

Señalización y seguridad de la circulación

Por EMILIANO MORENO LÓPEZ
Dr. Ciencias Químicas



Foto 1. La utilización de la luz, como elemento para mejorar la seguridad vial en conducción nocturna, resulta imprescindible.

Resumen

DE todas las modalidades de transporte, la circulación vial es la que presenta el número mayor de accidentes. Baste destacar el hecho de que, desde la firma del Tratado de Roma, han muerto por accidente de circulación cerca de dos millones de personas en los doce Estados miembros de la Unión Europea, y han

resultado heridos más de 40 millones.

Las cifras son tan elocuentes que la Comisión de las Comunidades Europeas ha estimado oportuno elaborar, sobre la base del informe correspondiente emitido por el grupo de alto nivel GAN/DG-7, un "Programa de acción comunitario" que contiene los campos de actuación prioritarios, así como las nuevas iniciativas que hay que desarrollar en materia de seguridad de la circulación.

Entre otras muchas acciones

prioritarias, queremos destacar, particularmente, las medidas relativas a la **señalización**, sobre todo, en lo referente a la necesidad de su uniformización.

De esta manera, en este artículo se hace un análisis de los parámetros y requisitos de visibilidad que deberán reunir las marcas viales y las señales de circulación, para garantizar la percepción de sus mensajes durante la conducción nocturna, en cualquier situación (distinta ubicación en la vía, diferentes entornos, etc.).

“Cada año, los accidentes de circulación dan lugar a un mínimo aproximado de 50 000 muertos, y más de 1,5 millones de heridos en las vías de la Unión Europea.”

Las conclusiones derivadas del análisis anterior permiten sentar las bases –tanto científicas como técnicas– imprescindibles para llevar a cabo con eficacia la selección de los materiales más idóneos, según el caso.

1. Situación actual.

De todas las modalidades de transporte, la circulación vial es la que registra el número mayor de accidentes. En este sentido, las cifras son, por sí mismas, suficientemente elocuentes: “cada año, los accidentes de circulación dan lugar a un número aproximado de 50 000 muertos, y más de 1 millón y medio de heridos en las vías de la Unión Europea.

Desgraciadamente, esta “lacría social”, además del coste humano tan enorme que lleva asociada, supone –según la evaluación de los expertos– un coste económico medio, para la Unión Europea, de aproximadamente 70 000 millones de ECUs al año.¹

De esta manera, no es de extrañar que la Comisión de las Comunidades Europeas considere la mejora de la seguridad en los transportes, y, especialmente, el aumento de la seguridad de la circulación vial, como objetivos prioritarios dentro de su política de transportes.

Así, en el Libro Blanco sobre “el curso futuro de la política común de transportes”² se señala al respecto que “la evolución que debe seguir la realización del mercado interior de transportes no hace sino subrayar la necesidad de una

acción comunitaria adecuada en lo que se refiere a la seguridad. Sin duda por este motivo, el Tratado de la Unión incluye una modificación del artículo 75, para dejar claro que la política común de transportes debería incluir medidas que permitan mejorar su seguridad”.

2. El programa europeo de seguridad de la circulación vial.

Sobre la base, especialmente, del informe del Grupo de Alto Nivel de los representantes de los gobiernos de los Estados miembros (abril de 1992), la Comisión ha estimado¹ que un programa de acción comunitario debería centrarse, al menos, en los siguientes “campos de actuaciones prioritarias y nuevas iniciativas”:

- intercambio de información y de experiencias, así como establecimiento de un banco comunitario de datos;
- seguridad activa y pasiva de los vehículos;

peligrosas

- aspectos de la publicidad que pueden mermar la seguridad de la circulación.

Por su parte, en lo que a “infraestructura y seguridad de la circulación vial” se refiere, hay que destacar los aspectos siguientes del programa de acción comunitario:

- características superficiales de las vías;
- dotaciones de mensaje variable (programas DRIVE y PROMETHEUS);
- las dotaciones fijas y, especialmente, LA SEÑALIZACIÓN, indicando también la utilidad de **hacerlas uniformes**, al menos en los grandes ejes (redes transeuropeas).

De lo expuesto anteriormente, puede concluirse que, entre otras medidas consideradas como prioritarias por la Comisión, la mejora de la seguridad de la circulación vial demanda:

I) La instalación de unos sistemas de “información artificial” (básicamente, señalización) en las



La Comisión de las Comunidades Europeas considera la mejora de la seguridad en los transportes, y, especialmente, el aumento de la seguridad de la circulación vial, como objetivo prioritario.

- educación de los usuarios y formación de los conductores;

- adopción de medidas relativas al comportamiento (influencia del alcohol y de las drogas, fatiga, etc.);

- **infraestructura y seguridad de la circulación vial;**

- mejora de la seguridad de los transportes viales de mercancías

vías, acorde con las necesidades del tráfico actual.

II) La homogeneización de los mensajes transmitidos por dicha información, al menos, en las carreteras de la red transeuropea.

1. COM (93) final, adoptado por la Comisión el 9 de junio de 1993.

2. COM (92) 494 final, adoptado por la Comisión el 2 de diciembre de 1992.

“**P**or término medio, un automovilista lee una señal de circulación cada 70 metros (circulando a una velocidad media de 100 km/h, se traduce en la necesidad de asimilar una señal cada tres segundos).”

De esta manera, en este artículo, por un lado, se analizan los parámetros que influyen en la calidad de la señalización y, por otro, se fijan sus criterios para garantizar la eficacia de las señales de circulación, basándose en las características y necesidades del tráfico actual.

3. Visibilidad en la conducción nocturna.

“El ser humano es, ante todo, una criatura regida por la visión y ninguna percepción tiene una influencia mayor que la LUZ”. Con estas palabras, Goethe explicaba —en la parte didáctica de su “Teoría de los colores”— la relación entre la luz y el hombre.

Por su parte, la ciencia actual confirma este pensamiento, aunque con una formulación diferente: “el 99% de las informaciones que el ser humano recibe de su entorno son percibidas por su órgano visual”.

De esta manera, la necesidad de reflexionar seriamente sobre la forma de utilizar la luz en sus aplicaciones más diversas, como es la de contribuir a mejorar la seguridad de la circulación vial durante la conducción nocturna, y dar así un servicio a la sociedad, resulta imprescindible. (Foto 1)

En este sentido, es necesario, en primer lugar, analizar las fases de la conducción de un vehículo, para poder, posteriormente, definir sus parámetros de influencia.

