

HACIA UNA RECOPILOCIÓN DE LAS CONDICIONES, CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES DE LA SEÑALIZACIÓN VARIABLE EN TÚNELES

Ángel J. Muñoz Suárez

*Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos
Subdirección General de Tráfico y Movilidad
Dirección General de Tráfico*

Introducción

Las secciones que con morfología en forma de túnel se localizan dentro de las infraestructuras viarias, constituyen por sus características intrínsecas, zonas de tratamiento especial y singularizado. Tales secciones de emplazamiento urbano o interurbano, de trazado limitado, ajustado y horquillado, de ejecución difícil y costosa, en definitiva singular, han de poseer soluciones expresamente dedicadas en todos sus conceptos, y particularmente en las concernientes a las de las instalaciones y equipamiento de control.

Cualquiera que sea la sección geométrica, dentro de las instalaciones y equipamiento, es preciso implantar una señalización fija y fundamentalmente una señalización variable, que permita emitir el estado de la gestión e itinerarios en tiempo presente, dedicado y real con respuesta inmediata a las circunstancias y vicisitudes que el desarrollo de una actividad de explotación requiere como consecuencia directa de las medidas de seguridad.

Dentro de los sistemas de gestión de tráfico, la señalización variable ha de responder a una normativa específica, que regula sus condiciones de instalación, que precisa sus características estructurales, ópticas, medioambientales y que aquilate sus prestaciones técnicas.

Es preciso conseguir su integrabilidad y su uniformidad para facilitar su óptima comprensión, ya que de este modo se conseguirá el fin expresado en el apartado 2.3.5 del Anexo III del Real Decreto 635/2006, “estas señales mostraran indicaciones claras que informen a los usuarios del túnel de las eventuales congestiones, averías, accidentes, incendios u otros peligros”, , lo que es prácticamente una transcripción de lo publicado, en este sentido, en el Diario Oficial de la Unión Europea de 31 de marzo de 2004.



2. Normativa

La Directiva Europea 2004/54/CE del Parlamento Europeo y del Consejo , de 29 de abril de 2004, contiene los requisitos mínimos de seguridad para túneles de la red transeuropea de carreteras.

Como consecuencia del incremento de la puesta en servicio de nuevos túneles en la Red de Carreteras del Estado Español, gestionada por la Dirección General de Carreteras, se publicó el Real Decreto 635/2006, de 26 de mayo sobre requisitos mínimos de seguridad en los túneles de carreteras del Estado (BOE de 27 de mayo de 2006).

En el preámbulo se indica la aprobación de la citada Directiva Europea y se hace extensivo no solo a los túneles de la red transeuropea sino a todos los tú-

neles de la red estatal y establece las figuras a quienes compete la seguridad de los túneles.

El Real Decreto 635/2006, contiene seis Capítulos y tres Anexos, de los que para el tema que nos ocupa se destaca el artículo 4 de Medidas de Seguridad.

En cuanto a los Anexos, el Anexo I , desarrolla las Medidas de Seguridad a las que se refiere el artículo 4, el anexo II, se refiere a la aprobación del proyecto, manual de explotación, autorización de puesta en servicio de un túnel, modificaciones y simulacros y finalmente el anexo III , contiene la señalización en túneles.

Por otro lado se hace necesario citar la Norma Europea EN 12966-1:2005 , de Paneles de Mensaje Variable , en vigor desde octubre de 2005, que está constituida por tres partes. La primera sobre la definición de las características técnicas, eléctricas, ópticas y medioambientales de la señalización variable, la segunda sobre los ensayos tipo iniciales y la tercera versa sobre el control de producción en fábrica. Mas adelante nos referiremos a la primera parte.

Adicionalmente se ha de considerar el proyecto de Norma Española PNE 199051-1 Equipamiento, Especificaciones Funcionales, redactada en el seno del Subcomité SC-05, del Comité 199 de AENOR, de Equipamiento para la Gestión del Tráfico.

3. Condicionantes de Implantación de la señalización variable

El Anexo I del Real Decreto 635/2006, contiene en su apartado 2.21 el equipamiento mínimo según la tipología del túnel, para lo que tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Longitud del túnel
- Tráfico uni o bidireccional
- Volumen de tráfico por tubo (se calcula como la IMD de cada tubo dividida por su número de carriles, incluida su distribución temporal)
- Localización del Túnel (es urbano si esta situado en un entorno urbano, la mayoría de su tráfico es de agitación urbana , siendo el factor de hora punta mayor de 0,80.)

