias. Para dar continuidad a dicho trabajo se ha realizado recientemente otra inspección visual en las mismas condiciones.

En la II Evaluación Visual de la Iluminación, realizada en 2004, se han analizado 38 tramos iluminados, obteniéndose los siguientes resultados cuantitativos:

- Un 26% de los tramos analizados presentan luminancias medias excesivas.
- Un 26% de los tramos analizados presentan luminancias medias adecuadas.
- Un 48% de los tramos analizados presentan luminancias medias deficitarias.
- Un 42% de los tramos presentan uniformidades adecuadas, mientras que un 58% las muestran deficitarias.

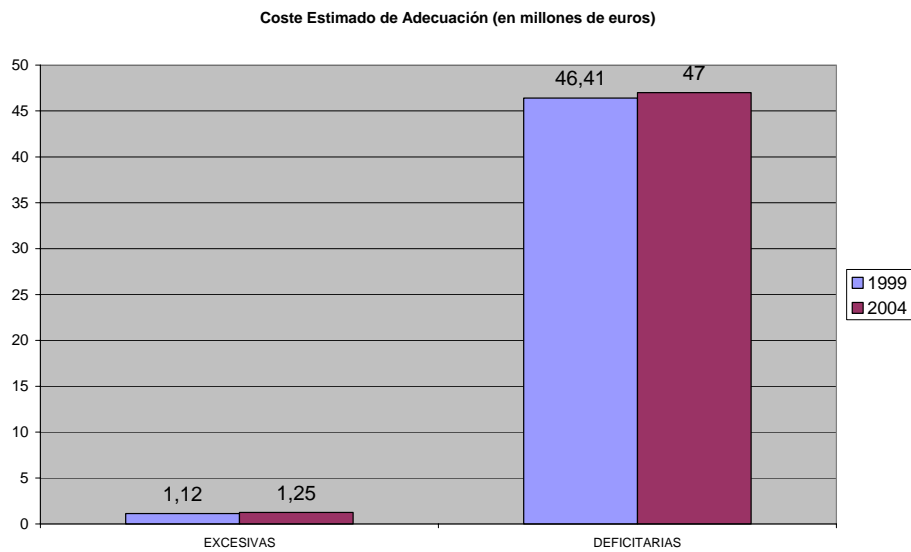
En la tabla siguiente se pueden comparar los resultados obtenidos en ambos trabajos.

	EXCESIVAS		RANGOS ADECUADOS		DEFICITARIAS	
	1999	2004	1999	2004	1999	2004
Luminancias medias	25% (10 tramos)	26% (10 tramos)	23% (10 tramos)	26% (10 tramos)	52% (18 tramos)	48% (18 tramos)
Uniformidades (contraste)	-----	-----	36%	42%	64%	58%
Coste estimado adecuación	(60 € punto luz) 1,12 millones €	(72 € punto luz) 1,25 millones €	-----	-----	(1.200 € punto luz) 46,41 millones €	(1.500 € punto luz) 47 millones €

Tal y como se observa, la situación actual es similar a la que se detectó hace 5 años, si bien se ha registrado un ligero descenso en los valores inferiores a los recomendados. Asimismo, existe un mayor número de instalaciones que han presentado valores de luminancia adecuados.

Por otro lado, en el Gráfico siguiente puede observarse que el coste estimado de adecuación es ligeramente superior al presentado en la evaluación de 1999. Los factores que han contribuido a esta situación son tanto la escasa diferencia entre los resultados como la subida del precio del dinero.

*Las carreteras y la noche. " Ver y ser visto".*



Para el cálculo del coste estimado de adecuación se ha considerado iluminada un 5% de la red, con puntos de luz cada 25 metros. Así, los costes estimados por puntos de luz han sido:

- 72 € por punto luz, para adecuar luminancias excesivas.
- 1.500 € por punto de luz, para adecuar luminancias deficitarias.

En otro estudio, realizado también en 1999 por esta entidad, en el que se realizó una evaluación de la iluminación interior y exterior de 72 obras subterráneas de la red española de carreteras, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

Respecto a la iluminación exterior:

- Sólo el 39% disponía de iluminación exterior, de los cuales el 75% era en la entrada y salida.

Respecto a la iluminación interior:

- El 42% de los mismos no presentaba iluminación interior.
- La longitud media de los túneles sin iluminar era de 197 m.
- De los túneles iluminadas, la distribución media de lámparas fundidas era del 15% en la entrada, 8% en el interior y 21% en la salida.
- Las disposiciones características eran las siguientes: 45% bilateral, 33% central y 21% unilateral.

Otras consideraciones:



- En numerosos casos se detectó una "inversión" de las fases nocturna-diurna.
- Se considera necesario sistematizar el empleo de medidores dinámicos en el exterior de los túneles.

Por otro lado, la AEC ha realizado recientemente un estudio en el que se han analizado los principales problemas que se generan habitualmente en las travesías y que causan mayor número de accidentes. Entre otros, una visibilidad deficiente, especialmente cuando una vía menor se une con una vía principal en un ángulo muy cerrada, es uno de los problemas que más destaca en este tipo de vías. Un problema adicional cuando las vías menores se unen en ángulo es que los conductores tienen que volver la cabeza para mirar otra vez a lo largo de la vía principal.

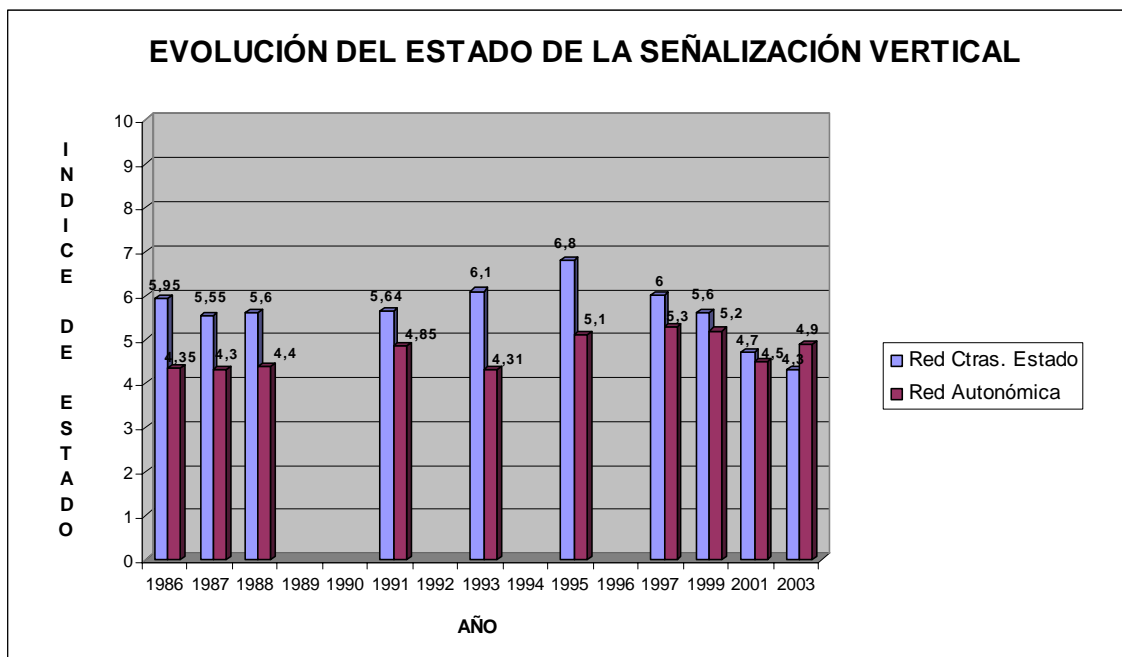
Una de las conclusiones de este estudio es que la adecuada visibilidad en intersecciones es fundamental para que operen de forma segura. Tanto la señalización de advertencia como la iluminación contribuyen considerablemente para conseguir dicho fin.

### **4.3. SITUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.**

#### **4.3.1. CALIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL.**

Para evaluar el estado de conservación de la señalización vertical de las carreteras de la Red del Estado y Autonómica del país, la Asociación Española de la Carretera ha desarrollado un programa informático que permite el tratamiento de una base de datos que contiene las características y deterioros de un número representativo de señales que se analizan de manera aleatoria cada dos años.

Estas inspecciones visuales, realizadas desde 1986, han permitido conocer tanto el estado de conservación de este equipamiento en el momento en que se realizaba el trabajo de campo, como su evolución a lo largo de los años, tal y como se muestra en la tabla siguiente.



Si se analizan los resultados obtenidos en las dos últimas campañas, se observa que mientras el estado de conservación de la señalización vertical en la Red Autonómica ha mejorado ligeramente (8%), aunque todavía no se pueda calificar como de aceptable su situación, en la Red de Carreteras del Estado sigue empeorando su estado, tendencia iniciada ya en 1997, obteniéndose con un 4,3 sobre 10 una calificación de deficiente, lo que significa un retroceso de un 7%.

Los principales deterioros que se han tenido en cuenta para obtener dichos resultados han sido la desintegración (pérdida de fragmentos de material reflectante o pintura), la erosión (desgaste del material reflectante debido a la acción de los agentes atmosféricos), oxidación (aparición de zonas oxidadas sobre la superficie de la placa) y decoloración (pérdida de color de la marca vial, en intensidad y tono, bien por envejecimiento o acumulación de suciedad).

En el siguiente cuadro puede observarse el porcentaje de señales que han obtenido una calificación de "deficiente" en la evaluación visual del año 2003, por haberse detectado un nivel elevado de estos deterioros.

DETERIORO	% en la Red de Carreteras del Estado	% en la Red Autonómica
Desintegración	2,2	9

<b>Erosión</b>	3	10,5
<b>Oxidación</b>	1,8	8,2
<b>Decoloración</b>	4,3	10,3

#### **4.3.2. ANTIGÜEDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL**

La antigüedad de las señales es otro de los aspectos que se analizan en las Inspecciones Visuales de la Señalización Vertical de las carreteras de la Red del Estado y Autonómica del país que, como ya se ha indicado, la Asociación Española de la Carretera realiza cada dos años desde 1986.

Para realizar esta valoración se tiene en cuenta que, según los fabricantes de señales, la garantía de la lámina retrorreflectante de las mismas es de 7 años.

En la última inspección realizada en el 2003 se obtuvo que por encima de esa edad se encuentran:

- el 51% de las señales evaluadas en la Red de Carreteras del Estado.
- el 46% de las señales evaluadas en las Redes Autonómicas.

Además, si se considera que, como media, en la Red de Carreteras del Estado se han instalado 7 señales por kilómetro y en las Redes Autonómicas 5,5 en esa misma distancia, las necesidades de reposición de señales antiguas serían las siguientes:

- Más de 94.000 señales en la Red de Carreteras del Estado.
- Más de 200.000 señales en las Redes Autonómicas.

#### **4.3.3. VISIBILIDAD DE LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL**

Si se tiene en cuenta que el conductor recibe la mayor parte de la información de la vía por medio de la vista, la visibilidad de la señalización vertical debe ser buena, de manera que pueda transmitir la información

que contiene con la suficiente antelación para que el conductor adapte tome las medidas oportunas. Sin embargo, esta puede disminuir ante la existencia de algún obstáculo, vegetación, carteles de publicidad.

Según los datos obtenidos en el trabajo de campo realizado en las inspecciones visuales de la AEC en el año 2003, de las 1.246 señales de las que se recogió información en la Red de Carreteras del Estado y 2.186 de la Red Autonómica, tenían una visibilidad deficiente:

- El 2% en la Red de Carreteras del Estado.
- El 3,5% en la Red Autonómica.

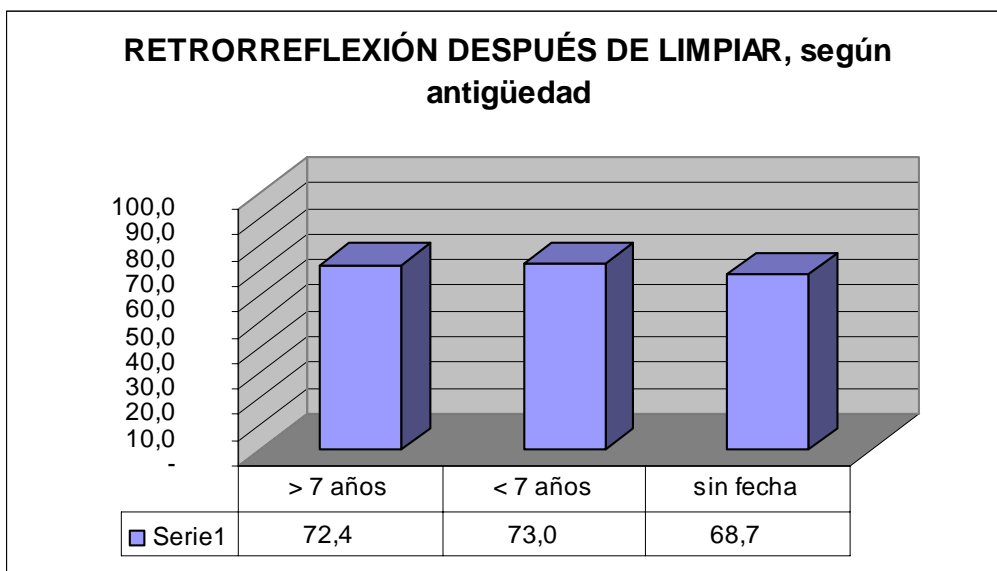
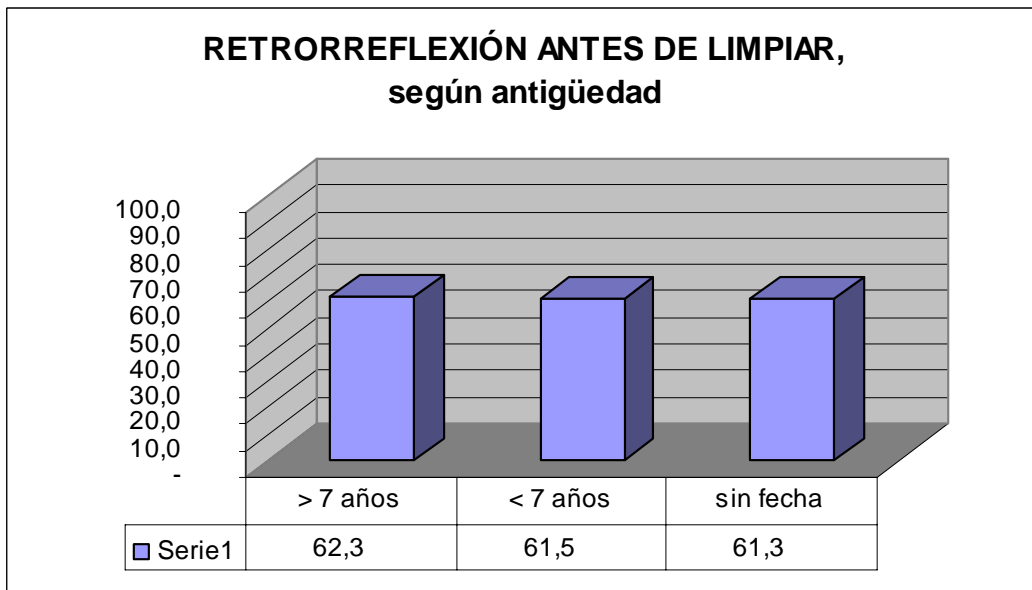
#### **4.3.4. ANÁLISIS DE OTROS ASPECTOS.**

Aunque no se trata de un defecto en sí, en las inspecciones visuales de la señalización vertical se toma nota de las señales que han estropeado las personas, habitualmente con pintadas. En este sentido, el 1% de las señales evaluadas en la RCE y el 4% en la RA ha sufrido estos actos con un alcance considerable.

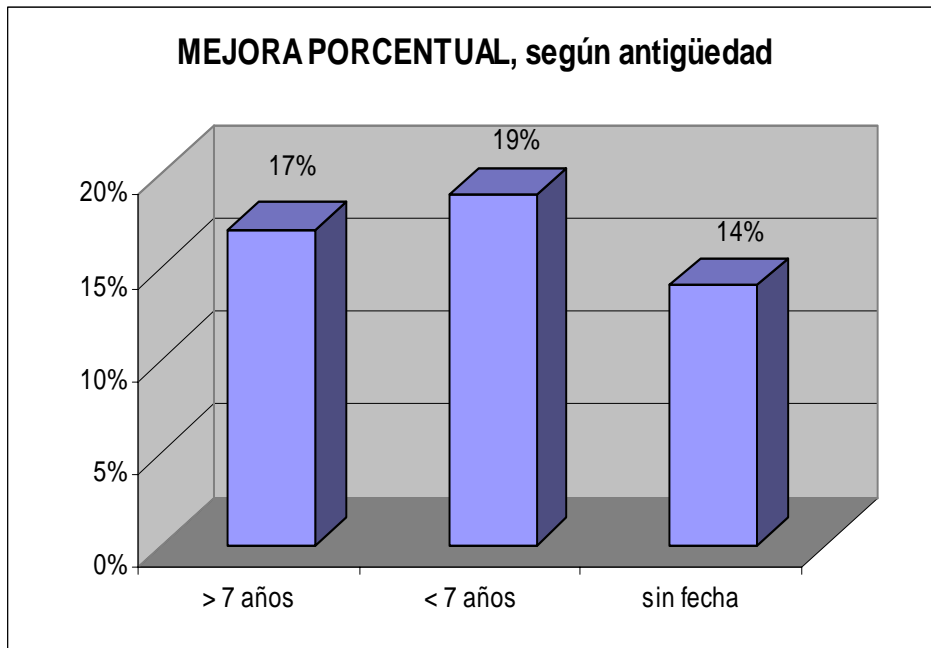
Por otro lado, como consecuencia de la exposición a las condiciones ambientales, las señales se cubren de una capa de partículas, lo que influye negativamente en sus niveles de reflexividad, produciendo un empeoramiento de la visibilidad de la información que contienen las mismas. Un adecuado mantenimiento podría mejorar esta situación.

Esto es lo que se puso de manifiesto en un estudio realizado en el año 2001 por la Asociación Española de la carretera, en el que se comprobó la mejoría de la retrorreflexión después de limpiar la parte de la señal en la que se realizó la prueba.

En los gráficos que se presentan a continuación puede observarse el nivel de retrorreflexión de 500 señales verticales, antes y después de limpiar.