De forma general, puede afir-



Foto 2. El exceso de señalización y los entornos complejos dificultan notablemente la percepción de los mensajes y, consecuentemente, la toma de decisiones correctas.

marse que la conducción de un vehículo comprende, fundamentalmente, cuatro etapas:

Primera etapa: Percepción de las informaciones: DETECCIÓN.

Segunda etapa: Percepción de la situación: IDENTIFICACIÓN.

Tercera etapa: Análisis y toma de decisiones: DECISIÓN.

Cuarta etapa: Ejecución de las decisiones: RESPUESTA.

Es decir, el conductor deberá INFORMARSE, INTERPRETAR, DECIDIR y, finalmente, ACTUAR en intervalos de tiempo muy breves, siempre que perciba una información durante la conducción; y todo ello, además, interaccionando con FACTORES EXTERNOS muy diversos, tales como:

- las actuaciones de los demás usuarios,
- el entorno,
- las características de la vía, etc.

Si consideramos el hecho de que, por término medio, un automovilista lee una señal de circulación cada 70 metros (circulando a una velocidad media de 100 km/h, se traduce en la necesidad de asimilar una señal cada TRES segundos), puede concluirse que el usuario está sometido a una modificación constante de su comportamiento, consecuencia de las restricciones derivadas de la ejecución de las decisiones correspondientes a la información reci-

bida (aplicación del Reglamento de la Circulación). (Foto 2).

3.1. Tiempo de respuesta.

Para que pueda esperarse una reacción adecuada por parte del conductor, en cualquier situación, es imprescindible que las cuatro etapas anteriormente descritas dispongan del tiempo necesario para realizarse: TIEMPO DE RESPUESTA (T_R).

En las situaciones más simples: conductor joven muy atento, estímulo claro y una respuesta sencilla (por ejemplo, apretar un botón), el tiempo de respuesta (T_R) es aproximadamente 0,15 segundos. Evidentemente, un aumento de la cantidad de información que hay que procesar, independientemente de su calidad, conducirá siempre a un incremento del valor del tiempo de respuesta.³

- la LUMINANCIA del entorno (L),
- el CONTRASTE (K) y,
- la ANGULARIDAD (posición del objeto con respecto al observador, ϵ).

Es decir:

$$T_R = f(L, K, \epsilon) \rightarrow$$

$$\rightarrow T_R = 1,2 - 0,165 \log(L)$$

Entre los valores recomendados

para el tiempo de respuesta (valores obtenidos experimentales), hay que citar:

$T_R \geq 1,5$ segundos
EE.UU., $T_R = 2$ segundos
España, $T_R = 2$ segundos (I.C-3.1, 1990)

3.2. Distancias de visibilidad.

El diseño de un sistema de señalización eficaz requiere un análisis previo de la visibilidad.

La distancia de visibilidad necesaria puede definirse como "la mínima imprescindible para que determinadas maniobras lícitas puedan iniciarse y, en su caso, completarse con seguridad a partir de las velocidades de recorrido reales" y, a su vez, será función de:

- la distancia de visibilidad de parada;
- la distancia de visibilidad en conducción nocturna.

La distancia de visibilidad de parada se define como "la necesaria para que el conductor de un vehículo, circulando a la velocidad máxima real, pueda detenerse antes de alcanzar a un obstáculo u objeto situado en la calzada". Siempre, deberá cumplirse que:

$D(\text{visibilidad disponible}) >$

$D(\text{visibilidad de parada})$

La distancia de visibilidad de parada, por su parte, consta de dos sumandos:

- recorrido del vehículo desde el momento en que el conductor divisa el obstáculo hasta que aplica los frenos y,
- distancia cubierta en el frenado.

Por supuesto, siempre:

$D(\text{visibilidad de parada}) >$

$D(\text{parada})$

La distancia de visibilidad en conducción nocturna se define como "la mayor distancia a la que comienza a verse un objeto, situado sobre la calzada, cuando ésta se encuentra iluminada por los faros de un vehículo, pudiendo haber o no deslumbramiento ocasionado por otro coche que se aproxima en sentido contrario".

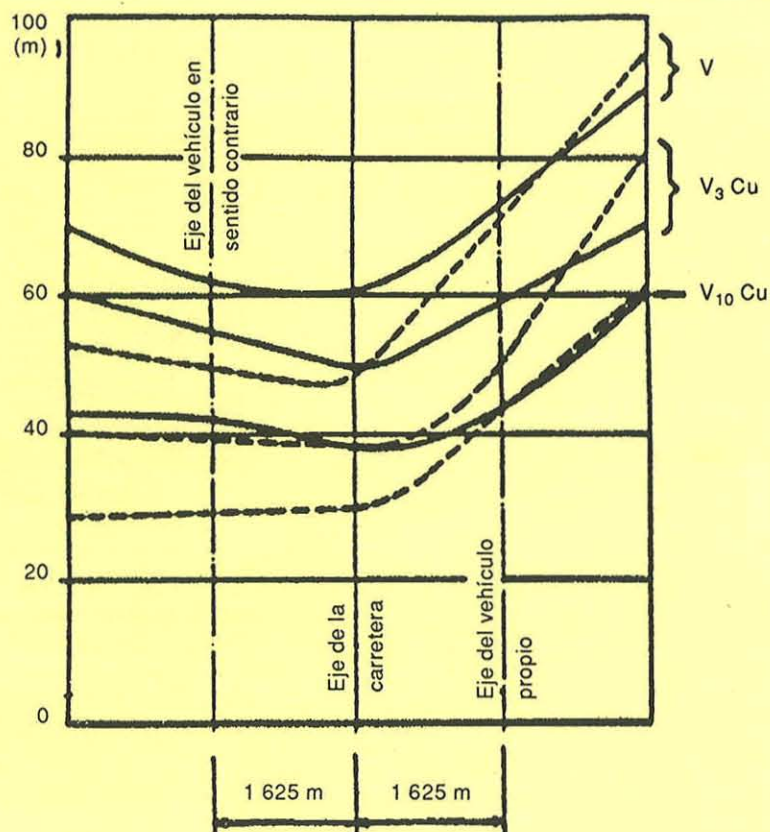


FIGURA 1. Variación de la distancia de visibilidad a un objeto, cuando existe deslumbramiento por los vehículos que circulan en sentido contrario.

