



Foto: Madrid, Calle 30

Caracterización de la señalización variable en los accesos e interior de los túneles

Ángel J. Muñoz Suárez
Ingeniero de Caminos,
Canales y Puertos
Subdirección General
de Tráfico y Movilidad
Dirección General de Tráfico

Resumen

Las secciones con morfología en forma de túnel, dentro de las infraestructuras viarias, constituyen zonas singulares por sus intrínsecas características. En este tipo de secciones es preciso llevar a cabo, en la mayoría de los casos, tratamientos horquillados y específicos, ya sean relativos a la definición geométrica como a la amplia dotación del equipamiento.

Incluido en el amplio espectro de instalaciones se ha de contemplar, necesariamente como inexcusable, la dotación de la **señalización variable**. Se indica en este artículo la necesidad de realizar la obser-

vancia de unos criterios de instalación, la fijación de unas prestaciones, la definición de unas morfologías, la caracterización de los parámetros o la dotación de unas funcionalidades y todo ello acorde con unas especificaciones y normativas.

Se aboga por eliminar la heterogeneidad, por conseguir una mayor transparencia, por alcanzar una uniformidad, por definir sus acotaciones, por suministrar una mejor comprensión, por conseguir la homogeneidad, y todo ello para lograr una óptima gestión y explotación del tráfico, tanto en los accesos como en el interior del túnel.

PALABRAS CLAVE: Señalización variable, túneles, normativa, criterios de implantación, parámetros.

1. Introducción

Se localizan e identifican dentro de las infraestructuras viarias secciones que con

morfología en forma de túnel, por sus intrínsecas características, constituyen zonas particulares donde se hace preciso llevar a cabo tratamientos específicos, pormenorizados y singularizados.

Tales secciones con trazado en planta y alzado ajustado u horquillado y de emplazamiento urbano o interurbano son, en general, de difícil y costosa ejecución, de escasos y limitados puntos o zonas de acceso, de problemática evacuación y de singular aplicación de los planes de emergencias. Todo ello acarrea la necesidad de implementar soluciones expresamente dedicadas en todos sus conceptos, y particularmente en los concernientes a las instalaciones y a los equipamientos de control y de gestión.

Cualquiera que sea la sección transversal, dentro del conjunto de las instalaciones y equipamiento siempre existe una señalización fija; sin embargo son muchos los

casos en los que se obvia la aplicación de una **señalización variable**.

Este tipo de señalización permite transmitir la variabilidad del estado del tránsito, realizar la gestión de la señalización de la infraestructura en tiempo presente, y proporciona una respuesta inmediata a las circunstancias, acontecimientos y vicisitudes. Es una herramienta que faculta el desarrollo de la actividad de explotación, de modo que su utilización suministra una aplicación que proporciona e incrementa la seguridad.

La señalización variable ha de ajustarse a una normativa específica que regule su alcance; ha de responder a unos criterios de instalación que precise sus características estructurales; ha de poseer unas características ópticas que se adapten a las condiciones medioambientales; y ha de estar controlada para que responda al ejercicio de la explotación de modo que éste pueda ser ejecutado de forma inmediata, centralizada, homogénea y coherente.

En definitiva, es preciso conseguir su integrabilidad, aquilatación, globalidad y uniformidad en cuantas prestaciones se precisen, para así 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, que dice: “..estas señales mostrarán indicaciones claras que informen a los usuarios del túnel de las eventuales congestiones, averías, accidentes, incendios u otros peligros..”: lo que, a su vez, es prácticamente la transcripción de lo publicado, en este sentido, en el Diario Oficial de la Unión Europea de 31 de marzo de 2004.