Tal y como se observa en el gráfico siguiente, la mejora de la retroreflexión, según la antigüedad de las señales, es considerable, variando entre el 19% en las de menos de 7 años y el 14% en las que no se especificaba su fecha de fabricación



#### 4.4. SITUACIÓN DE LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL

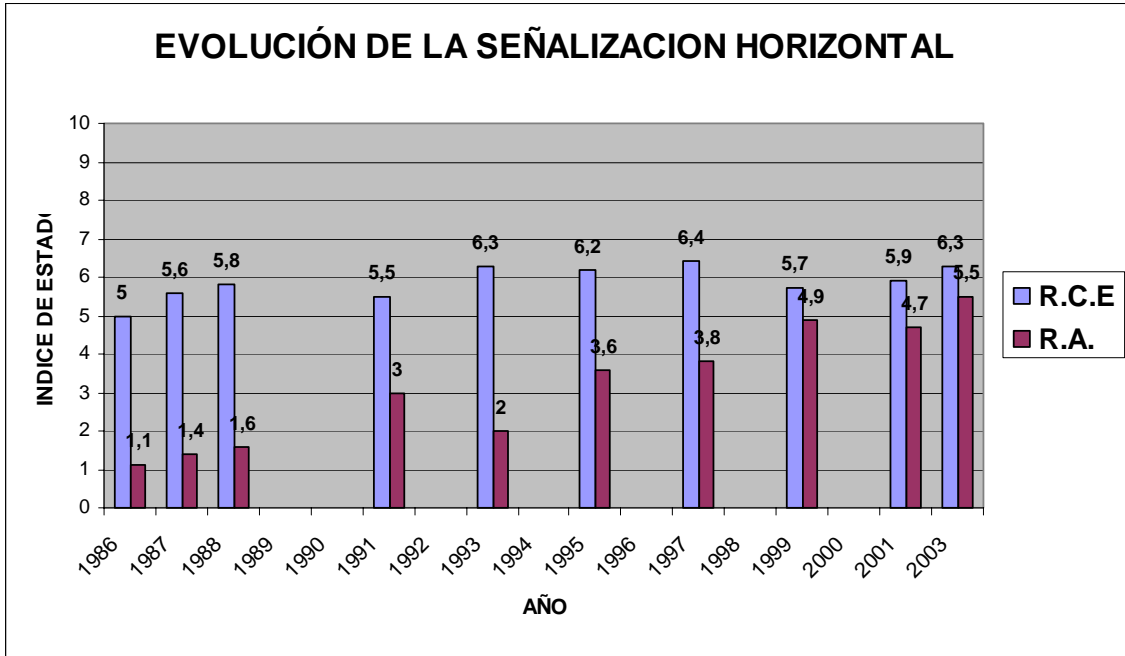
La vida útil de la señalización horizontal depende fundamentalmente de la intensidad de tráfico, la ubicación de la línea (separación de carriles o borde de la calzada), la composición del material y el espesor de la película.

Las marcas viales utilizadas de forma más generalizada en nuestro país son las pinturas convencionales que, según los expertos, tienen una vida de servicio comprendida entre 6 y 12 meses. Ciertas pinturas colocadas en zonas de alta intensidad de tráfico pueden incluso no durar, en óptimas condiciones de servicio, más de tres meses, mientras que otras llegan a superar el año.

Otro tipo de materiales pueden prestar servicio durante 3 o 4 años, pero parece que son muy escasos en nuestras carreteras.

En las inspecciones visuales de la AEC también se analiza el estado de conservación de la señalización horizontal. En el gráfico siguiente se puede observar los resultados que se han obtenido en los estudios realizados desde 1986. Para su entendimiento se presentan en forma de Índice de

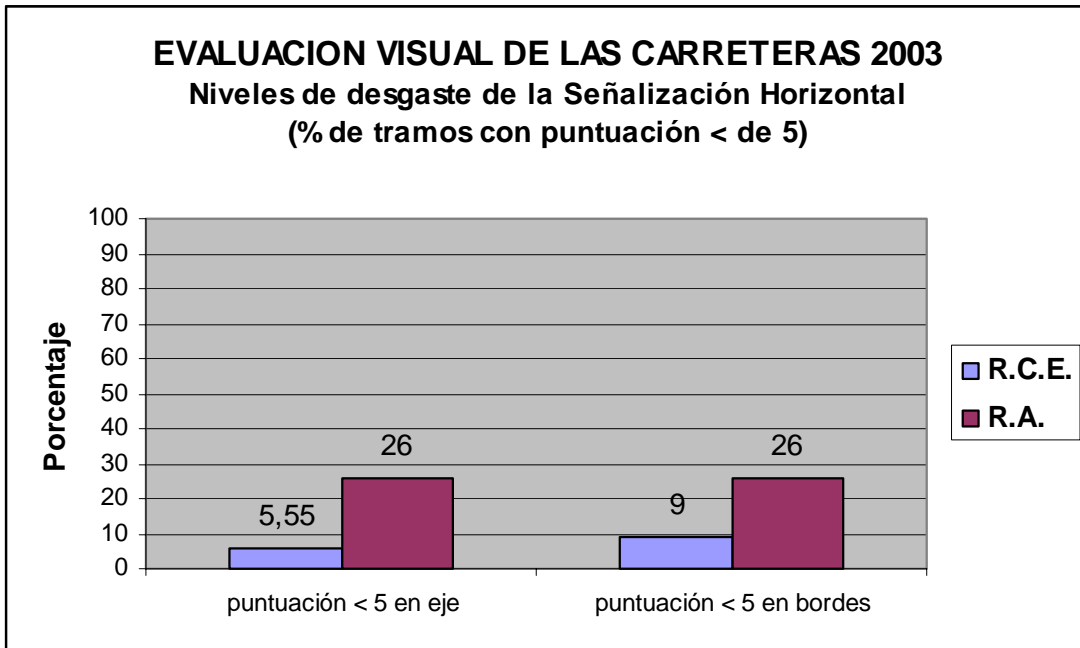
Estado de 0 a 10), equivalente a una nota ponderada obtenida a través de los deterioros considerados en cada evaluación.



Para obtener estos Indices de Estado generales, se analizan los siguientes aspectos:

- Desgaste en eje y bordes.
- Nivel de retrorreflexión.
- Decoloración en eje y bordes.

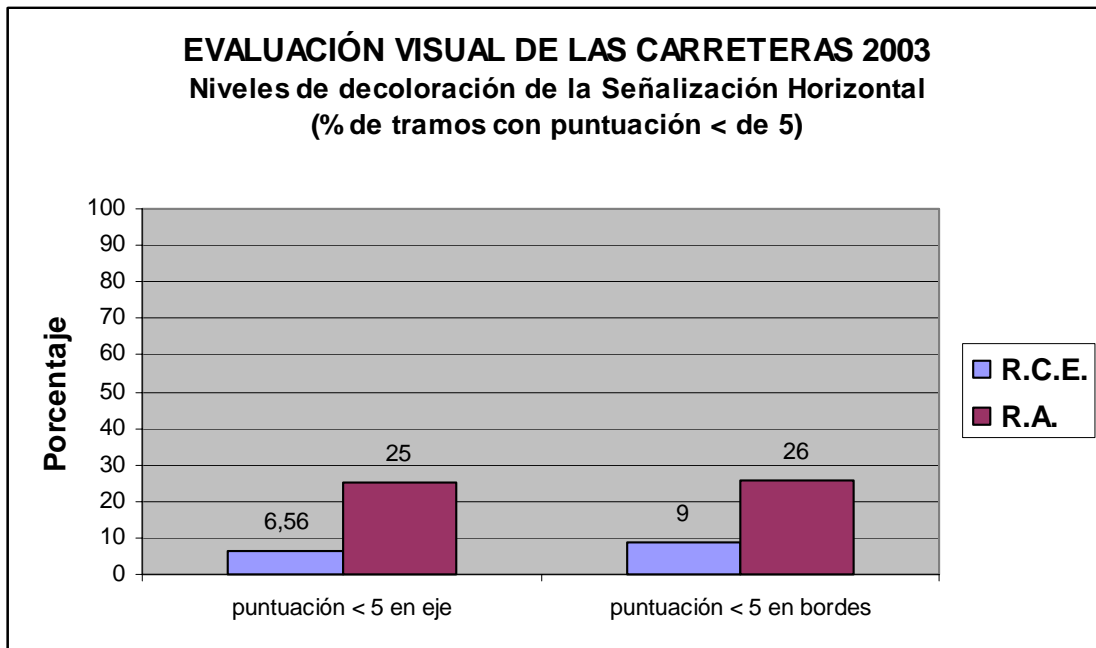
En la tabla que se muestra a continuación viene reflejado el porcentaje de tramos que han obtenido una calificación menor que 5 en cuanto al desgaste de la señalización horizontal en eje y bordes en la última campaña, realizada en el año 2003. Tal y como puede observarse, mientras este porcentaje no llega al 6% en la Red de Carreteras del Estado, en la Red Autónoma alcanza el 26%.



A lo largo del tiempo, se produce una pérdida de color de la marca vial en intensidad y en tono. Las causas de esta decoloración son tanto el propio envejecimiento de la misma, como la acumulación de la suciedad o el sangrado.

Según la inspección visual efectuada por la AEC durante el año 2003, el 25% de los tramos evaluados en la Red Autónoma tienen una señalización horizontal con unos niveles de decoloración considerable. Esto significa que la calificación de este aspecto en estos tramos está por debajo de 5, tanto en el eje como en los bordes.

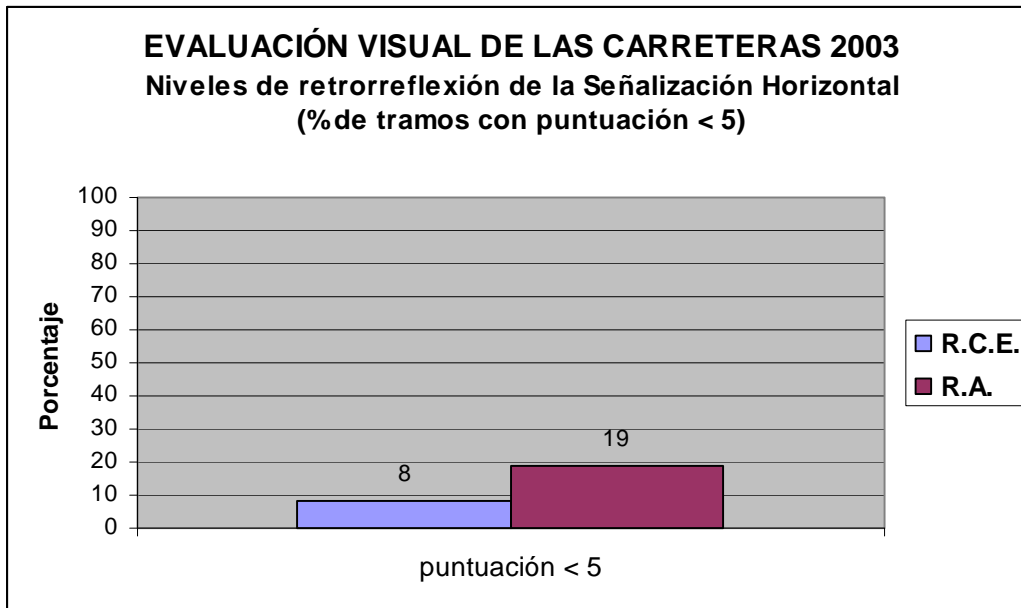




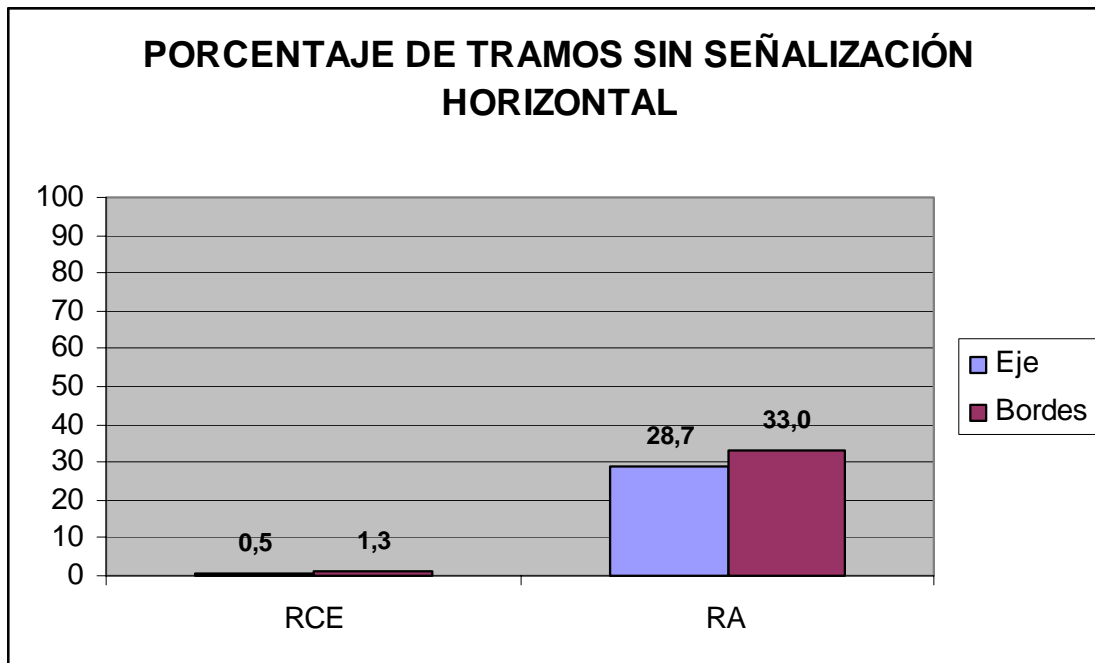
Por otro lado, la señalización horizontal debe ser percibida y diferenciable por parte del usuario tanto en condiciones de iluminación diurna o vías iluminadas, como en aquellas condiciones en las que la única iluminación es la que producen los faros de los vehículos y en ambos casos, tanto sobre pavimento seco como mojado o húmedo.

En este sentido, otro de los aspectos que se analizó en la inspección visual que la AEC llevó a cabo durante el año 2003, fue el nivel de retroreflexión de la señalización horizontal.

La visibilidad nocturna de un material es debida a la iluminación de los vehículos. Dicha visibilidad aumenta gracias a los elementos reflectantes que se incorporan a las marcas viales, microesferas de vidrio, en función de la cantidad y calidad de las microesferas de la pintura.



Finalmente, en el gráfico siguiente se muestra el porcentaje de tramos en los que se ha detectado la falta de señalización horizontal, destacando, como puede observarse el más del 30% en el caso de la Red Autónoma.



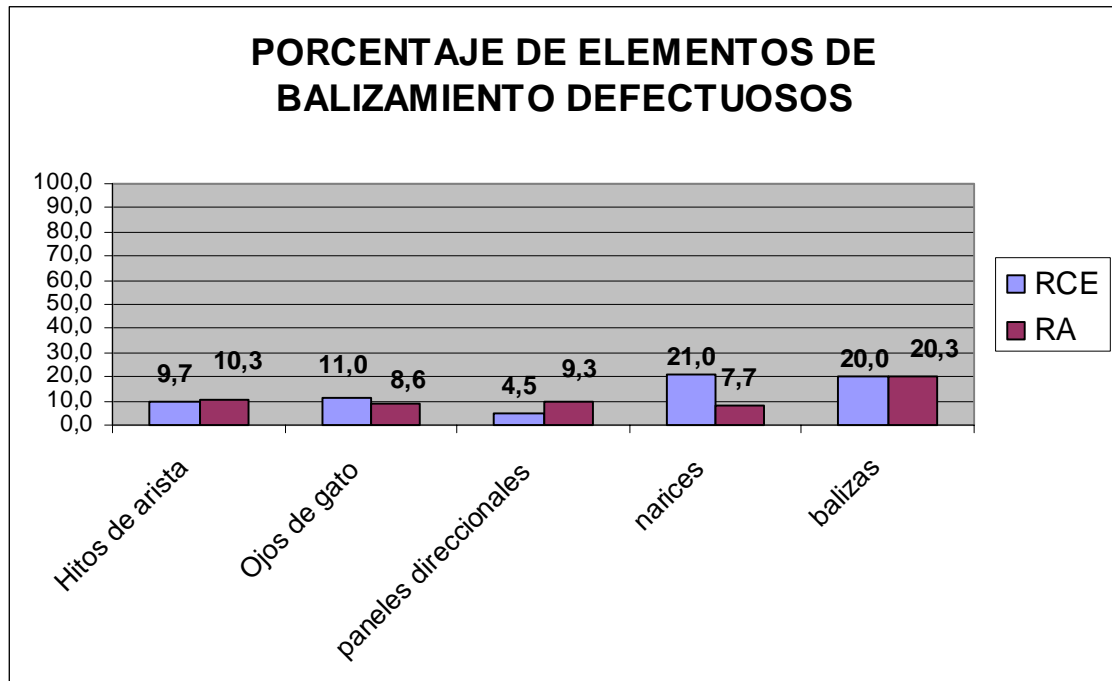
#### 4.5. SITUACIÓN DEL BALIZAMIENTO

En las inspecciones visuales mencionadas anteriormente se evalúa la existencia y estado de conservación de los elementos de balizamientos en los tramos de carreteras en los que se realiza el trabajo de campo, entendiendo como defectuosos aquellos que no cumplen adecuadamente con su función, situación que se produce si el dispositivo está sucio, está roto o derribado de su posición original, si está mal orientado o si se encuentra oculto por algún obstáculo o vegetación crecida en los márgenes de la calzada.

En la campaña realizada durante el año 2003 se obtuvo el porcentaje de tramos con algún tipo de balizamiento que se resume en la siguiente tabla.

	RCE	RA
<b>TRAMOS EVALUADOS</b>	1.279	2.276
Tramos con hitos	76,1%	24,2%
Tramos con ojos de gato	14,5%	7,9%
Tramos con paneles direccionales	4,8%	8,4%
Tramos con narices	1,3%	0,4%
Tramos con balizas	1,5%	0,6%
Tramos con todo	0	0

A continuación se muestra cual ha sido el porcentaje de elementos con algún tipo de defecto o deterioro.