La citada distancia de visibilidad dependerá de numerosos factores, entre los cuales cabe destacar:

- características del obstáculo y de la vía,
- posición del vehículo,
- tipo de lámpara utilizado para equipar sus faros.

Como ejemplo, en la figura 1, se ha representado la variación de la distancia de visibilidad de un objeto de 20×20 cm que se obtiene en laboratorio para dos vehículos equipados con faros de lámparas incandescentes (clásicas o convencionales), uno con proyectores del tipo europeo (línea en trazo continuo) y el otro con proyectores del tipo americano (línea en trazo discontinuo), en función del nivel de visibilidad, y con deslumbramiento procedente de un vehículo situado a 100 m, circulando en sentido contrario³.

• Las curvas de la figura 1, denominadas V3Cu y V10Cu, representan los valores de las distancias de visibilidad en conducción nocturna, correspondientes a unos niveles de visibilidad equivalentes a

3 y 10 veces el umbral de visibilidad, respectivamente. Por su parte, V10Cu representa las distancias de visibilidad en las que la probabilidad mínima de percibir nítidamente un obstáculo es del 85%.

• El nivel de visibilidad de un objeto, por su parte, se define como "la relación entre el contraste real y el contraste umbral de LUMINANCIAS" ($L = I/m^2$, donde I es la "intensidad luminosa", cd).

$$VL = \frac{L_{\text{real}}}{L_{\text{umbral}}} = \frac{Cr}{Cu}$$

Por último, de la figura 1, se puede deducir que, al aumentar el nivel de visibilidad exigido –independientemente del tipo de faro– disminuye el valor de la distancia de visibilidad, mientras que el deslumbramiento ocasionado por los vehículos que circulan en sentido contrario, de forma general, acorta la distancia de visibilidad, independientemente del tipo de faro y del nivel de visibilidad considerado.

3. J.I. Urraca Piñeiro. "Visibilidad en la conducción nocturna". XVIII SIMPOSIUM DE ALUMBRADO. Logroño (Mayo 1992).

4. Sistemas internacionales de alumbrado de vehículos.

La selección de un sistema de señalización eficaz requiere, indispensablemente, evaluar la naturaleza del entorno en el cual va a ubicarse; lo que, en el caso de conducción nocturna, implica analizar la distribución de la luz procedente de los faros del vehículo³:

Básicamente, los sistemas de alumbrado de un vehículo pueden clasificarse en TRES grupos, cuyas características se encuentran debidamente reguladas³:

a) Lámparas incandescentes clásicas: Reglamentos 1 y 5 de UNECE (figura 2).

b) Lámparas halógenas: reglamentos 8 (tipos H1, H2, H3) y 20 (tipo H4) de UN ECE (figura 3).

c) Lámparas de descarga: proyecto VEDELIS, aceptado como proyecto EUREKA-Nº 273 en junio-88 (*figura 4*).

Por su parte, en la *tabla 1* se han anotado los valores de iluminancia (E/lux) de los puntos y zonas más característicos correspondientes a los haces de corto y largo alcance representados en las *figuras 2, 3 y 4* (nótese que no existen valores armonizados para lámpara de descarga, aún sin homologar).

De una forma simplificada, puede concluirse que el diseño de un proyector de cruce constituye una tarea muy compleja, ya que resulta del compromiso de tener que alumbrar, por un lado, suficientemente la vía; y, por el otro, no deslumbrar ni causar molestias a los conductores que circulan en sentido contrario; de ahí que el haz de corto alcance deba producir una línea de corte (luz-sombra) nítida que separe una parte inferior fuertemente iluminada, de otra superior prácticamente oscura.

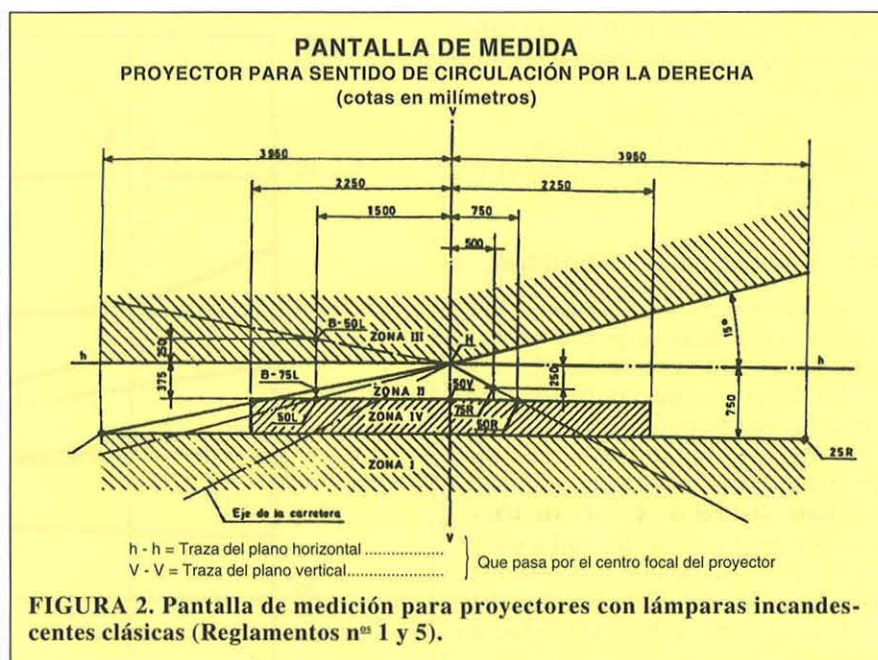


FIGURA 2. Pantalla de medición para proyectores con lámparas incandescentes clásicas (Reglamentos nºs 1 y 5).