2. Normativa

Varios son los pilares a tener en cuenta para implementar una Señalización Variable:

1. De un lado 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.
2. De otro, el Real Decreto 635/2006 contiene seis Capítulos y tres Anexos, de los que, para el tema que nos ocupa, se destaca en el artículo 4 de Medidas de Seguridad.
3. Especialmente se ha de citar la Norma Europea EN 12966-1:2005, de Paneles de Mensaje Variable, en vigor desde octubre de 2005, actualmente en estado de revisión en el seno del WG 11 del TC/226 de Europa y 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 la producción en fábrica.
4. Adicionalmente se ha de tener en cuenta la adenda A1 a la norma EN 12966-1:2005 del año 2006.
5. Y por último, se han de considerar los documentos emanantes del subcomité SC05, del comité C199 de AENOR: Equipamientos para la Gestión del Tráfico, en forma de proyecto de norma española, que obedecen a la codificación

y denominación siguiente:

- PNE 199051-1: Equipamiento y Especificaciones Funcionales.
- PNE 199051-2: Protocolo de Comunicaciones y Base de Datos Unificada.
- PNE 199051-3: Instalación y Puesta en Servicio.
- PNE 199051-4: Métodos de Prueba.
- PNE 199051-5: Conservación y Mantenimiento.

3. Definiciones

A los efectos de este artículo se han de considerar las siguientes acotaciones:

Túnel: Paso subterráneo abierto artificialmente para establecer una comunicación.

Boca del túnel: de entrada y salida, es la sección vertical coincidente con la transición de la zona a cielo abierto y la cubierta o dotada de techo.

Accesos al túnel: se trata de la infraestructura existente en las secciones inmediatas anteriores y posteriores (túnel bidireccional) a las bocas del túnel, y por tanto no protegidas o fuera de la vertical cubierta. Dentro de la zona de accesos están incluidas las secciones de las bocas de entrada y salida.

Interior del túnel: sección protegida comprendida entre las bocas de entrada y salida, sin incluir éstas.

PMV: Panel de Mensaje Variable.

4. Ámbito de aplicación

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).

Dicho RD 635/2006 contiene en su preámbulo la aprobación de la citada Directiva Europea y lo hace extensivo no sólo a los túneles de la red transeuropea sino a todos los túneles de la red estatal, estableciendo las competencias a quienes corresponde la seguridad de los túneles.



Foto: Madrid, Calle 30

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.

En el apartado 2.21 del Anexo I del Real Decreto 635/2006 se relacionan los parámetros que hay que tener en cuenta para el equipamiento mínimo según la tipología del túnel:

- 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).
- Localización del túnel (es urbano si esta situado en un entorno urbano, la mayoría de su tráfico es de agitación urbana y el factor de hora punta mayor de 0,80).

En base a ello, el Real Decreto 635/2006 asigna unas dotaciones mínimas cuyo resumen, en lo referente a la señalización variable, se reflejan en las *tablas 1 y 2*, según se trate de túneles unidireccionales o bidireccionales respectivamente:

Se infiere que si bien existe dotación de señalización variable en la mayoría de los casos clasificados, quedan no obstante excluidos algunos.

Por otra parte se observa que falta precisar el tamaño, la morfología, el emplazamiento, la distancia; en suma, los parámetros definitorios que permiten proyectar, diseñar, acotar y plasmar equipamientos coherentes, apropiados y homogéneos.

Con objeto de alcanzar esta deseable homogeneidad y coherencia, de incrementar la legibilidad y comprensión, de proporcionar el necesario control de accesos y del interior en el túnel en aras de incrementar y mejorar el tránsito y la seguridad de la circulación, se considera que, en primer lugar no debe excluirse ningún caso, proponiéndose que, para toda sección, emplazamiento, longitud y tipo y cualquiera que sea la intensidad de circulación, siempre se dote de una señalización variable tanto a los accesos, como al interior del túnel.

* Diodos emisores de luz.

5. Morfología de la Señalización Variable

Para configurar la señalización variable se pueden citar, existen y se utilizan diferentes tipos de dotaciones y equipamientos, con diverso alcance, prestación, versatilidad y características.