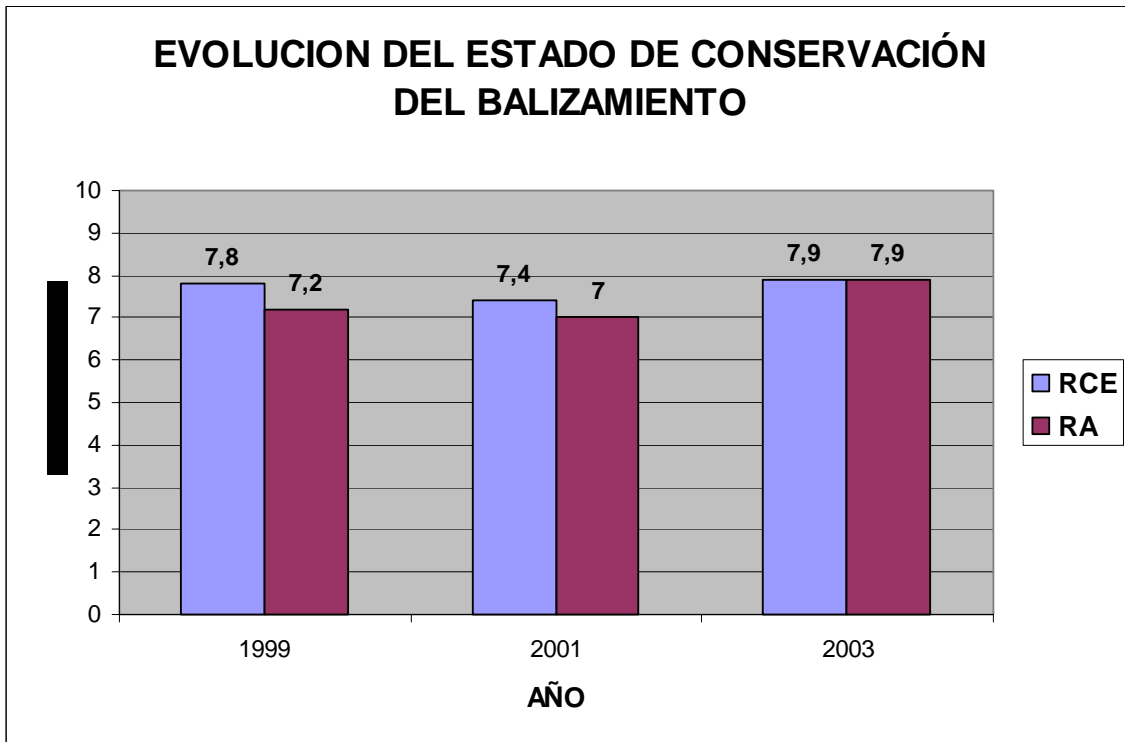


Otro elemento de balizamiento que se utiliza habitualmente, especialmente como complemento de las barreras de seguridad es el captafaros. Lo habitual es que cada tramo de 4 metros de barrera de seguridad contenga un captafaros en el centro.

En esa misma campaña, se observó que de los 677 tramos de la Red de Carreteras del Estado con barrera de seguridad metálica en los que se observó la existencia de captafaros, en 121 (18%) faltaba la mitad de los que, como ya se ha indicado, habitualmente se instalan. Asimismo, esta misma situación se detectó en 142 (20%) de los 692 tramos de la Red Autónoma con sistema de contención de vehículos.

Otro dato interesante que se obtiene en estos estudios es el Índice Global del estado del balizamiento, que en el año 2003 fue de 7,9 en las dos redes de carreteras, lo que equivale a decir que su estado de conservación es más que notable.

El gráfico siguiente muestra los Índices de Estado obtenidos en las tres últimas campañas. En él se puede observar la estabilidad del estado de conservación de estos elementos a lo largo del tiempo.



## 4.6. PUNTO BLANCO

### 4.6.1. CONCEPTO Y ESTUDIOS REALIZADOS.

En un intento por incorporar nuevos puntos de vista a la investigación en el mundo de la seguridad vial, la Asociación Española de la Carretera ha emprendido un proyecto de análisis de los tramos de carretera en los que no se producen accidentes con víctimas durante un determinado número de años.

El concepto de punto o tramo blanco, como contraposición al punto negro, constituye una nueva perspectiva que pretende identificar las características de los tramos de la red de carreteras que se consideran blancos, en términos de volumen y composición del tráfico, sección transversal, equipamiento,...; un análisis inicial limitó el estudio a la red convencional del Estado, debido a la mayor aleatoriedad de los accidentes en autopistas o autorías.

El punto blanco quedó definido como el tramo de 25 kilómetros de carretera convencional en el que durante un periodo mínimo de 5 años no se han producido accidentes con víctimas. Considerando el periodo comprendido entre 1989 y 1996, se identificaron los siguientes tramos blancos en la red convencional del Estado:

- 6 carreteras con tramos blancos en más de 200 kilómetros de su longitud.
- 7 carreteras con tramos blancos en 100-200 kilómetros de su longitud.
- 9 carreteras con tramos blancos en 50-100 kilómetros de su longitud.
- 18 carreteras con tramos blancos en 25-50 kilómetros de su longitud.

#### **4.6.2. RESULTADOS DEL ESTUDIO.**

Al proceso de identificación de tramos blancos le siguió un exhaustivo trabajo de campo y gabinete para determinar las características más importantes de esos tramos, con el objetivo final de detectar factores comunes en estos tramos que pudieran estar ligados al buen comportamiento desde el punto de vista de la seguridad.

Dejando a un lado la composición del tráfico, velocidad, secciones transversales óptimas, aspectos meteorológicos,... y confiándonos al equipamiento de la carretera, se puede concluir que los tramos blancos presentan las siguientes características:

- Existe señalización horizontal en el borde y en los ejes de la vía en toda su longitud.
- La señalización horizontal presenta un nivel de retroreflexión superior a 150 mcd/lux-m<sup>2</sup>.
- Existe señalización vertical en toda la longitud del tramo blanco.
- La señalización vertical presenta un tamaño superior a los 90 centímetros de lado o radio y está dentro de su periodo de garantía, establecido en 7 años.
- La retroreflectancia de las señales es de nivel I.
- Todos los tramos blancos están balizados con hitos de arista.
- Se pone de manifiesto la importancia de la existencia y estado de conservación de la señalización vertical, marcas viales y elementos de balizamiento para mejorar las condiciones de seguridad de la

circulación durante la noche, en el crepúsculo o/y ante condiciones meteorológicas adversas.

## 4.7. LA OPINIÓN DEL USUARIO

### 4.7.1. VALORACIÓN SOCIAL DE LA RED DE CARRETERAS ESPAÑOLA.

El estudio "Valoración social de la red de carreteras española. Un instrumento para la gestión de la seguridad vial", elaborado por la Asociación Española de la Carretera para el Instituto Mapfre de Seguridad Vial, publicado en el año 2000, supone un referente en la consideración de la percepción del usuario, como clave para el establecimiento de políticas de gestión destinadas a la satisfacción del usuario.

Los paneles de expertos que se constituyeron en las fases previas del estudio arrojaron, entre otras, las siguientes conclusiones:

- Desde el punto de vista del equipamiento, el aspecto más beneficioso a la hora de circular por una carretera es la iluminación de la misma.
- Desde el punto de vista de la señalización vertical, el aspecto más altamente valorado es la visibilidad de las señales.

Los grupos de discusión, constituidos por conductores no profesionales y expertos del sector de la carretera, analizaron los aspectos más valorados de nuestras vías. Los resultados obtenidos en dichos encuentros se presentan en la tabla siguiente.

EL TRAZADO	- Se menciona poco.
EL FIRME	- Muy mal drenaje.
LA SEÑALIZACIÓN VERTICAL	- A veces excesiva, confusa.
LA SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL	- Se considera muy necesaria. - Muy escasa y deficiente en ctras. Comarcales.
EL EQUIPAMIENTO	- <b>Escasa iluminación.</b> - Las barreras metálicas dan miedo. - Los laterales de cemento incomodan.

Tal y como puede observarse, los usuarios que integraron los grupos de discusión destacaron los siguientes aspectos:

*Las carreteras y la noche. " Ver y ser visto".*

- Los usuarios detectan escasez de iluminación en las carreteras.
- Los usuarios realizan una valoración positiva de la existencia de elementos de balizamiento como los ojos de gato.

Las 1.222 encuestas domiciliarias realizadas permitieron establecer los aspectos más importantes para los usuarios , que se encuentran recogidos en la tabla siguiente.

	Lo + importante	Lo - importante
<b>Firme y Trazado</b>	Buen drenaje del asfalto	No hay elementos de nula importancia para los entrevistados
<b>Equipamiento</b>	<b>Iluminar más tramos conflictivos</b>	Instalaciones de bandas sonoras
<b>Servicios</b>	Aumentar y mejorar las áreas de servicio	Plantar árboles en medianas y laterales

Respecto al equipamiento, cabe destacar el siguiente resultado:

La iluminación de tramos conflictivos figura como una de las medidas más demandadas para los usuarios.

Las 3.950 encuestas realizadas a usuarios que circulan habitualmente por carreteras interurbanas arrojaron, entre otros, los siguientes resultados:

- La visibilidad de las señales figura como el aspecto más valorado en señalización vertical en todo tipo de vías; se trata de la opinión del 50% de los encuestados.
- La iluminación de tramos conflictivos es para los encuestados el aspecto más importante en cuanto al equipamiento adicional de la carretera.

Por último, las encuestas realizadas a técnicos de la Administración sirvieron para corroborar la importancia concedida a la iluminación de las carreteras, así como a la visibilidad de la señalización vertical, obteniendo los resultados que se resumen en el cuadro siguiente.



	EL ASPECTO PRIMORDIAL DE CADA APARTADO	LA MEJORA PERCIBIDA COMO + BENEFICIOSA
TRAZADO	Visibilidad.	Radios de las curvas.
FIRME	Evacuación de agua de lluvia.	Pavimento: seguridad, comodidad, nº y ancho de carriles.
SEÑALIZACIÓN	Visibilidad de la señalización de adelantamiento, parada y cruce.	Visibilidad (evitar pérdidas de atención del conductor)
EQUIPAMIENTO	Seguridad y estado de las barreras de seguridad.	<b>Iluminación.</b>
SERVICIOS ANEJOS A LA CARRETERA	Gasolineras: accesibilidad desde la vía. Áreas de descanso: niveles de dotación. Establecimientos hoteleros: limpieza.	Planificación. Seguridad.
ENTORNO NATURAL	Obstáculos en márgenes de la carretera.	Limpieza del entorno.
SERVICIOS DE ASISTENCIA EN CARRETERA	Existencia y buen funcionamiento de postes SOS.	Postes SOS: facilidad de uso.
SEGURIDAD VIAL	Calidad de trazado.	Estado de conservación del firme.

Respecto a la iluminación, destacan las siguientes conclusiones:

La visibilidad de la señalización es valorada con la puntuación máxima en todo tipo de vías.

La iluminación de tramos conflictivos es valorada con la segunda puntuación máxima en el contexto del equipamiento adicional de la carretera.

#### 4.7.2. VALORACIÓN SOCIAL DE LAS CARRETERAS DE LA CUADRILLA DE AYALA (ÁLAVA).

El estudio, enmarcado en el Plan de Seguridad Vial de la Cuadrilla de Ayala, consistió en la distribución, recogida y análisis de 1.800 encuestas

entre los vecinos de este territorio, con el objetivo de conocer la opinión de los usuarios de sus carreteras y tenerla en cuenta a la hora de fijar acciones concretas con vistas a la reducción de la accidentalidad.

Entre todos los resultados obtenidos interesa en este contexto citar el siguiente:

La iluminación de tramos conflictivos figura entre los tres elementos del equipamiento adicional de la carretera que el usuario considera más importantes.

#### **4.7.3. OTROS ESTUDIOS.**

Por otro lado, en una encuesta realizada por el Real Automóvil Club de Cataluña junto con la Comisión de Transportes del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos entre sus asociados, con el objetivo de averiguar qué valoran más positivamente los conductores de las carreteras que atraviesan habitualmente, se obtuvieron los siguientes resultados:

- La seguridad vial fue el aspecto más altamente valorado, con una puntuación de 7,8. Uno de los aspectos más considerados era la existencia de iluminación en la vía.
- La señalización vertical fue valorada con un 6,0; entre los aspectos más considerados estaba su visibilidad.

#### **4.7.4. ENCUESTAS A PROFESIONALES DEL TRANSPORTE.**

Con vistas a conocer de primera mano la opinión de los profesionales del transporte, se ha elaborado una encuesta en la que se han incluido preguntas acerca de la utilización de dispositivos retrorreflectantes y la importancia de la iluminación en las carreteras. Su difusión se realizará a través de la Fundación Corell, organismo que aglutina a multitud de empresas de transporte de viajeros y mercancías en España.

En el Anexo 1 se incluye el modelo de encuesta.

## **5. SOLUCIONES Y RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD DURANTE LA NOCHE Y EL CREPÚSCULO.**

### **5.1. EL NUEVO REGLAMENTO.**

Ya en el Reglamento General de la Circulación, en el artículo 123, se recoge la obligatoriedad de los peatones para hacerse ver cuando circulan por carretera:

*"Fuera de poblado, entre la puesta y la salida del sol o en condiciones meteorológicas o ambientales que disminuyan sensiblemente la visibilidad, todo peatón, cuando circule por la calzada o el arcén, deberá ir provisto de un elemento luminoso o retro-reflectante homologado que sea visible a una distancia mínima de 150 metros para los conductores que se le aproximen, y los grupos de peatones dirigidos por una persona o que formen cortejo llevarán, además, en el lado más próximo al centro de la calzada, las luces necesarias para precisar su situación y dimensiones, las cuales serán de color blanco o amarillo hacia adelante y rojo hacia atrás y, en su caso, podrán constituir un solo conjunto".*

Así mismo, en la Ley 19/2001, de reforma del texto articulado de la Ley sobre Tráfico, Circulación de Vehículos a Motor y Seguridad Vial se incluye la siguiente disposición:

*"El Gobierno regulará reglamentariamente, de acuerdo con la normativa europea, la incorporación de elementos de seguridad que hagan visible al conductor, cuando viéndose obligado a detener el vehículo en carretera, deba salir de éste".*

El hecho de que más de la mitad de las muertes por atropello tengan lugar en el crepúsculo o la noche hace que sea necesario plantearse medidas que mejoren la visibilidad de los peatones, de igual forma que promulga la nueva ley de tráfico sobre los ciclistas, en su artículo 42 que dice:

*"Las bicicletas estarán dotadas de elementos reflectantes homologados. Igualmente, cuando sea obligatorio el uso de alumbrado, los ciclistas además, llevarán colocada alguna prenda reflectante en vías interurbanas".*

En el ámbito internacional, cabe destacar el caso de Italia, país en el que a partir del 1 de Enero de 2004 será obligatorio el uso del chaleco reflectante para todos los usuarios que en caso de emergencia deban descender del vehículo.

Por otro lado, el Ministerio de Transporte de Portugal incluirá la obligatoriedad del uso del chaleco en el próximo Código de Tráfico.

## **5.2. DISPOSITIVOS REFLECTANTES PARA VEHÍCULOS PESADOS.**

### **5.2.1. ESTUDIOS REALIZADOS SOBRE MARCAJE DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE DE MERCANCÍAS CON DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES**

#### **5.2.1.1. "Marcaje retrorreflectivo de vehículos" (Universidad de Darmstadt, Alemania, 1983).**

##### i. Aspectos generales.

El continuo aumento del volumen del tráfico de mercancías y las especiales características de éste, como una conducción más lenta, puede convertir al camión en un peligroso obstáculo para el resto de vehículos. Por otra parte la percepción visual está claramente limitada por la noche.

Para los vehículos comerciales existía un marcaje mínimo con reflectores situados en el lateral. Sin embargo, estos dispositivos fallaban, unas veces por su pequeño tamaño, otras veces por estar sucios, lo que provocaba en ocasiones que se reconociese al camión demasiado tarde.

Por todos estos motivos, desde 1983, la universidad de Darmstadt comenzó las investigaciones sobre los problemas de visibilidad en vehículos de transporte de mercancías en condiciones de poca luz.

##### ii. Proyecto de investigación.

Para el análisis del marcaje de los vehículos se realizó un estudio experimental en el que se analizaron 15 disposiciones distintas para el lateral y otras 15 disposiciones para la parte trasera del vehículo, de

disponer el material reflectante en el camión para tratar de determinar cuales eran las más favorables, clasificándose como deslumbrante-no perceptible, muy claro-perceptible, percepción óptima, muy oscuro-perceptible o muy oscuro-no perceptible en función de la disposición del material reflectante tanto en el lateral como en la parte trasera del vehículo.

Se analizaron además las diferentes posibilidades de acondicionar con material reflectante los camiones que por el tipo de carga que transportan tienen una tipología especial distinta de la habitual.

Se realizaron estudios para determinar en qué medida el paso del tiempo y la suciedad influía en la calidad del material retrorreflectante utilizado.

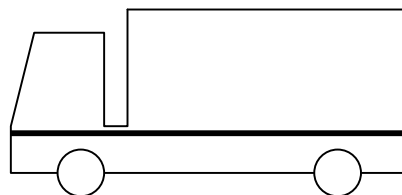
El estudio más importante realizado fue el de accidentalidad, éste se realizó durante un periodo de tiempo de dos años, comparando los accidentes achacables a que no se identificara el camión a tiempo, analizándose un grupo de 1000 camiones marcados con material retrorreflectante y comparándolo con otro grupo del mismo tamaño sin marcar.

Por último se analizó la presencia de publicidad en los vehículos de transporte de mercancías, estudiando la posibilidad de la colocación de material retrorreflectante como parte de esta publicidad. Se analizaron diversos aspectos como el tamaño, la longitud de las palabras, los colores, el número de palabras, la presencia de logotipos. Para ello, se clasificaron un gran número de camiones en diversas categorías en función de su publicidad (muy molesta, molesta, aceptable, noticable o no noticable).

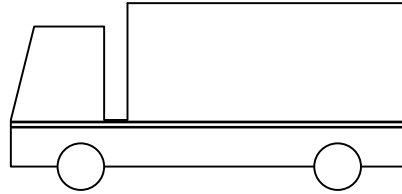
### iii. Resultados.