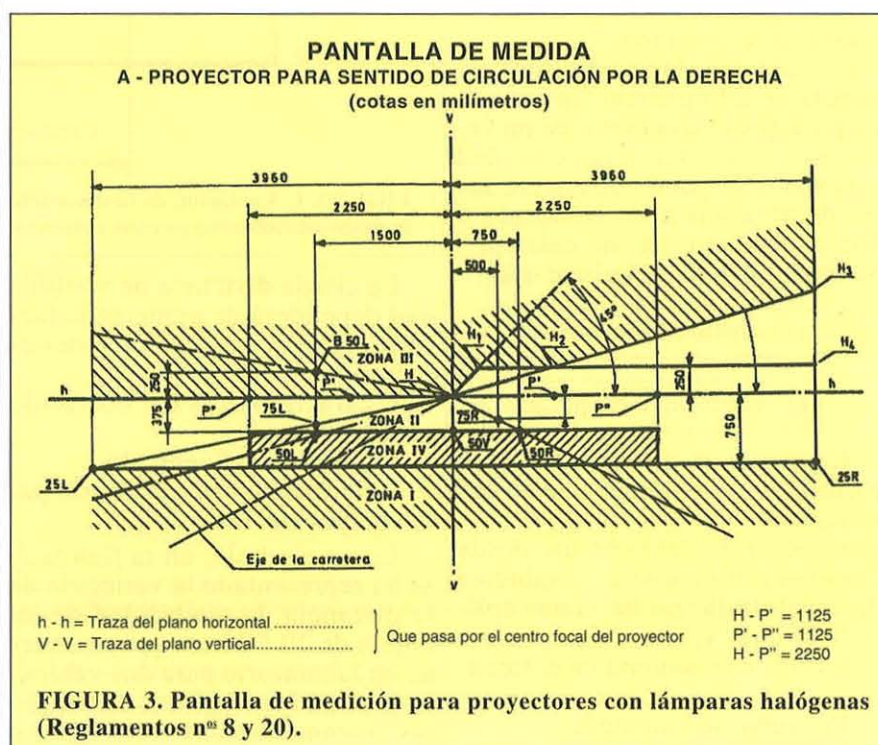
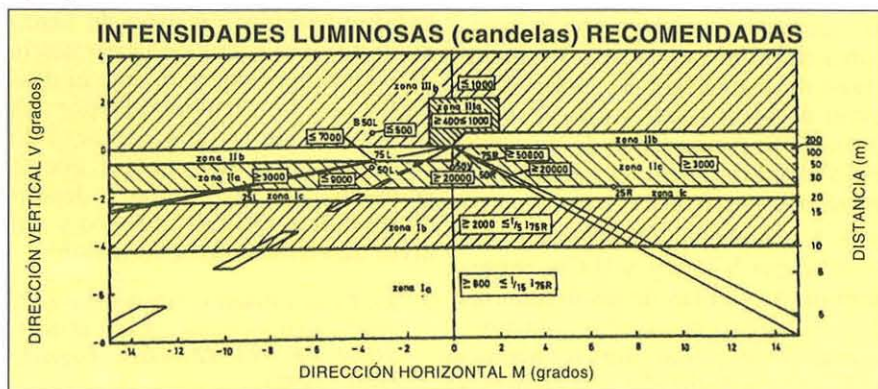


FIGURA 3. Pantalla de medición para proyectores con lámparas halógenas (Reglamentos n^{os} 8 y 20).



Resulta evidente, por lo tanto, que en el momento de diseñar un sistema óptimo de señalización es imprescindible analizar la ubicación de las distintas señales para poder evaluar la cantidad de luz disponible para iluminarlas y, consecuentemente, poder definir el nivel mínimo de luminancia necesario para garantizar su visibilidad durante la noche.

FIGURA 4.1. Intensidades luminosas recomendadas en velas para la luz de corto alcance (Alferdinck y Padmos).

“**E**l diseño de un proyecto de cruce constituye una tarea muy compleja, ya que resulta del compromiso de tener que alumbrar, por un lado, suficientemente la vía; y, por otro, no deslumbrar ni causar molestias a los conductores que circulan en sentido contrario.”

5. Sistemas de información artificial.

Por información artificial se en-

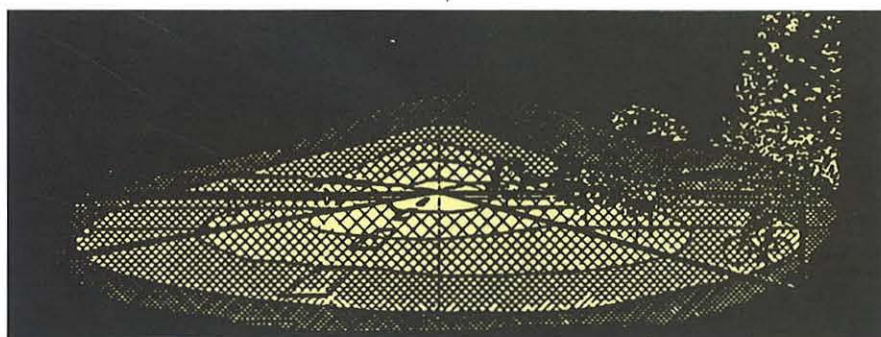


FIGURA 4.2. Curvas isolux en la calzada con luz de corto alcance con lámparas de descarga D1 y luz de largo alcance con lámpara halógena H1.

tiende todo aquello construido e instalado dentro del entorno de circulación para aumentar la información natural existente.

Se trata de sistemas que es necesario introducir en la vía para informar al conductor de todo lo que ocurre a su alrededor. Básicamente, la información artificial está constituida por la señalización. (Foto 3)

En este capítulo se analizan y evalúan, a la vista de las características del alumbrado —procedente de los vehículos— comentadas en el apartado anterior, los requisitos esenciales que deberá reunir la señalización vertical para garantizar su visibilidad durante la conducción nocturna.