En base a ello, al Real Decreto asigna unas dotaciones mínimas cuyo resumen, en lo referente a la señalización variable, se refleja en las tablas que siguen a continuación, según se trate de túneles unidireccionales o bidireccionales :

Tipo de Túnel	LONGITUD (m)	IMD (veh/día y carril)	Localización	Señalización Variable
UNIDIRECCIONAL				
	> 1000	Cualquiera	Cualquiera	X
	500 a 1000	> 2000	Cualquiera	X
		< 2000	Cualquiera	X
		<2000	Urbano	X
	200 a 500	>2000	Cualquiera	X
		>2000	Urbano	X
		<2000	Cualquiera	
		<2000	Urbano	X
	<200	Cualquiera	Urbano	X

Tipo de Túnel	LONGITUD (m)	IMD (veh/día y carril)	Localización	Señalización Variable
BIDIRECCIONAL				
	> 1000	> 1000	Cualquiera	X
		< 1000	Cualquiera	X
		< 1000	Urbano	X
	500 a 1000	> 2000	Cualquiera	X
		< 2000	Cualquiera	X
		< 2000	Urbano	X
	200 a 500	> 1000	Cualquiera	
		> 1000	Urbano	X
		< 1000	Cualquiera	
		< 1000	Urbano	X
	< 200	?	Cualquiera	
		?	Urbano	

4. Morfología de los Paneles de Mensaje Variable

Los Paneles de Mensaje Variable, en adelante PMV, con tecnología de LED (light-emitting diode), iniciados en España a principios de los años 90, han experimentado un recorrido íntimamente ligado con la evolución tecnológica de las prestaciones que ha experimentado la tecnología de los led's.

Un PMV, sucintamente, se compone de una carcasa metálica, sin salientes ni viseras, en cuyo interior quedan alojados un conjunto de componentes eléctricos y electrónicos cuya visión exterior son los LED's soportados sobre placas dotadas con circuitos impresos. La alineación aislada o agrupamiento de estas placas confi-

guran las zonas alfanuméricas y las zonas gráficas, respectivamente, mediante las que es posible definir el tipo de panel a implantar.

La configuración actual más habitual es la de un PMV formado por una zona alfanumérica con tres (3) filas de doce (12) caracteres dispuestos en cada fila dotadas con solo led ámbar y una o dos zonas graficas , en general cuadradas, a todo color , en ambos lados de la zona alfanumérica . Al conjunto se le dota de una orla perimetral de h= 200 mm mínima; otros detalles se pueden consultar en la PNE 199051-1.

La resolución de las zonas graficas pueden ser de 32x32, 48x48 y mas recientemente de 64x64, resolución ésta que permite obtener la totalidad de los colores de los pictogramas para alcanzar el efecto “aliasing” o transición, el suavizado de color y el escalonado del pictograma. Por otro lado, esta resolución proporciona un espacio o recorrido de legibilidad mayor ya que la visibilidad es muy superior, al incrementarse la integración del pictograma por el ojo humano, precisar una menor distancia de recorrido y es actualmente tendencia en los mercados europeos (Italia, Alemania, ...).

Las altura del carácter usadas en la actualidad son de 210, 320 y 400 mm , siendo éste un factor a tener en cuenta ya que dependiendo de ésta altura, por aplicación de las distancias entre caracteres contemplados en la norma EN 12966 , se pueden deducir los tamaños de acompañamiento de la zona gráfica, de modo que el conjunto quede alineado y a su vez permitiendo definir el tamaño de los pictogramas que son posibles emitir.

Ello faculta para asignar en función del tipo de la vía de circulación, las dimensiones mínimas de la altura del carácter del PMV, acorde con y de gran aproximación con el tamaño de letra y pictograma contemplado en la norma de señalización vertical 8.1.I.C.

En el interior de los túneles, condicionado por las dimensiones del tubo a veces no es posible cumplir



con las condiciones anteriores, debiéndose en este caso elegir, entre un número de filas o el tamaño del carácter. En esta disyuntiva, la practica experimental dicta que es preferible mantener como altura de carácter mínima la de $h=320$ mm y eliminar una fila en el alfanumérico dejándolo reducido a dos filas si no cabe por gálibo.

Con respecto al tamaño de la/s zona/s gráfica/s cuadradas, son de desear que tengan una altura mínima de 1000 mm, pudiendo ir sin orla, al estar alojadas en un ambiente en el que no existe la incidencia del efecto de la luz solar.

Ambos aspectos son determinantes como factores de incremento de la seguridad ya que proporcionan una adecuada visibilidad y legibilidad, lo que redunda en una mayor anticipación en la ejecución de las maniobras de conducción.

5. Características ópticas y físicas

Los parámetros según la EN 12966, parte 1, sobre los que se estructura un PMV basado en tecnología de led, son las prestaciones ópticas o fotométricas y las prestaciones físicas o medioambientales.