En este estudio se determinó que las disposiciones más favorables eran:

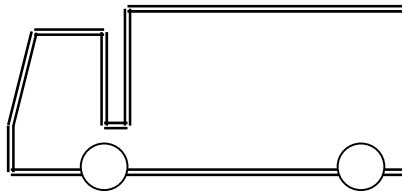
Línea gruesa:



Doble línea:



Contorno marcado:



De estos estudios se obtienen como principales resultados que la calidad de la percepción aumenta cuando se marcan áreas grandes y que la mejor forma de reconocer el obstáculo (en este caso el camión), es marcando la silueta del mismo. Analizándose el tiempo que se tarda en identificar el vehículo se obtienen unos valores muy superiores para los camiones marcados con puntos que los marcados con líneas, siendo, el vehículo que obtiene mejores resultados el que ha sido marcado todo su contorno con líneas continuas de 10 cm. de anchura.

Del estudio tanto del paso del tiempo como de la suciedad en las distintas partes del camión, se determinó la variación del coeficiente de retroreflexión, obteniéndose reducciones totales cercanas al 50 % después 2-3 años.

El resultado de mayor interés de este estudio es el obtenido como consecuencia del análisis de la accidentalidad. Obteniéndose como resultado que, sobre los 1000 camiones sin marcas reflectantes se recogieron 30 accidentes significativos, mientras que sobre los otros 1000 camiones con marcas reflectantes se recogió únicamente 1 accidente significativo. Esto refleja un descenso en este tipo de accidentes de más de un 95 % , sin duda un valor a tener en cuenta porque supone que la accidentalidad como consecuencia de no reconocer el vehículo quede reducida a unos valores muy bajos.

La conclusión de este estudio refleja los claros beneficios de cara a la seguridad que tiene el uso de estos elementos de iluminación pasiva, en el contorno del vehículo en combinación con la utilización de publicidad retrorreflectante (clasificada como aceptable), evidenciando la necesidad de la utilización de este material.

**5.2.1.2. "Mejora de la identificación del vehículo comercial y sistemas de señalización". Parte III: "Evaluación de campo de vehículos con reflectorización efectiva". (Departamento de Transportes, EEUU, 1985).**

i. Aspectos generales.

El propósito de este estudio, que duró cerca de 2 años, era evaluar la reducción de accidentes en camiones pesados como consecuencia del uso de reflectorización en el vehículo.

A pesar de que el porcentaje de camiones que circulan por las carreteras estadounidenses representa únicamente un 2 %, están involucrados en cerca de un 9 % de los accidentes con fallecimientos en carretera, siendo los principales afectados los ocupantes de los vehículos que colisionaban con los camiones. Entre las causas detectadas en los conductores de los otros vehículos involucrados se determinaron algunas como el consumo de alcohol y otras drogas, empeoramiento de las condiciones de visibilidad por causas meteorológicas, distracciones, errores al estimar la velocidad del vehículo pesado -sobre todo en rampas- y falta de habilidad en los conductores.

ii. Proyecto de investigación.

En primer lugar se analizaron los datos de accidentes y los principales problemas, entrevistando a las principales compañías, así como los requerimientos funcionales de los conductores. Se analizaron los distintos materiales retrorreflectantes para realizar estudios tanto en laboratorio como en campo. Se diseñaron sistemas específicos de bajo coste para probarlos en distintas flotas de camiones y se preparó un plan detallado para su análisis.

Para la determinación de los vehículos que formaran parte del estudio se determinó que debían ser de gran tamaño, tener una alta exposición a accidentes, no presentar logotipos pintados ni con material reflectante, no

disponer de ninguna luz adicional, disponer de un sistema para el informe de accidentes en operación y realizar operaciones por una gran variedad de la geografía del país.

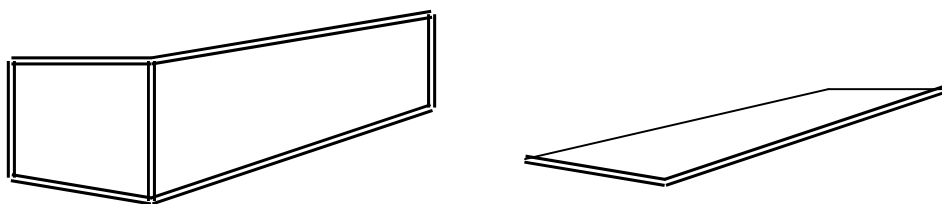
El material reflectante fue elegido considerando como criterios el brillo, la facilidad de colocación, la durabilidad y el coste, siendo finalmente elegido un material con alternancia de los colores rojo y blanco o azul y blanco. El coste del material por cada camión fue aproximadamente de 27,50 dólares, mientras que el coste de instalación varió entre 26 y 70 dólares por cada camión, por lo que el coste total del material y la instalación resultó entre 53,50 y 97,50 dólares.

También se realizaron estudios sobre accidentalidad, clasificando cada uno de los accidentes en función de quién provocó el accidente, es decir, si fue el camión el que golpeó al vehículo/s implicado/s o si es el vehículo el que golpeó al camión. Además, un experto determinaba si el accidente pudiera atribuirse a las características de visibilidad del camión.

### iii. Resultados.

Las recomendaciones que se dieron sobre la configuración del material reflectante inicialmente consistían en cubrir todo el contorno lateral y trasero de la caja del camión, aunque finalmente se limitó a una línea lateral manteniéndose la recomendación sobre el contorno trasero.

Las disposiciones fueron las siguientes:



Después de 23 meses de estudio, 1910 camiones recorrieron 106,44 millones de millas, de las cuales el 68 % se recorrieron de noche y el resto de día. Los resultados obtenidos en los estudios sobre accidentalidad fueron una reducción del 18 % de las colisiones en las que los vehículos chocaron contra camiones con marcaje reflectorizante. De esta reducción se produjo un 16.3 % de reducción en los accidentes producidos por el día y



un 21,2 % en los ocurridos de noche, poniendo en manifiesto que tiene una mayor eficacia cuando las condiciones de visibilidad son peores.

Los datos recibidos sobre el coste que supusieron para las empresas los accidentes ocurridos fueron insuficientes como para poder realizar un estudio completo de la relación coste-beneficio de la instalación de las marcas reflectantes en el camión. Sin embargo, la utilización de otros datos sobre el coste de los accidentes en camiones permitió observar una reducción del coste de los daños producidos y realizar un análisis coste-beneficio más creíble.

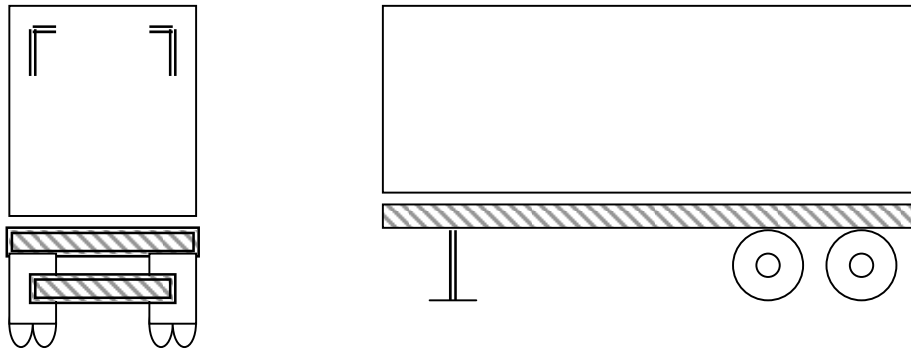
Este estudio fue capaz de evaluar la efectividad de los diseños de marcaje retroreflectante para camiones seleccionados. Aunque los resultados generales fueron positivos, hubiese sido interesante poder conocer los efectos que hubieran tenido otras posibles configuraciones. Conocer en qué medida influye el marcaje de todo el perímetro; la utilización de otras combinaciones de colores, como por ejemplo el verde-blanco o el naranja-blanco; la utilización de otro material retroreflectante con distintos ángulos de dispersión o en qué medida la integración de los elementos de reflexión en los logotipos del camión habrían influido en la accidentalidad.

#### **5.2.1.3. "Efectividad de los tratamientos para la identificación de camiones pesados bajo diferentes condiciones meteorológicas" (Universidad de New Brunswick, Canadá, 1997).**

##### i. Aspectos generales.

En enero de 1997 entraron en vigor en Canadá las primeras regulaciones sobre la utilización de material reflectante en camiones pesados siguiendo los pasos en esta materia de Estados Unidos, que regulaba la utilización de este material para la condiciones de conducción nocturna. Al mismo tiempo que se producían estas modificaciones, se desarrollaba este estudio en el que se pretendía contrastar la efectividad de las distintas configuraciones de material retrorreflectante bajo cuatro condiciones meteorológicas distintas: claridad, lluvia, nieve y niebla.

La configuración mínima adoptada en ese momento por NHTSA es la representada en la figura, con una línea con alternancia del blanco y el rojo situada en toda la parte inferior de la caja del camión y un marcaje con puntos blancos en las esquinas de la parte trasera.



## ii. Proyecto de investigación.

En el estudio, un total de 120 participantes tomaron parte y mediante grabación de video se obtuvieron toda una serie de pruebas de campo que fueron analizadas. Las observaciones que se realizaron fueron una grabación completa del equipamiento del vehículo, así como una grabación a 800 metros del vehículo. Distancias superiores a los 800 metros se consideraron irrelevantes para tomar la decisión de realizar una parada en caso de necesidad. Pequeñas marcas cada 100 metros ayudaban a calibrar la distancia en el laboratorio.

Estos análisis se realizaron en presencia de distintas condiciones meteorológicas: lluvia, niebla, nieve y claridad y en las dos posiciones posibles, es decir, en la misma dirección del vehículo y perpendicular al mismo.

Las distintas configuraciones del material reflectante se dispusieron con tiras de láminas metálicas unidas al camión utilizando velcro, para una mayor facilidad a la hora de cambiar la disposición. Las disposiciones estudiadas fueron ocho para la parte trasera y cuatro para la parte lateral. Las disposiciones traseras fueron: contorno completo con línea blanca, línea blanca en la parte inferior, dos líneas blancas horizontales (una en la parte superior y otra en la inferior), contorno completo con línea roja/blanca, dos líneas roja/blanca horizontales (una en la parte superior y otra en la inferior), una línea roja/blanca en la parte inferior de la caja, el modelo de NHTSA (figura anterior) y unas líneas de puntos que bordean las puertas de la caja. Las disposiciones laterales eran: línea blanca horizontal en la parte inferior, línea roja/blanca horizontal en la parte inferior, línea blanca a trozos situada en la parte inferior y línea roja/blanca a trozos situada en la parte inferior del lateral de la caja del camión.

El primer análisis trataba de determinar las distancias de reconocimiento del vehículo y el segundo trataba de evaluar de forma subjetiva cada una de las distintas disposiciones, utilizando una escala del 1 al 5.

### iii. Resultados.

Uno de los resultados más interesantes fue la determinación de las distancias de reconocimiento para las distintas condiciones meteorológicas, detectando una reducción para la determinación de la parte trasera del camión de entre el 50 y el 70 % de la distancia en condiciones de lluvia o nieve, una reducción cercana al 90 % en presencia de niebla; y una reducción para la parte lateral de entre el 30 y 45 % cuando las condiciones cambian de claridad a lluvia o nieve y se muestra de nuevo ineficaz en condiciones de niebla.

Todas las disposiciones obtuvieron resultados muy superiores a los que obtuvo el estudio sin la utilización de ningún mensaje, siendo la disposición de una línea blanca en todo el contorno la que se mostró como la que mejores resultados obtuvo bajo todas las condiciones meteorológicas. Es interesante ver como la disposición establecida por la NHTSA ocupó una posición en el ranking de cuarto o quinto según la condiciones del tiempo.

Las diferencias encontradas entre la utilización de línea blanca continua, línea blanca discontinua y las disposiciones con línea continua roja/blanca no fueron significativas en la parte trasera del vehículo. Donde sí se encontraron diferencias fue en la parte lateral, donde en condiciones de lluvia la utilización de una línea roja/blanca era más efectivo.

En cuanto al análisis subjetivo de la efectividad de las distintas disposiciones de la parte trasera obtuvo la mejor puntuación el marcaje de todo el contorno con una línea blanca continua seguida del marcaje del contorno con una línea continua roja/blanca y de dos líneas discontinuas horizontales (una en la parte superior y otra en la parte inferior). Destacó que la disposición de NHTSA obtuvo el quinto puesto. En cuanto a la parte lateral, fue la línea blanca continua fue la obtuvo mejores resultados.

**5.2.1.4. "Determinación de los vehículos a motor y bicicletas". Parte III: "Materiales retrorreflectivo y fluorescente". (Departamento de Medio Ambiente, Transportes y Regiones, Reino Unido, 1998).**

i. Aspectos generales.

Como el volumen de tráfico está aumentando, el gobierno inglés entiende la necesidad de introducir nuevas medidas de seguridad. En este sentido, se considera muy importante que los conductores tengan una clara información de lo que les rodea, detectando e identificando los otros tipos de vehículos que utilizan la carretera.

Los principales objetivos de este estudio fueron determinar la mejor forma de usar materiales retrorreflectantes y fluorescentes, evaluar las propuestas internacionales, determinar si la legislación existente (ECE104) es adecuada y proponer las posibles mejoras si fuese necesario.

ii. Proyecto de investigación.

En un primer momento se estudió de qué manera influía el factor humano en la identificación del vehículo.

A continuación se hace un análisis de los accidentes y sus causas y en qué manera afecta el no detectar a tiempo el otro vehículo, determinándose que entre el 5 y el 10 % de los accidentes entre vehículos pesados y automóviles es por esta causa; estableciéndose algunas de las posibles soluciones para reducir el número de accidentes, como el uso de material reflectante, una mayor iluminación, uso de colores con más contraste...

La regulación ECE104 propone el uso adicional de material retrorreflectante para la mejor identificación de los camiones. Por ese motivo, este estudio analiza este material teniendo en cuenta estudios anteriores y llegando a algunas conclusiones, como que el material retrorreflectante es beneficioso para la identificación del vehículo, que las disposiciones más adecuadas parecen ser una línea lateral o el contorno, parcial o completo y que si se desea tener un efecto parecido durante el día se debe utilizar material fluorescente.

En este sentido, este estudio analiza sólo material retrorreflectante y fluorescente, sólo se consideran los formatos de una línea o el contorno y se analizan los formatos para el material fluorescente.

Por último, el estudio recoge un análisis coste-beneficio, para ello analiza el coste de realizar el marcaje del camión con una línea lateral y el contorno en la parte trasera del vehículo, situación intermedia entre la ideal con todo el contorno, lateral y trasero, marcado y la mínima requerida, una línea en la parte lateral y trasera del vehículo.

### iii. Resultados.

El primer factor analizado fue el contraste de luz, es decir, de qué manera la diferencia de brillo entre el vehículo y su fondo afecta para detectarlo, utilizando para ello conductores experimentados en distintas situaciones, determinándose que el mejor sistema para el día era el uso de material fluorescente y para la noche el uso de material reflectante.

El análisis del contraste de colores, para poder determinar a qué colores el ojo humano era más sensible, permitió determinar que los verdes y amarillos son a los que mejor responde el ojo.

El tamaño y la forma en que se realice el marcaje tiene su importancia a la hora de la detección del vehículo. En principio, cuanto mayor sea el área tratada, mayor será la distancia a la que se detecte, siendo preferible que queden remarcadas las esquinas para una mejor determinación del tamaño del vehículo. El modelo más efectivo fue el que cubre el contorno del vehículo con material retrorreflectante.

Por otra parte, la idea de que cuanto mayor sea la reflectancia, no es del todo cierto, puesto que existe la posibilidad de que se produzca un reducción en el campo de visión, provocando una pérdida en las habilidades visuales o produciendo condiciones de incomodidad para el conductor (deslumbramiento).

Por último, existe una tendencia de envejecimiento en la población que influye inevitablemente en las habilidades para la conducción.

A partir de estos estudios, se realizan una serie de recomendaciones para la utilización de las marcas establecidas en la reglamentación ECE104, el uso de marcas rojas y sobre el uso de material fluorescente. Las principales son:

- Los formatos de la ECE104 mejoran la identificación de los vehículos y deberían ser aceptados.
- Los efectos de incomodidad y problemas de reconocimiento de los colores de estos formatos son mínimos.

- Tienen la ventaja de la identificación del color, potenciando el uso del color rojo en la parte trasera del vehículo.
- Para la mejor identificación del vehículo de día pueden utilizarse junto a las marcas rojas de la ECE104, algunas disposiciones de la ECE70.
- La separación mínima entre las marcas retro-reflectantes de la ECE104 y las luces de parada del vehículo debe de ser de 200 mm.
- La utilización de material fluorescente debe ser permitido bajo la ECE104 por los beneficios que aportan en la conducción durante el día.

A continuación, el estudio recoge las principales modificaciones que debería de sufrir la regulación ECE104, en el caso de tener en cuenta las recomendaciones antes citadas.

El coste del material se estimó en 150 libras por cada vehículo y el coste, también por vehículo, del montaje del mismo se estableció en 80 libras, por lo que el coste total por vehículo fue de 230 libras.

En 1995, había en Gran Bretaña 548.674 vehículos pesados de transporte de mercancías registrados y 52.261 nuevos registros, por lo que el coste total ascendería a más 126 millones de libras. Si consideramos el coste anual, a partir de los nuevos registros, el coste ascendería a unos 12 millones de libras.

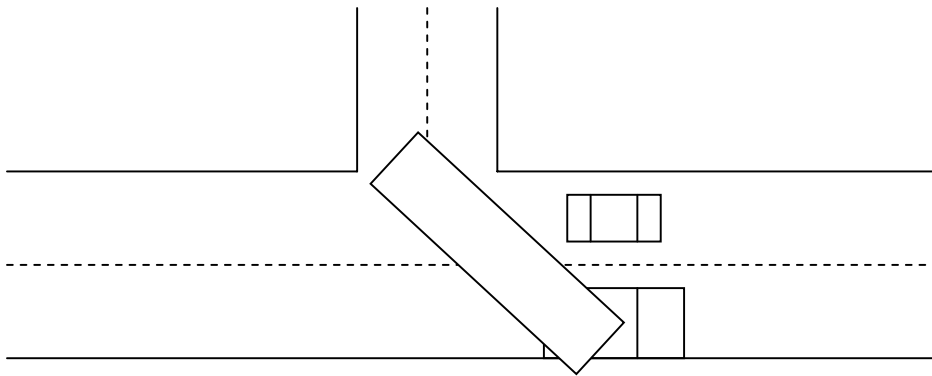
En cuanto a los beneficios, el primero de ellos es el aumento de la seguridad, algo difícil de cuantificar en términos económicos. Para tratar de traducirlo en valores monetarios se utilizaron los datos de los accidentes en Inglaterra en 1995, en los que se vieron involucrados vehículos pesados, estimándose la reducción de accidentes que se produciría por la utilización del marcaje reflectante. A su vez, se realiza una estimación del coste económico por accidente, para los casos de accidentes con muerte, con daños graves y con daños leves, añadiendo además el ahorro de los costes de reparación. De esta forma se pueden determinar los beneficios totales, que ascienden a valores de cerca de 6 millones de libras anuales.