Por su parte, la señalización horizontal no se incluye en este artí-

TABLA 1: PROYECTORES DE VEHICULOS AUTOMOVILES. HAZ DE CORTO Y LARGO ALCANCE (ACUERDO DE GINEBRA DE 20 DE MARZO DE 1958)				
Iluminación sobre pantalla situada 25 m delante del proyector y perpendicularmente al eje del mismo				
Tipo de luz	Puntos y zonas de medición en la pantalla	Iluminación sobre la pantalla (Lux)		
		Incandescentes clásicas Reglamentos N° 1-2-5 y 37	Halógenas H-1, H-2 y H-3 Reglamentos N° 8 y 37	Halógenas H-4 Reglamentos N° 20 y 37
Haz de corto alcance	Punto..... B-50 L	≤ 0,3	≤ 0,3	≤ 0,4
	Punto..... 75 R	≥ 6	≥ 12	≥ 12
	Punto..... 75 L	—	≤ 12	≤ 12
	Punto..... 50 L	—	≤ 15	≤ 15
	Punto..... 50 R	≥ 6	≥ 12	≥ 12
	Punto..... 50 V	—	≥ 6	≥ 6
	Punto..... 25 L	≥ 1,5	≥ 2	≥ 2
	Punto..... 25 R	≥ 1,5	≥ 2	≥ 2
	Zona..... III	≤ 0,7	≤ 0,7	≤ 0,7
	Zona..... IV	≥ 2	≥ 3	≥ 3
	Zona..... I	≤ 20	≤ 2 veces E _{50R} ó E _{50L}	≤ 2 veces E _{50R} ó E _{50L}
Haz largo alcance	Punto..... H	Dentro de la ISOLUX 90% E máx.	Dentro de la ISOLUX 80% E máx.	Dentro de la ISOLUX 80% E máx.
	Valor..... E máx	≥ 32	40 ≤ E máx < 240 E máx ≤ 16 veces E _{75R} ó E _{75L}	40 ≤ E máx < 240 E máx ≤ 16 veces E _{75R} ó E _{75L}
	Zona entre H y P' (Hacia Decha e Izda)	≥ 16	≥ 24	≥ 24
	Zona entre P' y P'' (Hacia Decha e Izda)	≥ 4	≥ 6	≥ 6

culo, al haberse analizado, convenientemente, en el número 37 de Rutas, de julio-agosto de 1993.

De una forma global, puede afirmarse que el grado de percepción de los mensajes contenidos en las señales de tráfico viene condicionado por los siguientes factores:

- I. EL VEHÍCULO
- II. LA VÍA
- III. EL CONDUCTOR

De esta manera, la eficacia en la transmisión de los mensajes dependerá de la profundidad con la



Foto 3. Durante la conducción nocturna, en ausencia de alumbrado público, la información artificial (por ejemplo, la señalización vertical) se convierte en la única guía óptica útil para el conductor.

que hayan sido evaluados los citados factores en el momento de diseñar la señalización vertical.

I. El vehículo

La influencia del vehículo en la calidad de la transmisión de los mensajes procedentes de la señalización vertical se pone de manifiesto, básicamente, a través de su:

- CLASE: – turismo
– camión
- SISTEMA DE ALUMBRADO

Mientras el sistema de alumbrado influye de manera directa en la cantidad de luz que recibe la señal (apartado 4), la clase de vehículo, por su parte, juega un papel decisivo en la GEOMETRÍA de la iluminación y de observación de las señales de circulación. (figuras 5 y 6)

II. La vía

De forma resumida, puede afirmarse que el entorno (la vía) juega un papel relevante en el nivel de calidad de percepción de las señales de circulación ya que fija dos parámetros esenciales de las mismas:

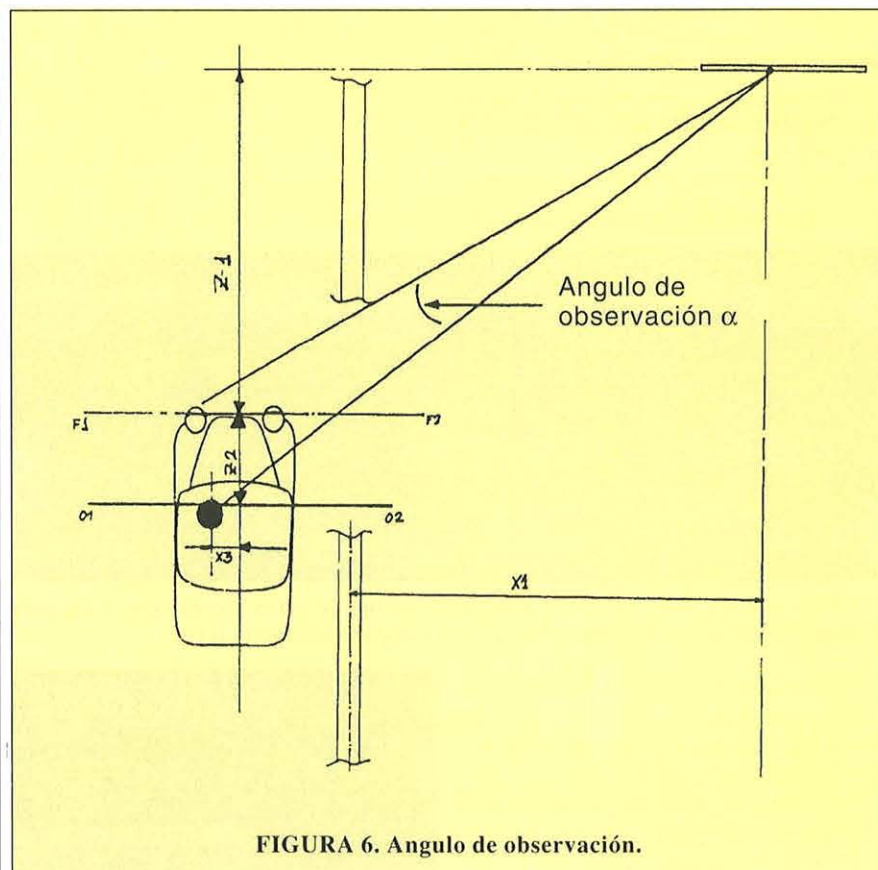
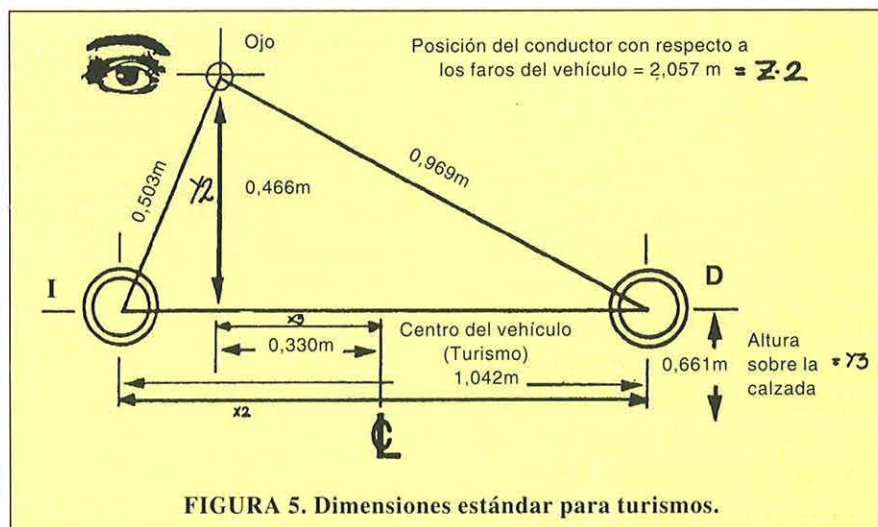
- su UBICACION (pórticos, banderolas, etc.)
- su ILUMINANCIA externa (iluminación, distinta a la procedente de los vehículos, existente en el entorno que rodea a la señal).