Las primeras vienen definidas por la luminancia o valor de la intensidad luminosa por m^2 (cd/m^2), por las coordenadas cromáticas según el grafico de la CIE de 1931 Standard Colorimetric, por la relación de contraste (relación entre la luz emitida y la luz reflejada), por el ancho del haz que se mide por el ángulo de visibilidad en grados y por grado de la uniformidad, que mide la dispersión de emisión de luz entre los led's mas brillantes y los más tenues.

En cuanto a las prestaciones físicas, estas se miden por unos requerimientos medioambientales, unas prestaciones estructurales y por los requerimientos eléctricos y de compatibilidad electromagnética.

La norma EN 12966, define todos estos parámetros mediante clases, cuyo resumen se incluyen en las tablas adjuntas:

Parámetros Ópticos	Clase	Notas
Color	C1, C2	C2 es la mas restrictiva
Luminancia	L1,L2,L3	L3 tiene la luminancia mas alta
	L1(T),L2(T),L3(T)	L3(T) idem anterior para su uso en túneles
Relación de Contraste	R1,R2,R3	R3 tiene la mayor relación de contraste
Ancho de haz	B1,B2,B3,B4,B5,B6 y B7	B7 es el ángulo más grande
Uniformidad	3:1 y 5:1	

HACIA UNA RECOPIACIÓN DE LAS CONDICIONES, CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES DE LA SEÑALIZACIÓN VARIABLE EN TÚNELES

Para los parámetros físicos o medioambientales, la EN 12966 distingue, así mismo en clases conforme a lo indicado en la tabla siguiente:

Parámetros Físicos ó Medioambientales	Clase
Temperatura	T1,T2,T3
Polución	D1,D2,D3,D4
Protección	P1,P2,P3
Protección contra corriente de descarga	V1,V2
Mantenimiento contra corriente de descarga	U1,U2
Conductor de puesta a tierra	W1,W2,W3
Método de puesta a tierra	M1,M2,M3

que como en el caso anterior el dígito mayor significa el más restrictivo, excepto para la temperatura que tiene el siguiente significado :

Clase T1	-15 a +60 °C
Clase T2	-25 a +55 °C
Clase T3	-40 a +40 °C

De cualquier modo, el control de estas prestaciones se ha de efectuar sobre lo que la Norma EN 12966, parte 1, define como módulo de ensayo, que no es sino una muestra a tamaño reducido del PMV al que representa y a través de los oportunos ensayos ópticos y físicos así mismo definidos en dicha norma, y para cuya realización se ha de acudir a los correspondientes laboratorios a tal efecto acreditados.

Dada la gran cantidad de modelos susceptibles de ser fabricados, a nivel nacional se han fijado unas clases en los PMV, lo que facilita el número y la ejecución de los ensayos.

Estas clases son:

- Para este conjunto de parámetros ópticos, actualmente en España, las clases adoptadas en el seno del Subcomité SC 05 del Comité 199 para los PMV de exteriores son las siguientes :

Color	: C1 y C2 (solo para el verde)
Luminancia	: L3
Relación de Contraste	: R2
Ancho del Haz	: B4
Uniformidad	: ambas

- Para los parámetros medioambientales, las clases adoptadas son :
Temperatura : T1 y T2, es decir desde -25 a +60 °C
Polución : D3
Resto de los parámetros : P3, V2, U2, W3 y M3, es decir el mas restrictivo

Todas estas clases quedan reflejadas en el proyecto de norma española PNE 199051-1 Equipamiento, Especificaciones Funcionales, de aplicación al ámbito nacional de las infraestructuras viarias estatales, dentro de las que están los túneles.

Conforme a lo exigido en la EN 12966 la luminancia es el único parámetro diferenciador, de los PMV de exterior e interior , por tanto para estar en consonancia con la exigencia de la luminancia de los PMV's de exteriores, la luminancia en el interior de los túneles es la L3(T), es decir asi mismo la más restrictiva.

Respecto al resto de las clases , en túneles se mantienen idénticas prestaciones a las de los PMV's del exterior, si bien en lo relativo a la temperatura se puede ir a la clase T1, por estar en un ambiente protegido.

Singularmente los PMV's a utilizar en España han de ir dotados del concepto de Integración, que es la capacidad que posee la zona gráfica de un PMV para poder ser utilizada ésta como si de una zona alfanumérica se tratara, lo que faculta la posibilidad de presentar textos alineados con la zona alfanumérica, con idénticas características de luminancia y de color, que los caracteres alfanuméricos, lo que incrementa en cuatro (4) caracteres alfanuméricos más para cada fila .

Se ha de citar que nuevas y avanzadas tecnologías son susceptibles de ser aplicadas de cara a potenciar el ahorro energético, al control del mantenimiento o al control del funcionamiento.