De este modo, se produce una reducción del coste anual neto del 50 %, lo que implica una gran ventaja para las economías de escala de las grandes compañías en la utilización de material reflectante en sus vehículos. La utilización por parte de varias grandes empresas de camiones de algún tipo de marcaje, supuso un estímulo para el cumplimiento voluntario de la regulación, lo que resultó muy beneficioso.

### 5.2.1.5. Estudio realizado por el Departamento de Seguridad en el Transporte Holandés bajo la supervisión de la Cámara de Transporte por Carretera (Holanda, 2000).

#### i. Aspectos generales.

La razón de este análisis fue un grave accidente de tráfico ocurrido en noviembre del 2000 en Marknesse (Holanda), en el que un coche colisionó contra la parte lateral de un camión cuando éste se incorporaba a la izquierda en una intersección durante la noche, de la forma que muestra el gráfico:



Algunos accidentes similares anteriores también ayudaron para que se llevara a cabo este estudio. Este es uno de los tipos de accidentes que se tratan de evitar con la utilización de material reflectante de los vehículos pesados.

#### ii. Proyecto de investigación.

En primer lugar se hace un análisis general, remarcando que las dimensiones de los camiones provoca que ciertas maniobras requieran la utilización de ambos carriles, que aceleran más lentamente por lo que necesitan más tiempo para realizar la maniobra completa y que en los camiones articulados durante ciertos movimientos, la cabina circula paralelamente al carril, mientras que la parte trasera circula diagonalmente, con el peligro que puede generar en condiciones de conducción nocturna. Además, el mayor peso de los vehículos y su mayor resistencia a la deformación hace que aumente la gravedad de estos accidentes.

A continuación se hace un inventario de las regulaciones respecto a la iluminación del vehículo, un análisis de las estadísticas de accidentes en los que han influido causas de visibilidad del camión; se recogen investigaciones sobre el reconocimiento del vehículo en condiciones de oscuridad y sobre el marcaje con material retrorreflectante del contorno del vehículo. Por su interés nos centraremos en los dos últimos puntos.

Por último, ayudándose por estudios anteriores se realizó una estimación de la reducción de accidentes que podría obtenerse en las carreteras holandesas.

### iii. Resultados.

Los resultados más interesantes son los que dan la distancia de observación de reflectores laterales, luces laterales o marcas retrorreflectantes. Entre estas distancias, se distingue entre distancia de reconocimiento, distancia a la que uno se da cuenta de que existe peligro de accidente y la distancia de identificación de un semi-trailer. Además, se compara con la distancia de detención, que se estima en 90 ó 95 metros a 80 km/h y de 130 a 150 metros a 100 km/h.

Los reflectores laterales son visibles a unos 200 metros cuando el ángulo es por lo menos de 70 grados, cuando el ángulo se reduce a unos 50 grados la distancia queda muy cercana a la de detención -80 km/h- y cuando el ángulo se reduce a unos 15 grados la distancia se reduce a una distancia inferior a 40 metros.

La utilización de luces laterales refleja resultados mejores que los reflectores laterales, obteniéndose distancias para su reconocimiento entre los 300 y 500 metros, aunque se estima en 120 metros la distancia para asociar las luces a un camión y en aproximadamente a unos 40 metros para reconocer un semi-trailer.

Los mejores resultados los obtiene la utilización de material retro-reflectante en el contorno del camión. Este sistema permite reconocerlo a unas distancias entre los 300 y 500 metros, pero la distancia para reconocer la existencia de peligro de accidente aumenta, estando por encima de los 200 metros y la distancia para reconocer que se trata de un semi-trailer se sitúa en el entorno de los 200 metros.

Unos 2.400 accidentes se producen anualmente entre un camión y otro vehículo en oscuridad o con baja luz, de éstos, aproximadamente una



cuarta parte se producen por impacto de un vehículo contra el lateral o la parte trasera de un camión, estimándose que por este motivo se producen unas 9 muertes y entre 64 y 80 hospitalizaciones. Se estima que podría producirse una reducción anual de dos o tres vidas y entre 20 y 30 hospitalizaciones. Esto supone un ahorro de entre 15 y 20 millones de euros al año.

Los costes estimados para la colocación de material retrorreflectante en el camión se estiman entre los 350 y 500 euros. El periodo de vida útil del material se estima en 6 años.

La principal conclusión a la que llega el estudio, aparte de la reducción de los accidentes mencionada, es la identificación de los principales problemas existentes:

El peligro existente en las intersecciones debido a las condiciones de maniobrabilidad del camión, sobre todo en las incorporaciones a la izquierda, en las que se invade por un tiempo el otro carril de circulación. Los problemas de visibilidad y para reconocer a los camiones en condiciones de oscuridad.

El inadecuado conocimiento por parte del conductor del camión sobre las restricciones para la visibilidad y reconocimiento de su vehículo para tenerlo en cuenta en el tiempo requerido para sus maniobras.

La inadecuada habilidad del conductor de los vehículos ligeros para reconocer el posible riesgo de accidentes a tiempo.

Teniendo en cuenta estos problemas se hacen una serie de recomendaciones para acercarse a la seguridad en la circulación. Las principales son:

- Mejora de las entradas y salidas de las carreteras, principalmente en las zonas más transitadas por los camiones, tratando que estas entradas o salidas sean en dirección recta.
- El marcaje, lo más rápidamente posible, de toda la flota de vehículos para tratar de anticiparse a la futura legislación europea en este sentido.
- Reducir al mínimo la maniobras de camiones en condiciones de oscuridad y donde sean inevitables, deberían estar acompañadas de las adecuadas condiciones de seguridad.

#### **5.2.1.6. "Programa de reflectorización de vehículos pesados" (INTA y Asociación Española de la Carretera, 1992).**

En España no se ha realizado ningún ensayo de campo continuado, aunque sí se han realizado ensayos en condiciones de simulación con vehículos reales.

En 1992 y coordinado por LCOE del Ministerio de Industria, la Asociación Española de la Carretera y el INTA se realizó un ensayo de percepción de vehículos largos con diversos marcajes de contorno. La conclusión principal es que tanto las líneas laterales continuas, como las de contorno completo, mejoraban notablemente la identificación de tamaño, posición y predictibilidad de la maniobra a los ojos del conductor que se aproxima.

El siguiente cuadro resume las conclusiones de todos los estudios:

ESTUDIO	OBJETIVOS	CONCLUSIONES
<p>"Marcaje retrorreflectivo de vehículos" (universidad alemana de Darmstadt desde 1983).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinación del formato más eficaz.</li> <li>- Análisis de la influencia del tiempo y la suciedad sobre el material retrorreflectante.</li> <li>- Análisis de la accidentalidad</li> <li>- Análisis de la influencia de la publicidad en la caja del camión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El mejor formato es el que marca el contorno completo de con línea continua.</li> <li>- Reducción de la eficacia del material en un 50% en 2-3 años.</li> <li>- Reducción de un 95% de los accidentes por no reconocer a tiempo al camión.</li> <li>- Claros beneficios del uso conjunto de material retrorreflectante en el contorno y en la publicidad del camión.</li> </ul>
<p>"Mejora de la identificación del vehículo comercial y sistemas de señalización" (departamento de EEUU de transportes en 1985).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Evaluar la reducción de accidentes como consecuencia del uso de material retrorreflectante.</li> <li>- Realizar un estudio coste-beneficio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Importancia de cubrir todo el contorno lateral y trasero del vehículo.</li> <li>- Reducción de un 18% de las colisiones por no reconocer a tiempo al vehículo pesado.</li> </ul>
<p>"Efectividad de los tratamientos para la identificación de camiones pesados bajo diferentes condiciones meteorológicas" (universidad canadiense de New Brunswick en 1997).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrastar la efectividad de las marcas retrorreflectante bajo cuatro condiciones meteorológicas: claridad, lluvia, nieve y niebla.</li> <li>- Análisis de la configuración establecida por la NHTSA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de la distancia de identificación del vehículo entre el 50 y el 70 % en la parte trasera y entre el 30 y el 45 % en el lateral con lluvia o nieve y un reducción superior al 90 % con niebla.</li> <li>- La disposición NHTSA ocupó una posición en el ranking de cuarta o quinta, dependiendo de las condiciones.</li> <li>- Mayor efectividad del material rojo-blanco en la parte lateral del vehículo en condiciones de lluvia.</li> </ul>
<p>"Determinación de los vehículos a motor y bicicletas". Parte III: "Materiales retrorreflectivo y fluorescente". Realizado por el departamento de medio ambiente, transportes y las regiones ingles en 1998.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Determinar la mejor forma de usar material retrorreflectante y fluorescente.</li> <li>- Evaluar las principales propuesta internacionales.</li> <li>- Determinar si la legislación existente (ECE104) es adecuada.</li> <li>- Análisis coste-beneficio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Los formatos ECE104 mejoran la identificación y deberían ser aceptados.</li> <li>- Tiene la ventaja de la identificación del color, potenciando el uso del color rojo en la parte trasera del vehículo.</li> <li>-Para mejorar la identificación durante le día pueden utilizarse algunas disposiciones de la ECE70.</li> <li>- Costes netos anuales son la mitad de los coste totales.</li> </ul>

*Las carreteras y la noche. " Ver y ser visto".*

<p>Estudio holandés realizado por el departamento de seguridad en el transporte bajo la supervisión de la Cámara de transporte por carretera en el 2000.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Análisis de la regulaciones existentes respecto a la iluminación de vehículo.</li><li>- Análisis de la reducción de la accidentalidad en las carreteras holandesas por el uso de material retrorreflectante.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-El uso de marcas marcas retrorreflectantes aumenta significativamente la distancia de identificación del vehículo respecto al uso de luces o reflectores laterales.</li><li>- Se estima una reducción anual de 2 ó 3 muerte y una reducción de entre 20 y 30 hospitalizaciones.</li><li>-La vida útil del material se estima en 6 años.</li></ul>
<p>"Programa de reflectorización de vehículos pesados" realizado por la Asociación Española de la Carretera y el INTA en 1992.</p>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Análisis de la mejora de la percepción de los vehículos largos con diversos marcajes de contorno.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tanto el uso líneas laterales continuas como el uso del contorno completo mejoran notablemente la identificación del vehículo.</li></ul>

### 5.2.2. RECOMENDACIONES.

Sería conveniente realizar estudios de campo continuado, a través de los que se pudiera determinar el tipo de marcaje de vehículos pesados con el que se obtiene una mejor identificación de su tamaño y posición. A continuación se presentan, a modo de ejemplo, algunas de estas opciones.



### **5.3. DISPOSITIVOS REFLECTANTES PARA PEATONES, CICLISTAS Y USUARIOS DE VEHÍCULOS MOTORIZADOS.**

Aumentar la visibilidad de peatones y ciclistas es fundamental para conseguir una reducción de los atropellos durante la noche y el crepúsculo. Esta necesidad afecta así mismo a los usuarios que se vean obligados a descender del vehículo en caso de emergencia. En este sentido, la utilización de elementos retrorreflectantes constituye una medida de bajo coste que permitiría salvar muchas vidas.

Chalecos, pegatinas, brazaletes,... permiten aumentar considerablemente la distancia de visibilidad de los peatones por parte de los vehículos, contribuyendo de esta manera a disminuir la accidentalidad.

Por este motivo, y de acuerdo con la Ley de Tráfico vigente, debería ser obligatorio el uso de estos elementos de protección individual, de manera que todos los vehículos estuvieran obligados a llevarlos, al igual que se hizo hace unos años con los triángulos de señalización de avería.

#### **5.3.1. ESTUDIOS ACERCA DE LA UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES**

##### **5.3.1.1. Estudio de accidentes en Noruega**

Según un estudio publicado en la revista de PRI (Prevention Routière Internationale) en Diciembre de 2001, que recogía una comparativa entre peatones heridos o fallecidos como consecuencia de un atropello y la utilización de elementos reflectantes (prendas y/o accesorios), se obtenían los siguientes resultados, de una muestra total analizada de 331 víctimas (17 víctimas mortales, 3 heridos muy graves, 41 heridos graves y 270 heridos leves):

- 13 llevaban materiales reflectantes (1 víctima mortal, 3 heridos graves y 9 heridos leves).
- 121 no llevaban ningún elemento reflectante (6 víctimas mortales, 1 herido muy grave, 21 heridos graves y 93 heridos leves).
- 197 se desconocía si llevaban o no dispositivos reflectantes (10 víctimas mortales, 2 heridos muy graves, 17 heridos graves y 168 heridos leves).

### **5.3.1.2. Estudio elaborado por el Instituto de investigación en transportes de la Universidad de Michigan.**

Según el estudio elaborado por "University of Michigan Transportation Research Institute", publicado en "Research Review" correspondiente a Julio-Septiembre de 2001, se pueden afirmar las siguientes conclusiones:

- Durante la noche, los peatones y los ciclistas sobreestiman dramáticamente su capacidad para ser vistos, mientras que los conductores de los vehículos, por su parte, sobreestiman su capacidad de visión.
- El elevado riesgo de la circulación peatonal nocturna se debe a la falta de visibilidad por parte de los conductores; para mejorar esta situación, la utilización de dispositivos retrorreflectantes por parte de peatones y ciclistas es fundamental.
- Evidentemente, cuanto mayor sea el área de material retrorreflectante que lleve el peatón o el ciclista, aumentan su visibilidad por parte de otros usuarios de la vía.

### **5.3.2. LA OPINIÓN DEL USUARIO EN CUANTO A LA UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD**

Se han realizado varios estudios y encuestas en diversos países acerca de la necesidad de incorporar al reglamento la obligatoriedad del uso de chalecos retrorreflectantes o algún otro dispositivo similar, como medio para evitar accidentes durante la noche o el crepúsculo en los que las condiciones de visibilidad se ven notablemente disminuidas. Los resultados de algunos de ellos se incluyen a continuación.

#### **5.3.2.1. Autopista on line.**

Se trata de una encuesta publicada en la revista "Autopista on line" en Mayo de 2002 en la que, ante la pregunta "¿cree necesario incorporar el chaleco reflectante para su uso obligatorio?", se obtuvo el siguiente resultado:

- De las 370 respuestas recibidas, el 80% se mostraba a favor de su uso obligatorio.

#### **5.3.2.2. Prevention world.**

La revista de seguridad en el trabajo "Prevention World" publicó durante 2003 una encuesta en la que se preguntaba a los lectores si "¿cree usted necesario incorporar el chaleco reflectante para su uso obligatorio?"; se obtuvieron los siguientes resultados:

- De las 423 respuestas recibidas, el 86% se mostraba a favor de su uso obligatorio.

#### **5.3.2.3. Comisariado Europeo del Automóvil (CEA).**

En una encuesta realizada por CEA durante Mayo de 2001, se preguntaba a los usuarios si "¿cree usted necesario llevar un chaleco reflectante en el vehículo?" se obtuvieron las siguientes respuestas:

- De las 900 respuestas recibidas, 898 estaban a favor y tan solo 2 en contra.

#### **5.3.2.4. 3M.**

En una encuesta recientemente realizada en Bélgica por 3M sobre una muestra de 1000 personas se obtuvieron los siguientes resultados:

- 85% consideran el chaleco como algo esencial a llevar en el coche.
- 87% consideran la parada en el arcén peligrosa o muy peligrosa.
- 91% de los que se vieron obligados a parar en el arcén por la noche se sintieron no visibles.

Como media, los encuestados respondieron que sería necesario disponer de al menos dos chalecos por vehículo.

#### **5.3.2.5. BVA.**

En una encuesta realizada en Francia en gasolineras a 427 personas durante el año 2000 en el contexto de una campaña de seguridad vial se obtuvieron los siguientes resultados:



- 66% de los encuestados apoyarían una ley que hiciera obligatorio el uso del chaleco.
- 82% ve el uso del chaleco como algo que reforzaría la seguridad de los peatones.
- 77% apoyan que haya dos o más chalecos por vehículo.

### **5.3.3. RECOMENDACIONES.**

Los resultados de las encuestas a usuarios permiten vislumbrar que la obligatoriedad de utilizar elementos reflectantes para peatones que circulan por carretera o para usuarios que se deban descender del vehículo en caso de emergencia contaría con una gran aceptación social. Este hecho, acompañado con las primeras experiencias en algunos países europeos y a la existencia de legislación específica al respecto en nuestro país, permite recomendar la utilización de estos elementos como una medida para disminuir la accidentalidad durante la noche y el crepúsculo.

Según el Comisariado Europeo del Automóvil (CEA), hacer obligatorio el uso de un chaleco de señalización de alta visibilidad debidamente homologado constituye una medida cuya relación beneficio-coste se sitúa entorno a 2.0.

Se estima que un chaleco reflectante permite reconocer a una persona a una distancia cercana a los 100 metros. Así mismo, existen otros dispositivos con el mismo fin que podrían ser utilizados, llegando a 0.13 metros cuadrados de material reflectante, según establece la Normativa Europea EN 471. Brazaletes, pegatinas, manguitos, flejes, cintas para la cabeza,... son un ejemplo de los dispositivos que podrían utilizar los peatones que circulen de noche por una vía insuficientemente iluminada. Se adjuntan fotografías de estos elementos en el anexo 3.

### **5.4. RECOMENDACIONES DE ILUMINACIÓN.**

Según el Anuario Estadístico de Accidentes de la Dirección General de Tráfico, los accidentes nocturnos en carretera son desproporcionadamente elevados en número y gravedad comparados con los producidos de día. En España, con un tráfico nocturno diario de vehículos de aproximadamente el 24%, el número de accidentes de circulación durante la noche asciende al 43%, lo que representa una probabilidad de 2,43 veces superior de verse implicado en un accidente con víctimas, aumentando el número de muertos en una proporción de

3,10. Otro dato revelante sobre este tema es que el 9% de los accidentes con víctimas y el 24% de las víctimas mortales se producen en vías insuficientemente iluminadas.