Como podrá concluirse más adelante, el análisis previo de estos parámetros tiene una importancia decisiva en el criterio a adoptar para la selección de los materiales que se utilizan en la señalización vertical.

III. El conductor

Se trata, quizás, del factor más determinante en la percepción, ya que es el receptor de los mensajes contenidos en las señales de circulación. Sin embargo, debido fundamentalmente a que el conductor por un lado juega un PAPEL PASIVO en la comunicación visual y, por otro, no considera –para su seguridad– de forma consciente como PRIORITARIAS las señales de circulación, casi nunca se tiene en cuenta este factor en el momento de diseñar la señalización vertical.

Las características, desde el



punto de vista del conductor, que influyen de forma directa en su nivel de percepción pueden resumirse en:

- la EDAD del conductor
- su AGUDEZA VISUAL.

Cuando se considera el hecho de que, prescindiendo de los problemas visuales, la cantidad de luz necesaria para lograr un buen contraste varía con la edad (figura 7), y se tiene en cuenta la evolución demográfica (en el año 2010, más de un 20% de los conductores será mayor de 60 años), resulta sencillo

concluir que NO SE PUEDE DISEÑAR un sistema de señalización eficaz SIN TENER EN CUENTA AL USUARIO MAYORITARIO de la carretera: EL CONDUCTOR.

Como ejemplo de su importancia, baste resaltar el hecho de que con respecto a uno de 20 años de edad, un conductor de 33 años necesita el DOBLE de luz; uno de 46 años está necesitado de CUATRO veces más luz; y uno de 59 años requiere OCHO veces más iluminación para percibir con nitidez, a

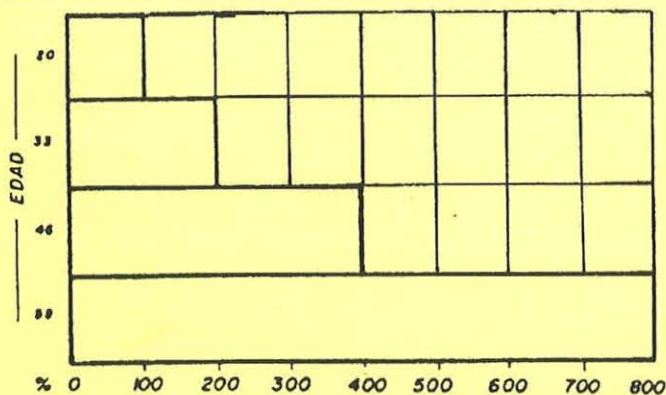


FIGURA 7. Cantidad relativa de luz media necesaria en función de la edad del observador.

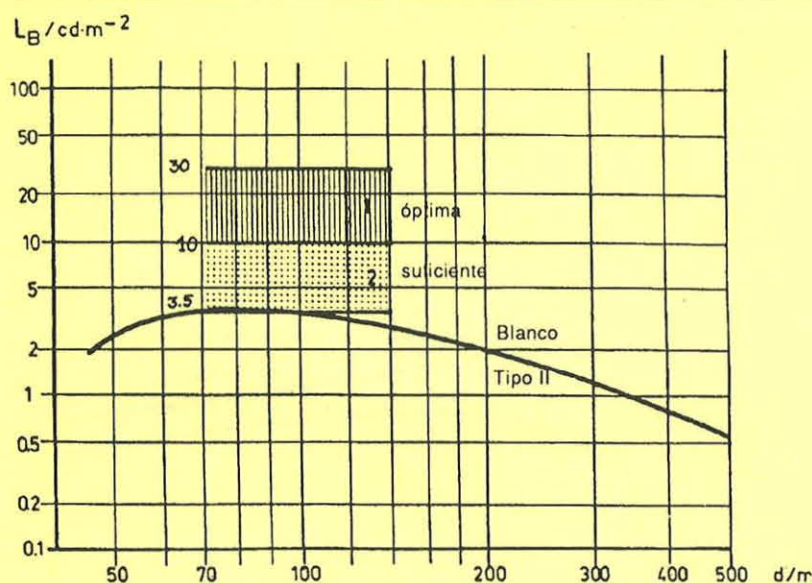


FIGURA 8. Luminancias óptima y suficiente para pórticos y banderolas.

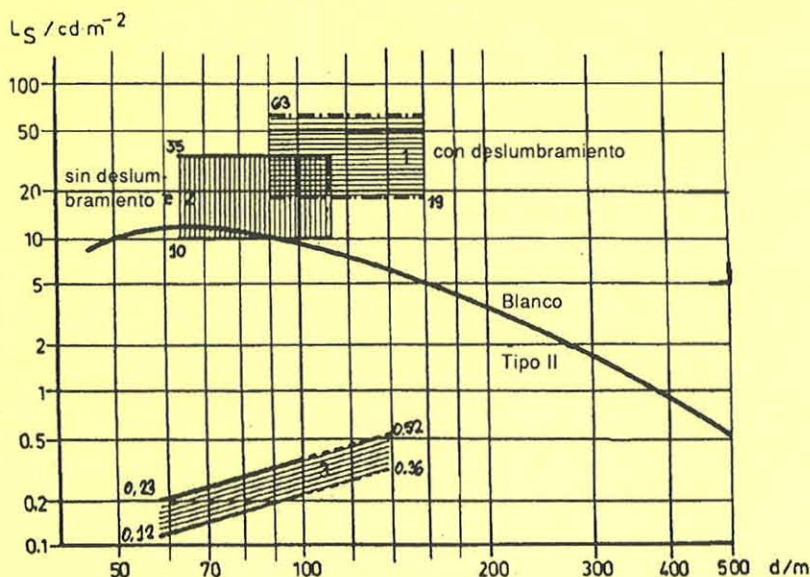


FIGURA 9. Luminancias óptima y mínima para las señales de código, con y sin deslumbramiento por los vehículos que circulan en sentido contrario.

la misma distancia un mensaje (figura 7).