Sin embargo, nos vamos a limitar a los usualmente más utilizados y versátiles; se tratarán aquí única y exclusivamente de la señalización variable soportada en los PMV's, con tecnología de LED (*light-emitting diode*)*, iniciados en España a principios de los años 90.

Estos PMV's han experimentado un amplio recorrido, ligado íntimamente con la evolución de las prestaciones que ha experimentado la tecnología de sus LED constituyentes.

Un PMV, sucintamente, se compone de una carcasa metálica, actualmente sin salientes ni viseras, en cuyo interior quedan alojados un conjunto de componentes eléctricos y electrónicos cuya visión exterior,

cuando está activado, son los LED, los cuales van soportados sobre placas dotadas con circuitos impresos.

La alineación aislada o agrupamiento de estas placas configuran las zonas alfanuméricas y las zonas gráficas, respectivamente, mediante las que es posible definir el tipo de panel.

La configuración actual más habitual es la de un PMV formado por una zona alfanumérica con tres filas de doce caracteres dispuestos en cada fila dotadas con sólo LED ámbar y una o dos zonas gráficas, 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 gráficas pueden ser de 32 x 32, 48 x 48 y más recientemente de 64 x 64. Todas estas resoluciones permiten obtener la totalidad de los colores de los pictogramas que constituyen la Base de Datos Unificada (en adelante BDU), según la PNE 199051-2, donde se recogen

Tabla 1. Túneles unidireccionales

Tipo de Túnel	LONGITUD (m)	IMD (veh/día y carril)	Localización	Señalización variable
UNIDIRECCIONAL	> 1 000	Cualquiera	Cualquiera	X
		> 2 000	Cualquiera	X
	500 a 1 000	< 2 000	Cualquiera	X
		< 2 000	Urbano	X
	200 a 500	> 2 000	Cualquiera	X
		> 2 000	Urbano	X
		< 2 000	Cualquiera	
		< 2 000	Urbano	X
	< 200	Cualquiera	Urbano	X

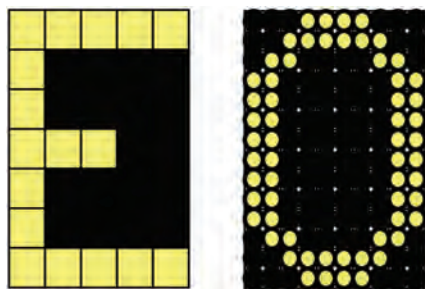
Tabla 2. Túneles bidireccionales

Tipo de Túnel	LONGITUD (m)	IMD (veh/día y carril)	Localización	Señalización variable
BIDIRECCIONAL	> 1 000	> 1 000	Cualquiera	X
		< 1 000	Cualquiera	X
		< 1 000	Urbano	X
	500 a 1000	> 2 000	Cualquiera	X
		< 2 000	Cualquiera	X
		< 2 000	Urbano	X
	200 a 500	> 1 000	Cualquiera	
		> 1 000	Urbano	X
		< 1 000	Cualquiera	
		< 1 000	Urbano	X
		?	Cualquiera	
	< 200	?	Urbano	



todos los pictogramas del Catálogo de Señales de la Circulación y los del Manual de Señalización publicado en el BOE de 13 de junio de 2009. Sin embargo, la resolución 64x64 depara la posibilidad alcanzar el efecto "aleatorización" o transición de color, una mayor nitidez de emisión merced al incremento en el control de la transición, a la delimitación del control atomizado del encendido, y a la suavización en el escalonado de la definición de los pictogramas y del color correspondiente.

Por otro lado, la resolución 64 x 64 proporciona beneficios tales como un espacio o recorrido de legibilidad mayor, ya que al ser muy superior el alcance de la visibilidad, mayor es la integración del pictograma por el ojo humano, siendo por tanto una anticipación en el tiempo de percepción y lectura. Además, se incrementan sensiblemente las posibilidades de comprensión, generando una mayor versatilidad para ejecutar todas las potenciales modificaciones que sean preciso ejecutar en la actividad de la conducción, ya sea ésta ordinaria o extraordinaria en función del acontecimiento objeto de señalización. Se deduce de todo ello un incremento en la seguridad vial.