Aunque existen diversos factores individuales que inciden en la elevada tasa de accidentalidad nocturna como son la fatiga, la velocidad inadecuada,... es el factor oscuridad, tal y como se ha puesto de manifiesto en diversos estudios elaborados sobre este tema, el de mayor influencia en los accidentes que se producen por la noche. Es en este periodo en el que se ven perjudicadas las capacidades visuales de las personas, el cálculo de las distancias, la velocidad de percepción y visión, deslumbramiento,...Es de suponer que una buena iluminación, bien diseñada y mantenida aumentará la visibilidad y combatirá los aspectos colaterales y casuales que intervienen en los accidentes.

Para tomar la decisión de si es necesario iluminar una vía se debe realizar un estudio detallado, en el que se tenga en cuenta la incidencia de estos factores.

Teniendo en cuenta que no parece posible dotar de forma inmediata de alumbrado a la totalidad de las carreteras, se recomiendan que para el establecimiento de prioridades se tengan en cuenta los siguientes criterios:

- Iluminación de puntos de singular incidencia del tráfico.
- Tener en cuenta la intensidad media diaria de vehículos.
- Tipo de vía.
- Uso de la vía.

Tomando como referencia los criterios establecidos en las "Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles" y los de la Comisión Internacional de Iluminación, los valores límites de IMD recomendados para tomar en consideración la posibilidad de iluminar una carretera serían los siguientes:

- La iluminación de carreteras convencionales en las que la I.M.D. sea superior a 12.000-16.000 vehículos.
- La iluminación de autopistas y autovías con una I.M.D. superior a 22.000-30.000 vehículos.
- La iluminación de los enlaces cuya I.M.D. supere los 5.000-7.000 vehículos en el caso de carreteras convencionales y 7.000-10.000 vehículos si son autopistas y autovías.

- La iluminación de las intersecciones cuya I.M.D. supere los 4.000-5.000 vehículos en el caso de carreteras convencionales y 4.000-10.000 vehículos si son autopistas y autovías.

Además, la Comisión Internacional de Iluminación recomienda la iluminación de otro tipo de vías, con independencia de su I.M.D., tales como travesías de poblaciones, túneles, zonas comerciales,...

Si se tiene en cuenta el coste-beneficio del alumbrado, los estudios económicos realizados al respecto indican que, en general, la iluminación de un tramo de carretera estaría amortizada, si con su instalación se evita un solo accidente mortal.

Particularmente, en el alumbrado urbano de travesías se tendrán en cuenta los criterios del alumbrado de las vías de tráfico rodado y de las vías peatonales, pensando en ambas tipologías simultáneamente. Así, cada uso de la ciudad (comercial, viviendas, hoteles, escuelas, ocio,...) deberá ser dotado de un ambiente apropiado a su carácter.

Así, en travesías, la iluminación debe procurar:

- Garantizar que las actividades urbanas (circulatoria y peatonal) se lleven a cabo en condiciones de seguridad.
- Resaltar los puntos singulares o crear y diferenciar distintos ambientes.
- Proporcionar una luz adecuada a cada tipo de espacio.
- Reducir al mínimo la emisión de contaminación luminosa. En este sentido, hay que añadir que es fundamental el buen funcionamiento de la misma porque una iluminación deficiente puede provocar el efecto contrario al deseado, es decir, resultar peligrosa.

En este sentido, a la hora de concebir la instalación de alumbrado de las travesías, teniendo en cuenta que se trata de un espacio urbano, es recomendable contemplar las siguientes etapas:

- a) Integración del espacio a iluminar en su entorno.
- b) Identificación de los usos y el tipo de usuarios.
- c) Análisis de lo existente.
- d) Introducción de los parámetros de calidad luminotécnica.
- e) Adecuación de los condicionantes económicos.

En la "Guía de buena práctica para la Iluminación de glorietas y travesías" se establecen las siguientes consideraciones a tener en cuenta en la iluminación de glorietas:

- Se recomienda iluminar todas las intersecciones giratorias con el objetivo de evitar accidentalidad nocturna en dichos tramos singulares.
- El objetivo de la iluminación es resaltar el carácter circular de la intersección.
- El nivel de iluminación en estos tramos no debe ser inferior al de ninguna de las vías concluyentes.
- Desde el inicio del estudio de la situación se analizarán las posibilidades reales de implantación de la instalación de alumbrado.

Además, si el diámetro de la zona central o isleta circular de la glorieta es pequeño, resulta suficiente implantar puntos de luz en la periferia. Si por el contrario el diámetro es importante resulta conveniente balizar todo el contorno de la zona central, evitando el deslumbramiento.

Cuando la calzada circular que rodea la zona central o isleta de la glorieta sea muy ancha, se hace necesario implantar también puntos de luz en la periferia de la zona central. En caso contrario, podrá ser iluminada con uno o dos soportes de gran altura.

## **5.5. RECOMENDACIONES SOBRE SEÑALIZACIÓN VERTICAL**

Según los estudios mencionados en el capítulo 4.3. la tendencia del estado de conservación de la señalización vertical es al empeoramiento, especialmente en la Red de Carreteras del Estado. Para invertir esta tendencia sería necesaria la sustitución periódica y mantenida de aquellas señales en las que se detecten unos defectos o deterioros lo suficientemente representativos como para impedir que el conductor distinga con claridad la información contenida en las mismas.

Asimismo, para mantener unos niveles adecuados de calidad de la señalización vertical sería conveniente planificar la sustitución de las que tienen una fecha de fabricación de más de 7 años.

Además, tal y como se ha puesto de manifiesto en las investigaciones realizadas por esta entidad, los porcentajes de mejora de la

retroreflexión resultante de las labores de limpieza de las señales son lo suficientemente representativos como para recomendar el mantenimiento periódico de las mismas.

## **5.6. RECOMENDACIONES SOBRE SEÑALIZACIÓN HORIZONTAL**

Teniendo en cuenta que el fin inmediato es aumentar la seguridad, eficacia y comodidad de la circulación y que su papel adquiere aún más relevancia durante el período nocturno o ante condiciones climatológicas adversas, especialmente cuando no existe iluminación artificial, sería recomendable que en toda actuación vial se tuviera en cuenta como parte integrante del diseño.

Asimismo, es importante el empleo de pinturas de calidad que sean visibles en circunstancias adversas y que mantengan sus propiedades de luminosidad y reflectancia durante el mayor tiempo posible.

## **5.7. RECOMENDACIONES SOBRE ELEMENTOS DE BALIZAMIENTO**

Una de las ventajas de los elementos de balizamiento es su capacidad de adaptación para encontrar soluciones a cualquier punto peligroso de la carretera, destacando especialmente tres aspectos: su resistencia, durabilidad y economía.

Los beneficios de la disposición de los paneles direccionales a la entrada de una curva para mejorar la información a los conductores acerca de la peligrosidad de la misma se han demostrado desde hace muchos años.

Otros elementos muy utilizados con una elevada rentabilidad son los hitos de arista, que tienen por objeto primordial balizar los bordes de las carreteras durante la noche o con escasa visibilidad. La Orden Circular 309/90C y E recoge la normativa de referencia para este tipo de equipamiento.

Otra baliza, los conocidos como "ojos de gato", son muy útiles para delimitar carriles reversibles, vías alternativas, acceso a túneles,...

Asimismo, es generalizado el uso de "narices", para señalar rotundamente los desvíos de las vías rápidas.

El uso de elementos de balizamiento en túneles aumenta la seguridad viaria, proporcionando, con su iluminación, información vital al usuario respecto a la orientación del túnel.

## **5.8. RECOMENDACIONES SOBRE SEÑALIZACIÓN DE OBRA**

Debe recordarse que según el Reglamento general de la circulación, en el artículo referido a Señalización de obras: "Las obras que dificulten de cualquier modo la circulación vial deberán hallarse señalizadas, tanto de día como de noche y balizadas luminosamente durante las horas nocturnas o cuando las condiciones meteorológicas o ambientales lo exijan a cargo del realizador de la obra, según la regulación básica establecida a estos fines por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes".

Las señales y carteles verticales de circulación retrorreflectantes se clasificarán en función de:

- Su objeto, como: de advertencia de peligro, de reglamentación o de indicación.
- Su utilización, como: de empleo permanente o de empleo temporal (señalización de obras).

Se podrá aplicar la señalización móvil de obras a:

- Todas aquellas obras o tareas que se desplazan continuamente a lo largo de la carretera.
- Todas aquellas obras o tareas que se desplazan a intervalos.
- Todas aquellas obras o tareas que, aun siendo fijas, por su corta duración aconsejen, por motivos de seguridad y rapidez de instalación, emplear la señalización móvil en lugar de la señalización fija.
- Los trabajos se deben realizar, en lo posible, durante los periodos de menor intensidad de circulación.

Según su naturaleza y características, los materiales retrorreflectantes utilizados en señales y carteles verticales de circulación se clasificarán como:

**De nivel de retrorreflexión 1:** Serán aquellos cuya composición sea realizada a base de microesferas de vidrio incorporadas en una resina o aglomerante, transparente y pigmentado con los colores apropiados. Dicha resina, en su parte posterior estará sellada y dotada de un adhesivo sensible a la presión o activable por calor el cual, a su vez,

aparecerá protegido por una lámina de papel con silicona o de polietileno.

**De nivel de retrorreflexión 2:** Serán aquellos cuya composición sea realizada a base de microesferas de vidrio encapsuladas entre una película externa, pigmentada con los colores adecuados, y una resina o aglomerante transparente y pigmentada apropiadamente. La citada resina, en su parte posterior, estará sellada y dotada de un adhesivo sensible a la presión o activable por calor el cual, a su vez, aparecerá protegido por una lámina de papel con silicona o de polietileno.

**De nivel de retrorreflexión 3:** Serán aquellos compuestos básicamente, de microprismas integrados en la cara interna de una lámina polimérica. Dichos elementos, por su construcción y disposición en la lámina, serán capaces de retrorreflejar la luz incidente bajo amplias condiciones de angularidad y a las distancias de visibilidad consideradas características para las diferentes señales, paneles y carteles verticales de circulación, con una intensidad luminosa por unidad de superficie de, al menos, 10 cd.m<sup>-2</sup> para el color blanco.

En el caso de la señalización vertical en obras, todas las señales serán retrorreflectantes, con nivel 3.

COORDENADAS CROMATICAS					FACTOR DE LUMINANCIA	
COLOR		1	2	3	4	NIVEL 3
BLANCO	x	0,355	0,305	0,285	0,335	
	y	0,355	0,305	0,325	0,375	0,40
AMARILLO	x	0,545	0,487	0,427	0,465	
	y	0,454	0,423	0,483	0,534	0,24
ROJO	x	0,690	0,595	0,569	0,655	
	y	0,310	0,315	0,341	0,345	0,03
AZUL	x	0,078	0,150	0,210	0,137	
	y	0,171	0,220	0,160	0,038	0,01
VERDE	x	0,030	0,166	0,286	0,201	
	y	0,398	0,364	0,446	0,794	0,03

**Tabla 1: Valores mínimos del factor de luminancia ( $\beta$ ) y coordenadas cromáticas (x,y) de los vértices de los polígonos de color definidos para los materiales retrorreflectantes con lentes prismáticas de gran angularidad (\*\*). NIVEL 3.**

(\*\*) la evaluación del factor de luminancia ( $\beta$ ) y de las coordenadas cromáticas (x,y) se llevará a cabo con un espectrocolorímetro de visión circular, u otro instrumento equivalente de visión esférica, empleando como observador dos grados sexagesimales (2°), una geometría 45/0 (dirección de iluminación cero grados sexagesimales (0°) respecto a superficie de la probeta y medida de la luz reflejada a cuarenta y cinco grados sexagesimales (45°), respecto a la normal a dicha superficie) y con un iluminante patrón policromático cie d65 (según cie n°15.2-1986).

Se empleará como criterio para definir las combinaciones geométricas de los materiales retrorreflectantes de nivel 3, especificado en la tabla 2, siendo:

- **Zona A:** Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores de coeficiente de retrorreflexión,  $R'/cd.lx^{-1}.m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en carteles y paneles complementarios en tramos interurbanos de autopistas, autovías, y vías rápidas.
- **Zona B:** Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores de coeficiente de retrorreflexión,  $R'/cd.lx^{-1}.m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en entornos complejos (glorietas, intersecciones, etc.), tramos periurbanos y en carteles y paneles complementarios en tramos interurbanos de carreteras convencionales.
- **Zona C:** Recomendada para especificar las características fotométricas de los materiales retrorreflectantes (valores de coeficiente de retrorreflexión,  $R'/cd.lx^{-1}.m^{-2}$ ) de nivel 3 a utilizar en zonas urbanas.

Angulo de observación ( $\alpha$ )	Angulo de entrada ( $\beta_1; \beta_2=0^\circ$ )			
	5°	15°	30°	40°
0,1°	Zona A			
0,2°				
0,33°				
0,33°	Zona B			
0,5°				
1,0°				
1,0°	Zona C			
1,5°				

**Tabla 2: Criterio para la definición de las combinaciones geométricas de los materiales retrorreflectantes de nivel 3 en función de su utilización**

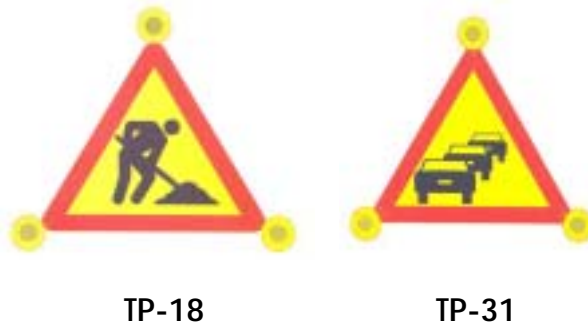
Nota: la evaluación del coeficiente de retrorreflexión ( $R'/cd.lx^{-1}.m^{-2}$ ), para todas las combinaciones geométricas especificadas en esta tabla, se llevará a cabo para un valor de rotación ( $\epsilon$ ) de cero grados sexagesimales ( $0^\circ$ ).

Otra característica fundamental de la señalización móvil es el empleo de elementos luminosos, tanto de día como de noche, desde luces giratorias o intermitentes omnidireccionales colocadas en vehículos y



señales, hasta flechas luminosas y cascadas de luces direccionales o intermitentes.

Las señales TP-18 ("obras") y TP-31 ("peligro retenciones") llevarán siempre tres luces ámbar intermitentes de encendido simultáneo y dispuestas en triángulo en los vértices, interiores o exteriores a la misma. Las luces serán de  $0 > 200$  mm, con una intensidad de iluminación mínima de 900 candelas en servicio nocturno y de 3.000 candelas en diurno cuando la fuente de alimentación sea halógena y de 1,5 julios si son de tipo xenon.






Las señales colocadas en vehículos irán sobre el propio vehículo o en bastidores, en los que como máximo se colocarán dos señales, pudiendo ir acompañadas de señales luminosas ámbar direccionales o intermitentes compuestas por 5 uds de luz halógena dispuestas en línea con  $0 > 200$  mm y con un mínimo de 900 candelas para iluminación nocturna y de 3.000 candelas para iluminación diurna.

Las flechas deberán configurarse sobre un panel negro no reflectante y el encendido de sus elementos luminosos será simultáneo.

<b>Ministerio de Fomento</b> <small>Dirección General de Carreteras</small>	<b>Señalización Móvil de Obras o Tareas</b>	
Calzadas separadas con 2 carriles en cada sentido		
<b>SEÑAL DE PREAVISO</b>		
<p><b>TP-18</b> LADO = 1350 mm</p> <p><b>TS-810</b> (especificando la distancia a que afecte la señalización) 1200 x 300 mm</p> <p><b>TS-54</b> 900 x 1350 mm</p>		
<b>CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ ( integrada en la señal o en bastidor )</b>		
3 Uds. dispuestas en triángulo $\varnothing \geq 200$ mm		
Si es tipo Xenon :	mínimo 1,5 Julios	encendido simultáneo
Si es tipo Halógeno :	Nocturno mín. 900 Candelas Diurno mín. 3000 Candelas	
<b>SEÑALES</b>	$0 \leq V < 25$ km/h	Ejemplo:
Cierre de carril derecho		0,1

<b>Ministerio de Fomento</b> <small>Dirección General de Carreteras</small>	<b>Señalización Móvil de Obras o Tareas</b>	
	Calzadas separadas con 2, 3 ó 4 carriles en cada sentido	
<b>SEÑALES DE POSICION</b>		
<p>Cascada luminosa direccional ( luz ámbar aparentemente móvil)</p>		
		
TR-401a ó 401b Ø 900 mm		
<p>intermitencia simultánea</p>		
		
mínimo 900 x 900 mm		
<p><u>LUZ HALÓGENA</u></p>		
características: 5 Uds. dispuestas en línea $\varnothing \geq 200$ mm Nocturno mín. 900 Candelas Diurno mín. 3000 Candelas		
<p><u>CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ</u></p>		
8 Uds. dispuestas en flecha $\varnothing \geq 200$ mm Nocturno mín. 900 Candelas Diurno mín. 3000 Candelas		
<b>SEÑALES</b>	$25 \leq V \leq 60$ km/h	Ejemplo:
Se podrá utilizar indistintamente la señal y la cascada luminosa		0.11

<p><b>Ministerio de Fomento</b> Dirección General de Carreteras</p>	<p><b>Señalización Móvil de Obras o Tareas</b></p>	
<p>Calzadas separadas con 2, 3 ó 4 carriles en cada sentido</p>		
<p>SEÑALES DE POSICION</p>		
<p><b>intermitencia simultánea</b></p>		
<p>mínimo 900 x 900 mm</p>	<p>mínimo 900 x 900 mm</p>	
		
<p>TR-301 Ø 900 mm</p>		
<p><u>CARACTERÍSTICAS DE LA LUZ</u></p>		
<p>8 Uds. dispuestas en flecha Ø ≥ 200 mm</p>		
<p>Nocturno mín. 900 Candelas</p>		
<p>Diurno mín. 3000 Candelas</p>		
<p>SEÑALES</p>	<p>25 ≤ V ≤ 60 km/h</p>	<p>Ejemplo:</p>
		<p>0.10</p>

## **5.9. RECOMENDACIONES GENERALES**

Como conclusión del estudio de "Identificación y análisis de tramos blancos en la red convencional del Estado", se puede establecer que, en términos generales, las secciones de carretera convencional que mejor se comportan desde el punto de vista de la seguridad de la circulación están equipadas con elementos de balizamiento, señalización horizontal en muy buen estado de conservación y señalización vertical en muy buen estado y con altas propiedades de retrorreflexión.