De acuerdo con lo comentado anteriormente, puede afirmarse que la selección de un material óptimo para la señalización vertical deberá basarse, fundamentalmente, en:

- las NECESIDADES VISUALES del conductor;
- la UBICACION DE LAS SEÑALES en la vía.

En este sentido, hay que resaltar el hecho de que el criterio más importante para el reconocimiento y legibilidad de las señales de tráfico durante la noche, además de su tamaño, contrastes de color, dimensiones de las letras y pictogramas y su localización, es su LUMINANCIA ($L = I/m^2$: $cd \cdot m^{-2}$) a la distancia crítica, a la cual deberá poder leer la señal.

En la actualidad, no se habla de un valor exclusivo de luminancia sino de rangos de luminancia:

- rango de LUMINANCIA ÓPTIMA
- rango de LUMINANCIA SUFICIENTE
- rango de LUMINANCIA MÍNIMA,

cuyos valores extremos, dependerán –en función de la agudeza visual del conductor– de la ubicación de las señales en la vía y de la iluminación (E) ambiente. (Foto 4)

De entre los estudios y publicaciones existentes en la materia, cabe destacar –por su claridad en las conclusiones– el presentado por el Dr. H.J. Schmidt-Clausen⁴ en el XVII Congreso Mundial de Carreteras, celebrado en Sydney (año 1983), en el que se definen los valores de luminancia correspondientes a los rangos de luminancia óptima y suficiente para pórticos y banderolas, así como los correspondientes a los rangos de luminancia óptima (con y sin deslumbramiento procedente de los vehículos que circulan en sentido contrario) y mínima de las señales montadas al lado derecho de la vía (figuras 8 y 9, respectivamente).

De la figura 8 puede deducirse que, para materiales blancos retro-

4. H. J. Schmidt-Clausen. "Luminance of retroreflective traffic signs at night". Institute for Lighting Technology. Technical University of Darmstadt (Germany).

Sensibilidad al
contraste visual



FIGURA 10. Variación de la sensibilidad al contraste del ojo humano.

reflectantes de clase II, el rango de luminancia óptima vendrá definido por el intervalo de luminancias $10 \leq L \leq 30$ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$); mientras que el correspondiente a la luminancia suficiente será $3,5 \leq L \leq 10$ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$). Dichos valores, por su parte, garantizan la percepción de pórticos y banderolas a una distancia —medida desde el vehículo a la señal— entre 70 y 140 m.

En lo que a las señales montadas al lado derecho de la calzada se refiere (figura 9), puede deducirse que los rangos de luminancias, óptimo y mínimo, vendrán definidos —para materiales blancos retrorreflectantes de clase II— por los intervalos de luminancia siguientes:

- Luminancia óptima:
 - sin deslumbramiento: $10 \leq L \leq 35$ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)
 - con deslumbramiento: $19 \leq L \leq 63$ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)
- Luminancia mínima:
 - sin deslumbramiento: $0,12 \leq L \leq 0,23$ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)
 - con deslumbramiento: $0,36 \leq L \leq 0,52$ ($\text{cd} \cdot \text{m}^{-2}$)

Estos valores de luminancia, por otro lado, garantizan la percepción de este tipo de señales entre 70 y 160 m, cuando sus valores de luminancia se encuentran dentro del intervalo correspondiente al rango de luminancia óptima; y, entre 60 y 140 m, cuando sus valores se sitúan dentro del rango de luminancia mínima.

Las conclusiones parciales, comentadas anteriormente, evidencian el hecho de que la selección de los materiales dependerá de su

utilización, ya que el nivel de luminancia exigido será función, básicamente, de la ubicación de la señal de circulación en la vía.

Evidentemente, tamaños más grandes en letras y pictogramas, así como un aumento del contraste entre éstos y el fondo de la se-

ñal, desplazarán las cajas de luminancia —en las figuras 8 y 9— hacia la derecha; por lo que aumentarán las distancias de legibilidad de las señales.

Un aumento de la iluminancia del entorno (por ejemplo, presencia de alumbrado público), consi-

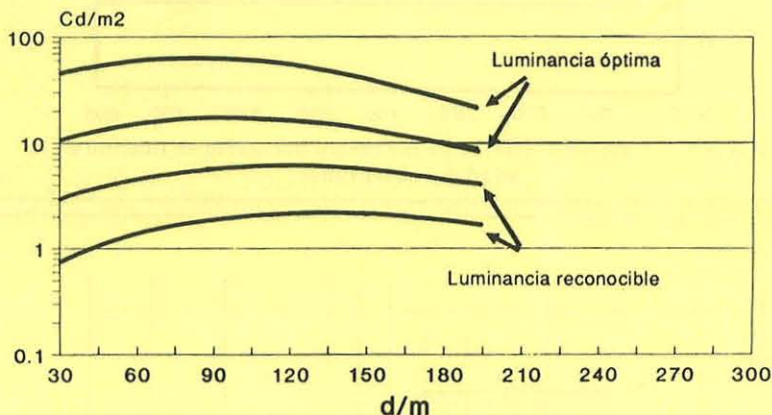


FIGURA 11. Requisitos de luminancia en las señales de tráfico.