6. Criterios de Implantación

a) Por su emplazamiento:

1. En vías de dos o más carriles por sentido de circulación, el PMV dispondrá de dos (2) gráficos y una (1) zona alfanumérica formada por tres (3) filas de doce (12) caracteres como mínimo, y se instalará sobre pórtico, siempre que ello sea posible.
2. En vías con un (1) carril, ramales de acceso, incorporación y/o desprendimiento, el PMV tendrá una (1) zona alfanumérica como en el caso anterior y una (1) sola zona gráfica.



En ambos casos el PMV dispondrá siempre de integración de una zona gráfica, mediante color directo ámbar y no por mediante mezcla de los led's que configuran un píxel.

3. La zona gráfica integrable, en un PMV de dos (2) gráficos estará siempre situada en el gráfico de la derecha, según el sentido de avance.
4. En un PMV con una (1) sola zona gráfica, la zona integrable siempre irá dispuesta en la zona izquierda del PMV, según el sentido de avance.
5. El PMV instalado sobre pórtico, irá siempre centrado respecto a la sección de circulación (carriles y no arcén), es decir, el eje de simetría del PMV coincidirá con el de separación de los carriles de circulación.
6. El PMV instalado sobre una banderola tendrá la zona gráfica del lado de la sección de circulación y se deberá de tratar en lo posible que el eje de la zona gráfica está situada sobre el eje del carril de circulación (carril derecho en vías con dos (2) o más carriles).
7. En cualquier caso, el PMV debe tener una orientación vertical (el eje ortogonal saliente del campo del PMV ha de interceptar con el de la vía de circulación formando un ángulo de 6° de inclinación hacia delante o en contra del sentido de la circulación) y una orientación en horizontal perpendicular al eje de la vía de circulación.
8. Si por la circunstancia que fuese el PMV de uno (1) o dos (2) gráficos se instalara en banderola, pero en vías dotadas con dos (2) o más carriles, el eje del PMV en horizontal no será perpendicular a la vía sino que formará 93° con el eje de avance de la vía (esto se puede conseguir por el PMV en sí o por medio de la propia estructura portante).
9. La señalización variable se ha de intercalar dentro de la señalización vertical fija, si la hubiere

b) Por el tamaño de letra:

1. Se recomienda utilizar el tamaño de letra $H=320$ mm en todo tipo de vía con dos (2) o más carriles, del tipo de autovías o vías rápidas, en las que la distancia de visibilidad máxima está comprendida entre 150 – 200 m, siendo su velocidad máxima de circulación de 120 km/h.
2. En vías en las que las condiciones de visibilidad sean óptimas (superiores a 200 m), o vías conceptuadas como autopista, velocidad de circulación de 120 km/h es recomendable utilizar la altura de carácter de $H=400$ mm.
3. En vías de incorporación, ramales unidireccionales, o cualquier otro tipo de vía con velocidad de circulación igual o inferior a 90 km/h y/o con visibilidad inferior a 100 m, el tamaño de carácter recomendable utilizar será de $H=210$ mm.

En resumen estas asignaciones quedan como sigue :

Tipo de Vía	Altura mín. de carácter H(mm)	Dimensiones del pictograma en zona gráfica	
		Diámetro D (mm)	Lado Triángulo Lt (mm)
Urbana, vías de acceso a autovías y carretera convencional sin arcén	210	600	900
Urbana, carretera convencional con arcén o en tronco de autovías	320	900	1350
Autopista	400	1200	1750

7. Conclusiones

- La señalización variable debe de cumplir con la normas europeas, actualmente la EN 12966, partes 1, 2 y 3 , y las modificaciones si las hubiere.
- La señalización variable debe de cumplir con la norma española emanante del Subcomité 05 del Comité 199 de AENOR: Equipamiento para la gestión del Tráfico.
- La señalización variable debe de disponerse conforme a los criterios de emplazamiento, con las dimensiones, prestaciones y características que hagan que su visibilidad y legibilidad sea la mas adecuada a la vía sobre la que se implanta.
- La señalización variable se encuentra entre las dotaciones de las instalaciones y equipamiento para la gestión de los túneles es por tanto una necesidad de indudable utilidad y de imprescindible aplicación que debe

HACIA UNA RECOPIACIÓN DE LAS CONDICIONES, CARACTERÍSTICAS Y PRESTACIONES DE LA SEÑALIZACIÓN VARIABLE EN TÚNELES

de ser ampliada a todo tipo de túnel independientemente de su intensidad viaria, longitud o localización.

- La señalización variable en los accesos a los túneles debe de cumplir los mismos condicionantes que la señalización variable situada sobre una infraestructura viaria cualquiera.

Por todo lo anteriormente expuesto :

- Consideramos que se debe de proponer para esta materia la necesidad de llevar a cabo una modificación del real Decreto 635/2006.