Si bien no se pretende asegurar que la provisión de este tipo de equipamiento en un tramo de carretera sea una garantía de disminución o eliminación de la accidentalidad, parece claro que, a la vista de los resultados del estudio, un equipamiento de alta calidad y en buen estado de conservación guarda una cierta relación con la seguridad de la circulación, de manera asociada con otros aspectos como la composición del tráfico, velocidad de circulación, condiciones meteorológicas, sección transversal,...

**ANEXO 1:**

**ENCUESTA SOBRE CONDUCCIÓN NOCTURNA Y  
UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES.**

## ENCUESTA SOBRE CONDUCCIÓN NOCTURNA Y UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES.

Esta encuesta forma parte de un proyecto de investigación acerca de las medidas de mejora de la seguridad de la circulación durante la noche y el crepúsculo. Los resultados obtenidos se analizarán para interpretar la percepción que los conductores profesionales tienen acerca de la iluminación de las carreteras, dispositivos reflectantes, soluciones con mejor aceptación,...

Por favor, conteste las siguientes preguntas de acuerdo con su opinión acerca de la conducción nocturna y utilización de dispositivos reflectantes, tanto los de uso personal como los que se instalan en el vehículo. La encuesta está dividida en tres partes claramente diferenciadas:

- Aspectos generales.
- Iluminación.
- Dispositivos reflectantes.

Muchas gracias por su colaboración.

### **1. ASPECTOS GENERALES.**

**Nombre de la empresa:**.....

**Tipo de vehículo:**

- Furgoneta.
- Camión de menos de 3.500 kg.
- Camión de más de 3.500 kg.
- Autobús.

¿Cuántos kilómetros recorre habitualmente al año?

- Menos de 50.000 kilómetros.
- Entre 50.000 y 100.000 kilómetros.
- Entre 100.000 y 200.000 kilómetros.
- Más de 200.000 kilómetros.

De sus horas de trabajo, ¿qué porcentaje aproximado conduce durante la noche o el crepúsculo?

- Ninguna.
- Menos de un 25%.
- Entre un 25 y un 50%.

- Aproximadamente un 50%.
- Entre un 50 y un 75%.
- Más de un 75%.
- Todas.

¿Le resulta cómodo conducir de noche?

- No. Indique las causas:
  - Porque es más fácil despistarse o dormirse.
  - Porque los vehículos circulan con menos precaución.
  - Porque se dificulta la visión.
  - Otras.....
- Sí. Indique las causas:
  - Porque hay menos tráfico.
  - Porque hay menos conflictos.
  - Porque hay menos posibilidades de sufrir un accidente.
  - Otras.....

## 2. ILUMINACIÓN.

¿Cómo cree que influye la existencia de iluminación en la vía en la seguridad de la circulación?

- Circulo más cómodo y seguro en tramos iluminados.
- Circulo más cómodo en tramos iluminados pero no creo que repercuta en la seguridad de la circulación.
- La iluminación no influye en la comodidad ni en la seguridad.

Si pudiera elegir, cuál de las siguientes propuestas le parecería más razonable:

- Que todas las carreteras estuvieran iluminadas en toda su longitud.
- Que las autovías y autopistas estuvieran iluminadas en toda su longitud.
- Que se iluminaran los puntos singulares (tramos especialmente peligrosos, intersecciones, accesos, rotondas,...)
- Que la iluminación se mantuviera como está actualmente.
- Que no existiera iluminación artificial, salvo la estrictamente necesaria.

## 3. DISPOSITIVOS REFLECTANTES.

### 3.1. Dispositivos reflectantes de uso personal.

¿Lleva dispositivos reflectantes para su uso personal en el vehículo?

- No.
- Sí, un chaleco reflectante.
- Sí, otro dispositivo reflectante (indique cuál).

.....



¿Utiliza su chaleco u otro dispositivo reflectante cuando debe descender del vehículo dentro de la calzada?

- No.
- De vez en cuando.
- Sólo durante la noche.
- Siempre.

Cuando utiliza su chaleco u otro dispositivo reflectante, ¿por qué lo hace?

- Voluntariamente.
- Por seguridad.
- Por obligación de la empresa.

### 3.2. Dispositivos reflectantes en el vehículo.

¿Conoce los dispositivos de marcaje reflectante de las cajas de los vehículos?

- No.
- He oído hablar de ellos.
- Los he visto circulando por España.
- Los he visto circulando por otros países.
- Sí, los conozco bastante bien.

¿Lleva dispositivos reflectantes sobre el vehículo que conduce habitualmente?

- No.
- Sí, sólo la placa que indica que se trata de un vehículo largo.
- Sí, además de la placa que indica que se trata de un vehículo largo (indique cuáles y haga un croquis).

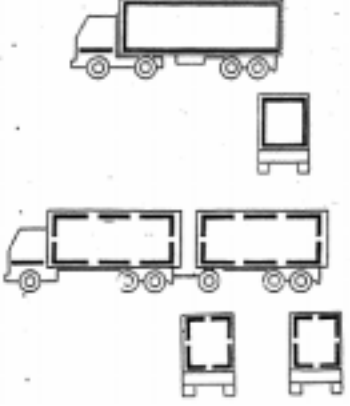
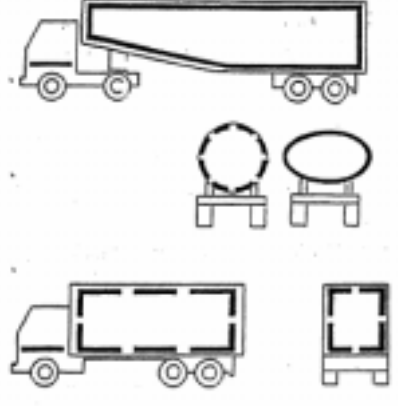
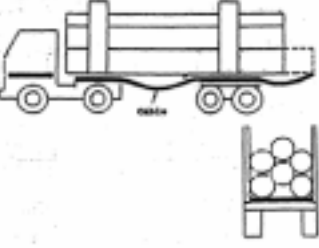
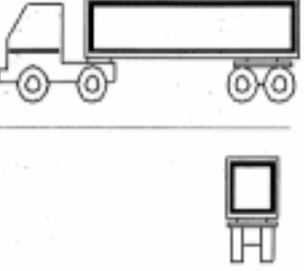
.....

Croquis:

Existe una propuesta de modificación del Reglamento General de Vehículos para incorporar marcas reflectantes homologadas a los vehículos de transporte (distintivos de contorno, laterales y traseros), ¿qué opinión le merece dicha propuesta?

- Estoy en contra de la propuesta.
- No me parece muy útil.
- Puede ser útil.
- Estoy a favor de la propuesta.

¿Qué opina de las diferentes opciones de distintivos reflectantes para el marcaje de vehículos?

 <p><input type="checkbox"/> Buena. <input type="checkbox"/> Normal. <input type="checkbox"/> Mala.</p>	 <p><input type="checkbox"/> Buena. <input type="checkbox"/> Normal. <input type="checkbox"/> Mala.</p>
 <p><input type="checkbox"/> Buena. <input type="checkbox"/> Normal. <input type="checkbox"/> Mala.</p>	 <p><input type="checkbox"/> Buena. <input type="checkbox"/> Normal. <input type="checkbox"/> Mala.</p>

¿Qué opina de la utilización de distintivos reflectantes en los vehículos con fines de identificación corporativa de la empresa propietaria?

- Estoy en contra.
- No me parece recomendable.
- Me parece recomendable.
- Estoy a favor.

**ANEXO 2:**

**TABLAS DE VISIBILIDAD NOCTURNA**

# PRUEBA DINAMICA

## DISTANCIA CON VISIBILIDAD LIMITADA

### Medidas de NOCHE

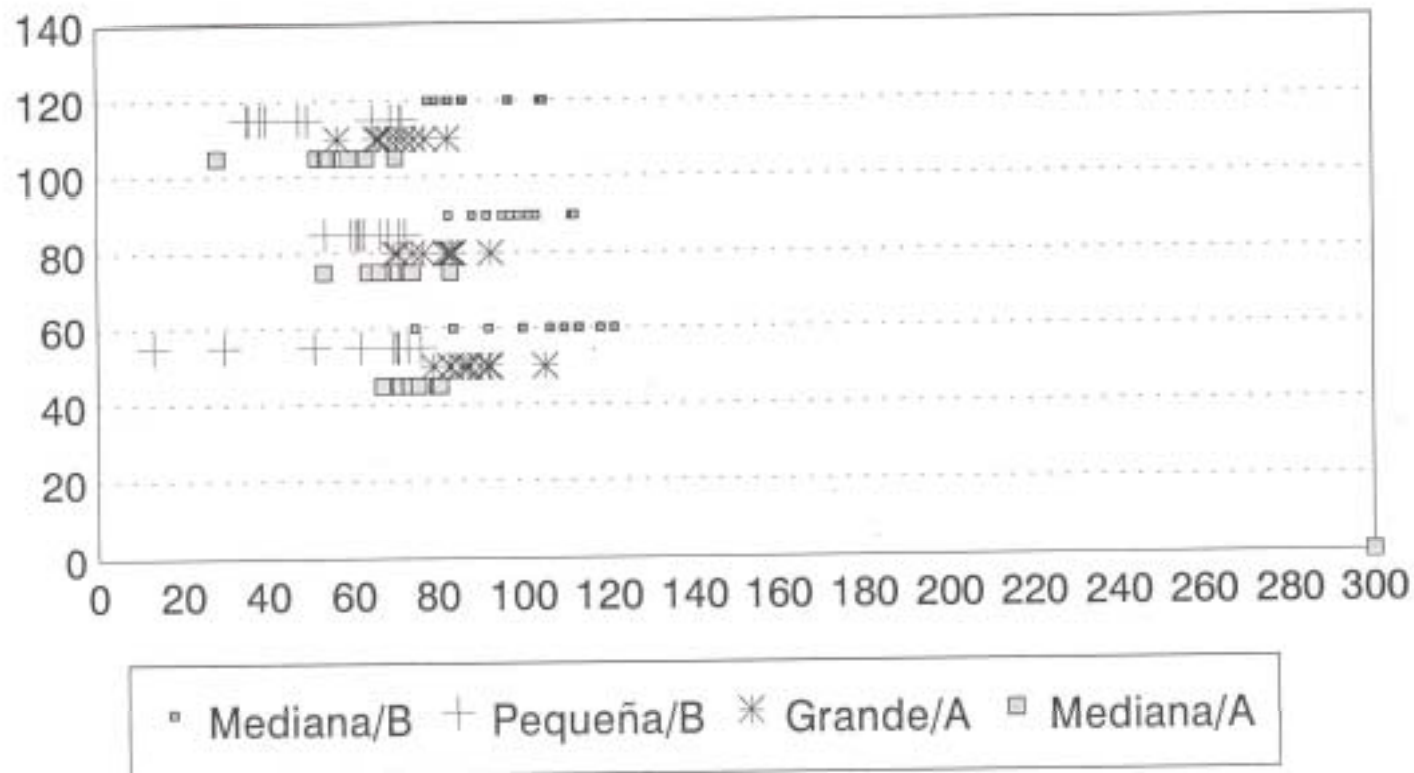


GRAFICO 6

● **PRUEBA ESTÁTICA DE DÍA** ●  
**DISTANCIAS (EN METROS) CONDUCTOR - SEÑAL**

<b>Tamaño\reflectancia</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>B</b>
<b>Pequeña</b>	150-175	150/175	150-175
<b>Mediana</b>	250	250	225
<b>Grande</b>	325	325	275-300

● **PRUEBA ESTÁTICA EN EL CREPUSCULO (sin luz del vehículo) ●**  
**DISTANCIAS (EN METROS) CONDUCTOR - SEÑAL**

<b>Tamaño\Reflectancia</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>
<b>Pequeña</b>	150	175	150
<b>Mediana</b>	275	300	300
<b>Grande</b>	300	325	325

● **PRUEBA ESTÁTICA EN EL CREPUSCULO (con luces cortas) ●**  
**DISTANCIAS (EN METROS) CONDUCTOR - SEÑAL**

<b>Tamaño\Reflectancia</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>
<b>Pequeña</b>	150	175	150
<b>Mediana</b>	250	275	225
<b>Grande</b>	325	350	300

● **PRUEBA ESTÁTICA DE NOCHE (con luces cortas) ●**  
**DISTANCIAS (EN METROS) CONDUCTOR - SEÑAL**

<b>Tamaño\Reflectancia</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>A</b>
<b>Pequeña</b>	125	150	100
<b>Mediana</b>	225	250	200
<b>Grande</b>	250	275	200