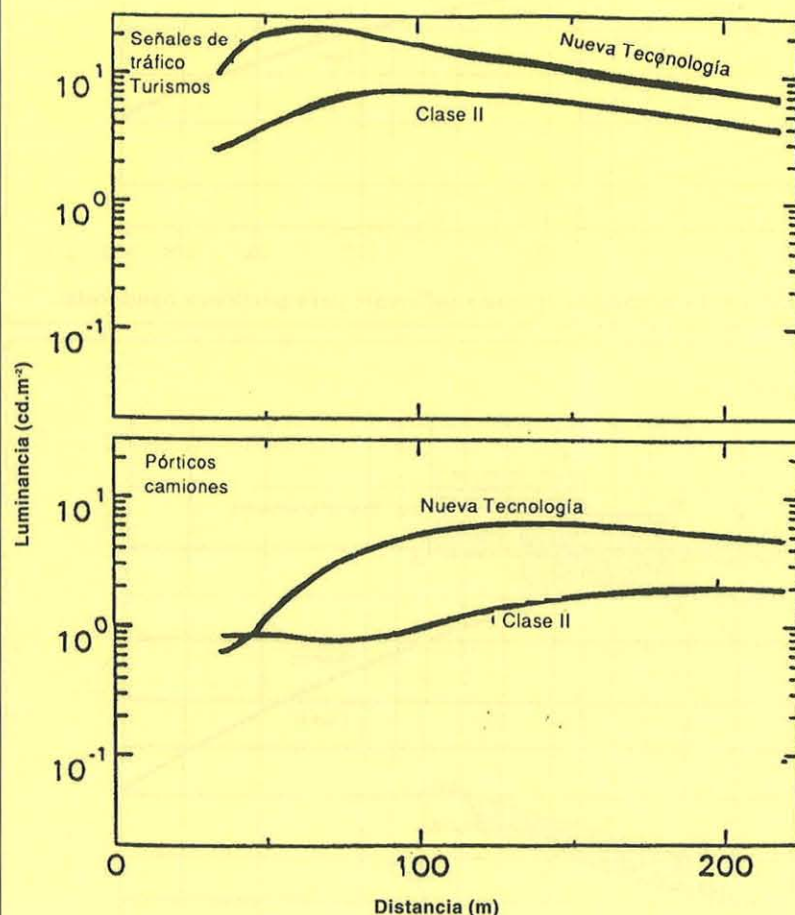


FIGURA 12. Variación de la luminancia con la distancia de legibilidad en los materiales retrorreflectantes de clase II y de nueva tecnología, para distintos ángulos de observación y de iluminación.



Foto 4. El rango de luminancia óptica de una señal de tráfico dependerá de su ubicación, así como de la iluminancia (E/lux) ambiente.

derando la variación de la sensibilidad al contraste del ojo humano en función de la iluminancia ambiente (figura 10), conduciría a un desplazamiento hacia arriba de las citadas cajas de luminancia por lo que las distancias de legibilidad de las diferentes señales sólo quedarían garantizadas mediante un incremento de los correspondientes valores de luminancia.

De una forma global, en la figura 11 se han representado los rangos de luminancia óptima y mínima, en función de la distancia de legibilidad, para las señales de circulación retrorreflectantes con fondo oscuro y pictograma en blanco o fondo blanco con pictograma negro.

De la figura 11, puede concluirse que:

I) Valores de luminancia de una señal de circulación comprendidos entre 3,5 y 10 cd.m^{-2} son suficientes para que su mensaje sea percibido con facilidad a la distancia de legibilidad normal.

II) El rango de luminancia óptima de una señal de circulación se

encuentra comprendido entre 10 y 35 cd.m^{-2} , si bien puede extenderse hasta valores de luminancia de 63 cd.m^{-2} , en caso de deslumbramiento provocado por los vehículos que circulan en sentido contrario.

Por último, con el fin de orientar acerca de la selección del material más idóneo (según el tipo de aplicación), en la figura 12 se ilustra la dependencia del valor de luminancia con la distancia de legibilidad en los materiales retrorreflectantes de color blanco de clase II (tradicional) y de nueva tecnología.

“**E**l rango de luminancia óptima de una señal de circulación se encuentra comprendido entre 10 y 35 cd.m^{-2} .”

De esta manera, a partir de los rangos de luminancia previamente definidos, así como de las curvas de luminancia en función de la distancia de legibilidad que poseen los materiales (figura 12), pueden recomendarse los siguientes criterios de selección globales⁵:

1. En autopista o autovía, para pódicos y banderolas: materiales de nueva tecnología (su distancia de legibilidad es, al menos, un 7% superior a la del material convencional de clase II).

2. Para cualquier señal de circulación ubicada en zonas con elevada iluminancia ambiente (entorno urbano), o para señales sujetas a percepción con ángulos de entrada (iluminación) superiores a 15°, in-

5. J.W.A.M. Alferdink. "Luminance and legibility of traffic and guide signs with Diamond Grade 3990 VIP retro-reflecting sheeting, Optical measurements, calculations and comparisons with High Intensity Grade". TNO Institute for Perception. Rep. No. IZF 1992 C-25 (Soesterberg, The Netherlands).

dependientemente de la iluminancia del entorno: materiales de nueva tecnología (sus valores de luminancia son, al menos, 3 veces superiores a los de los materiales convencionales de clase II). (Foto 5)

3. En las demás situaciones: materiales convencionales de clase II (sus valores de luminancia satisfacen los requisitos de luminancia suficiente).

4. En zona de obra (demanda de una visibilidad elevada debido al riesgo potencial existente): material de nueva tecnología (para distancias de visibilidad cortas –alrededor de 50 m– y percepción con ángulos de entrada superiores a los 15° ; su luminancia es aproximadamente 6 veces superior a la de los materiales convencionales de clase II).

5. Para potenciar según el caso, la percepción de las señales de circulación –independientemente de su ubicación e iluminancia ambiente– por parte de los conductores de camiones, autobuses, etc: materiales de nueva tecnología (valores de luminancia hasta 6 ve-



Foto 5. En entornos urbanos (iluminancia elevada), o para ángulos de iluminación superiores a 15° , la percepción de los mensajes contenidos en las señales sólo podrá garantizarse mediante la utilización de materiales retrorreflectantes de alto valor de luminancia ($L/cd+m-2$).

ces superiores a los de los materiales convencionales de clase II en condiciones de iluminación y de observación adversas: valores elevados de los ángulos correspondientes). ■

Emiliano Moreno López. Presidente del grupo de trabajo europeo, CEN/CT 226/GT2 “Señalización horizontal” y Miembro Permanente del Comité de Expertos, CIE/CT 4-27 “Marcas Viales”.