# PRUEBA DINAMICA

## DISTANCIAS CON VISIBILIDAD PERFECTA

### Medidas de DIA

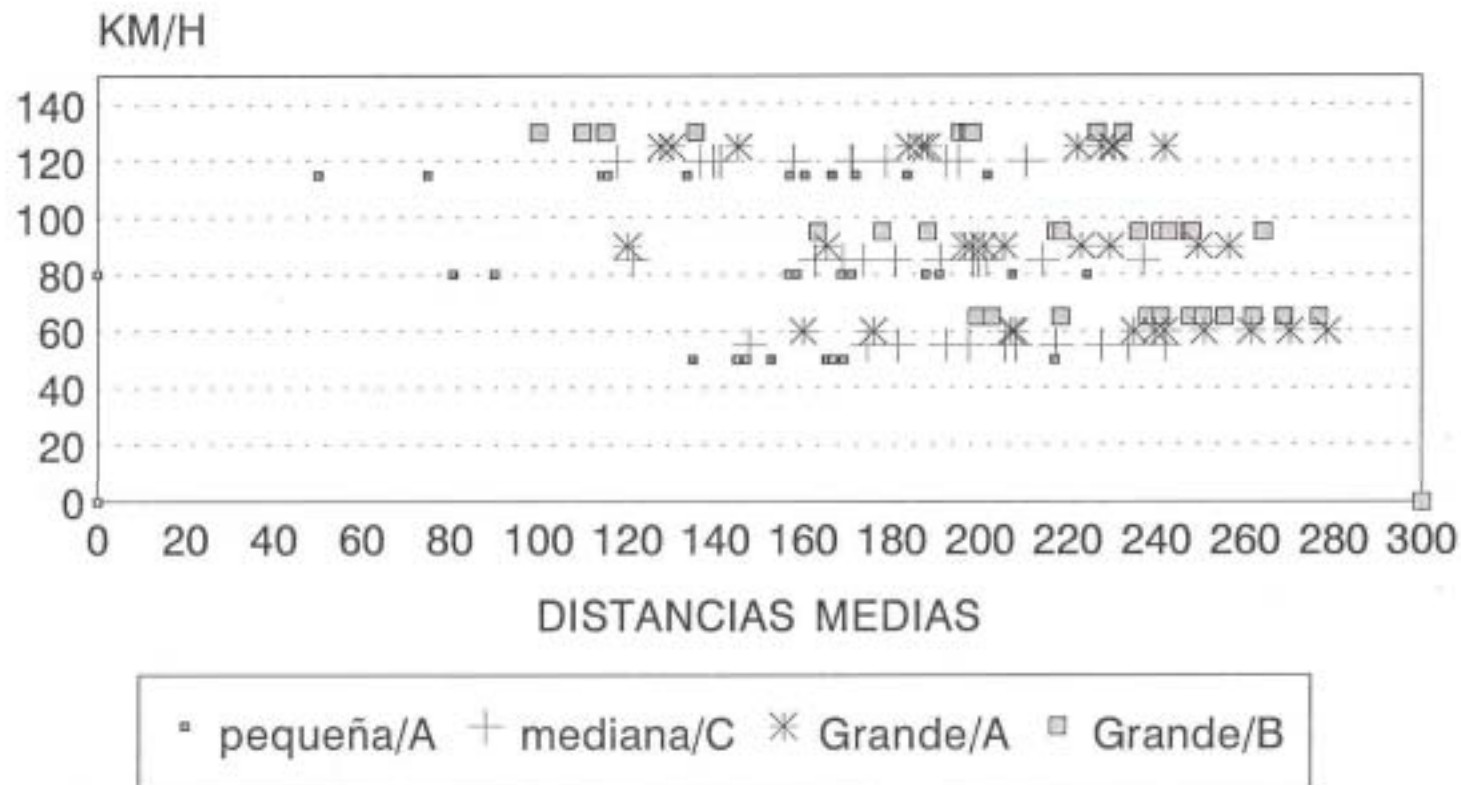


GRAFICO 1

# PRUEBA DINAMICA

## DISTANCIAS CON VISIBILIDAD LIMITADA

### Medidas de DIA

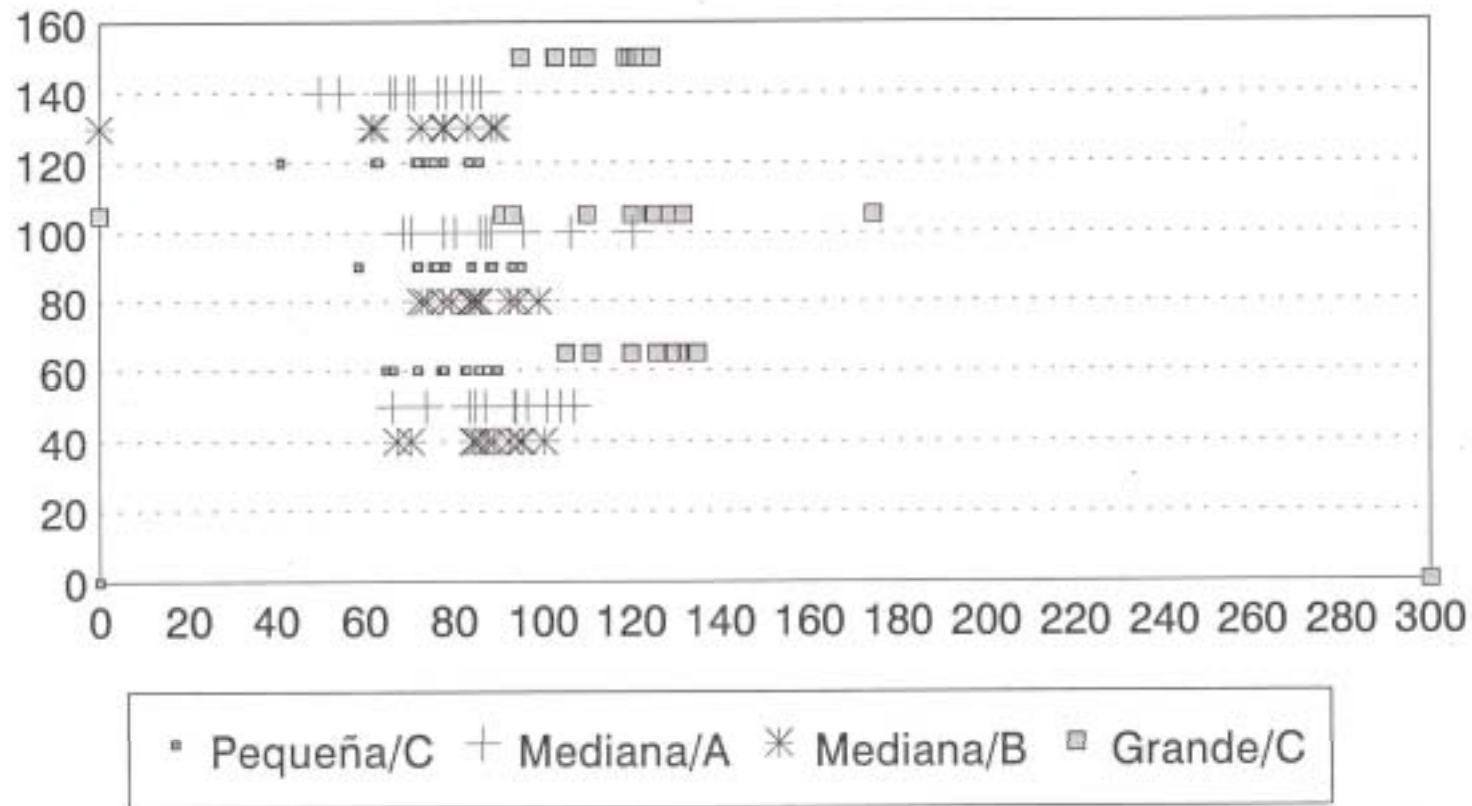


GRAFICO 2

# PRUEBA DINAMICA

## DISTANCIAS CON VISIBILIDAD PERFECTA

### Medidas en el CREPUSCULO

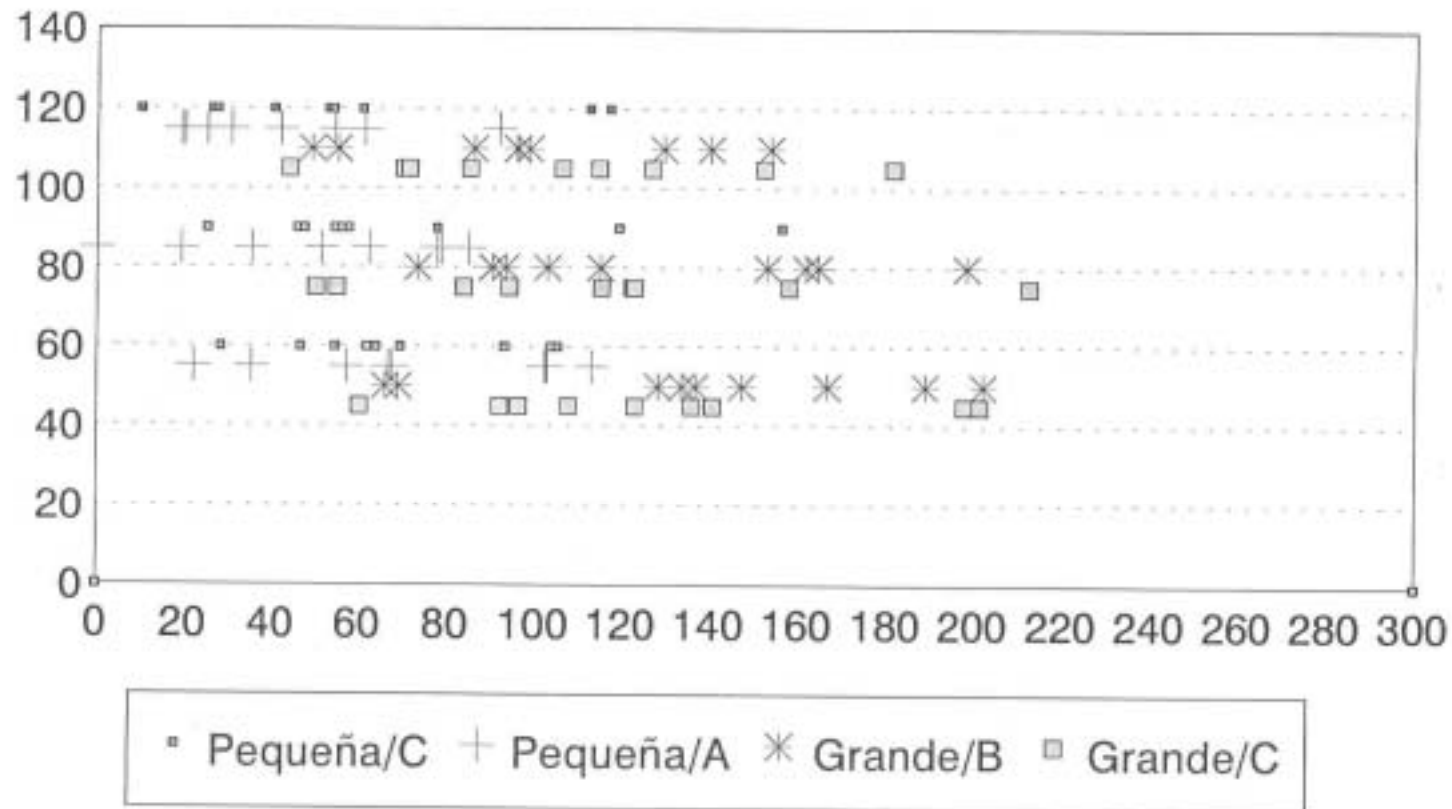


GRAFICO 3

# PRUEBA DINAMICA

## DISTANCIAS CON VISIBILIDAD LIMITADA

### Medidas en el CREPUSCULO

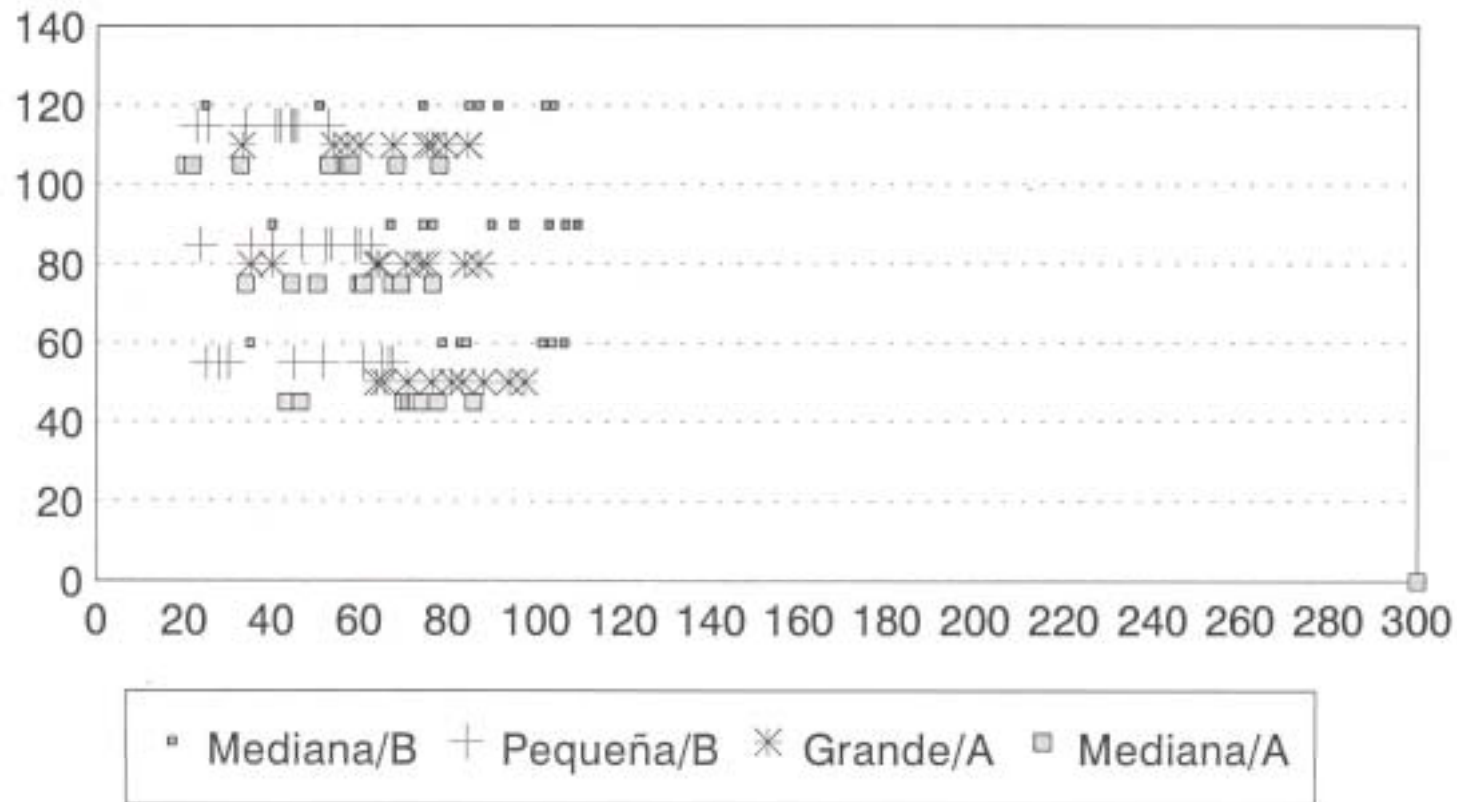


GRAFICO 4

# PRUEBA DINAMICA

## DISTANCIAS CON VISIBILIDAD PERFECTA

### Medidas de NOCHE

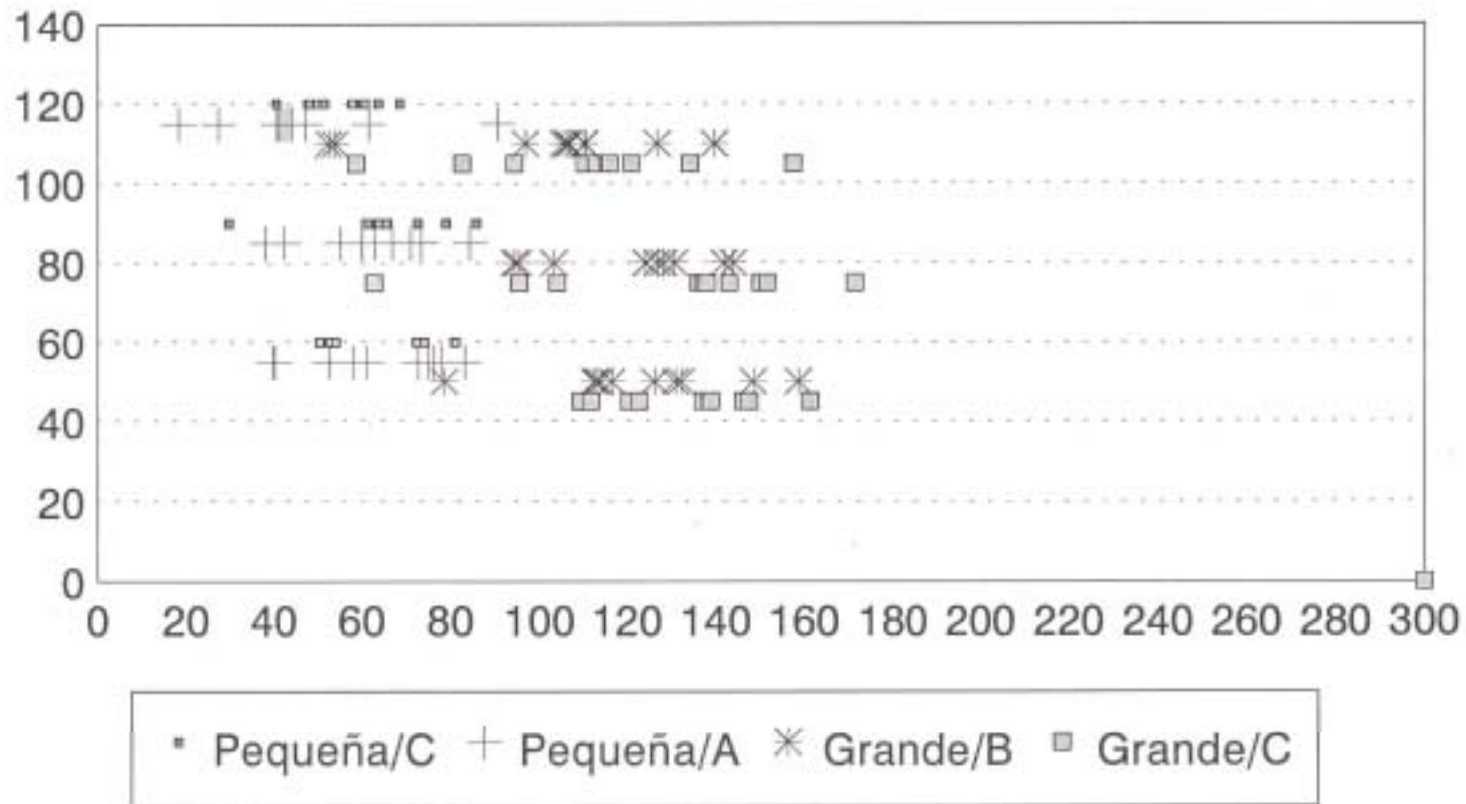


GRAFICO 5

**ANEXO 3:**

**FOTOS DE DISPOSITIVOS RETRORREFLECTANTES.**

Las carreteras y la noche." Ver y ser visto".









**ANEXO 4:**  
**ELEMENTOS MÁS NOVEDOSOS.**

## EL TUBO DE ILUMINACIÓN

El tubo de iluminación es un sistema de reconocimiento de la carretera durante el período nocturno, ideado por 3M, que se perfila como una propuesta innovadora para solucionar los problemas relacionados con la conducción durante la noche y así aumentar los estándares de seguridad de las carreteras, especialmente en emplazamientos peligrosos, tales como curvas, glorietas, túneles e intersecciones.

Se trata de un sistema simple, que, instalado en el borde del arcén o en la parte superior de las barreras de seguridad, proporciona una luz continua y uniforme que permite al conductor identificar la trayectoria de la vía por la que está circulando.

Este sistema, de forma tubular, transmite la luz, desde una única lámpara luminosa, a lo largo de hasta 30 metros, ofreciendo, esta forma, una alta eficacia energética y luminosa.

Las características de este sistema y el material garantizan una sencilla instalación y mantenimiento, así como una gran resistencia ante condiciones climatológicas adversas.

La eficacia de este elemento ya ha sido comprobada en tramos de carretera de Italia y se espera que antes de que finalice el año se pueda instalar en algunos tramos de las carreteras españolas.

A continuación se muestra un ejemplo de instalación de este sistema en una glorieta.



## LOS GLOBOS DE ILUMINACIÓN

La realización de obras de mantenimiento y conservación en las carreteras durante la noche consigue aminorar en gran medida los problemas de congestión de tráfico que se producirían en caso de que estos trabajos se realizaran durante el día. En este sentido, hay que tener en cuenta que las necesidades de iluminación son amplias; por una parte es necesario iluminar correctamente el área de trabajo y por otra, los trabajadores han de ser vistos por los vehículos que circulan.

Los focos que se utilizaban tradicionalmente para iluminar las zonas de obras ofrecían una visión reducida y sobre una zona concreta.

Sin embargo, desde hace unos años está incrementando el empleo de globos de iluminación caracterizados por las siguientes ventajas:

- Son móviles y, por lo tanto, pueden ir colocados sobre las máquinas mientras se trabaja.
- Se obtienen mejoras en seguridad laboral. Las personas encargadas de realizar trabajos de mantenimiento son advertidos sin problemas por los conductores de los vehículos que circulen en ese momento por ese tramo.
- Se trata de una herramienta sencilla de manejar y con escaso mantenimiento.
- Con una sola lámpara se puede obtener 360°, en todos los sentidos horizontal y vertical, evitando la aparición de brillos y sombras.
- No deslumbra.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Carreteras urbanas. Recomendaciones para su planeamiento y proyecto.

D.G.C. del MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES

Recomendaciones para la iluminación de carreteras y túneles

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

Guía técnica para la eficiencia energética en las instalaciones de alumbrado público

COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN

Señalización vertical. Instrucción de Carreteras. Norma 8.1-IC

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

Norma de carreteras 8.3-IC

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

Marcas viales. Norma de Carreteras 8.2.-IC

Guía de buena práctica para la iluminación de glorietas y travesías

PHILIPS y AEC

Anuario estadístico de accidentes de 2002

DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO del MINISTERIO DEL INTERIOR

Revista Carreteras. Noviembre-Diciembre 2002. Nº 124

AEC

Evaluaciones visuales del estado de conservación de las carreteras

AEC

Recomendaciones sobre glorietas

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

Elementos de señalización, balizamiento y defensa de las carreteras. Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes (PG-3)

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

Manual de ejemplos de señalización de obras fijas

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

Señalización móvil de Obras

D.G.C. del MINISTERIO DE FOMENTO

III Congreso Andaluz de Carreteras. Carreteras para una sociedad en desarrollo (Sevilla, del 7 al 10 de Octubre de 2003)

Estudio sobre accidentalidad ciclista en España. Período 1996-2001  
REAL FEDERACIÓN ESPAÑOLA DE CICLISMO

Guía para la iluminación de áreas urbanas  
COMISIÓN INTERNACIONAL DE ILUMINACIÓN

Guía Para la reducción del resplandor luminoso nocturno  
COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN

Influencia en la percepción de las señales de tráfico: iluminación, edad del conductor, velocidad de marcha, tamaño y material retrorreflectante de la señal  
AEC