Las alturas del carácter usadas en la actualidad van desde 210 a 400 mm.

Éste es un factor determinante para la

definición de la zona gráfica, ya que dependiendo de esta altura, por aplicación de las distancias entre caracteres contemplados en la norma EN 12966, se pueden deducir los tamaños de acompañamiento de dicha zona gráfica, de modo que el conjunto quede alineado, y, a su vez, se pueda definir el tamaño de los pictogramas que son posibles emitir. (En la *figura adjunta* se muestran dos diferentes controles de encendido, siendo el segundo el del encendido individualizado de cada LED, correspondiente a la tecnología actual).

La utilización de uno u otro tipo de altura de carácter se debe realizar en función del tipo de la vía de circulación sobre la que se actúe, y siempre teniendo en cuenta que las dimensiones mínimas de la altura del carácter de un PMV sean de gran aproximación y acordes con el tamaño de letra y los pictogramas contemplados en la norma de señalización vertical 8.1.-IC (en la *tabla 3* se reflejan las asignaciones de las alturas de carácter para cada tipo de vía).



6. Criterios de implantación

a) Por su emplazamiento:

1. En los accesos al túnel

- En vías de dos o más carriles por sentido de circulación, el PMV dispondrá de dos gráficos y una zona alfanumérica formada por tres filas de doce caracteres como mínimo; y se instalará sobre pódico, siempre que ello sea posible.
- En vías con un carril, ramales de acceso, incorporación o desprendimiento, el PMV tendrá una zona alfanumérica, como en el caso anterior, y una sola zona gráfica; e irá instalado sobre una banderola emplazada sobre la margen derecha según el sentido de circulación. En ambos casos el PMV dispondrá siempre de integración de una zona gráfica, mediante color directo ámbar y no por medio o mediante mezcla de los LED que configuran un píxel, posibilitándose así una efectiva y homogénea integración.
- La zona gráfica integrable, en un PMV de dos gráficos, estará siempre situada en el gráfico de la derecha, según el sentido de avance.
- En un PMV con una sola zona gráfica, la zona integrable siempre irá dispuesta en la zona izquierda del PMV, según el sentido de avance.
- El PMV instalado sobre pódico irá siempre centrado respecto a la sección de circulación (carriles y no



Foto: Madrid, Calle 30

arcén), es decir, el eje de simetría del PMV coincidirá con el de separación de los carriles de circulación.

- 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 esté situado sobre el eje del carril de circulación (carril derecho en vías con dos o más carriles).
- 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.
- Si el PMV de uno o dos gráficos se instala en una banderola, pero en vías dotadas con dos o más carriles, el eje del PMV en horizontal no será perpendicular a la vía sino que formará 93° con su eje de avance. Para conseguir este fin, se debe actuar bien sobre la propia instalación y amarre del PMV a la estructura, o por medio de la aplicación de la citada orientación a la propia estructura portante.
- La señalización variable se ha de intercalar dentro de la señalización vertical fija, si la hubiere.

2. En el interior del túnel

- Si las condiciones del gálibo lo permiten se deberá seguir lo indicado en el apartado anterior. Cuando condicionado por las di-

mensiones del tubo a veces no es posible cumplir las condiciones indicadas para los accesos, se deben elegir entre un número de filas o el tamaño del carácter.

En esta disyuntiva, la práctica experimental y actualmente en uso más extendida dicta que es preferible mantener la altura de carácter correspondiente a la de $h=320$ mm, y eliminar una fila en el alfanumérico, dejándolo reducido a dos filas en detrimento de las tres filas habituales de un PMV.

- Con respecto al tamaño de la zona/s gráfica/s, ya vayan aisladas o formando parte de un PMV completo (gráfico más alfanumérico), deben ser cuadradas, y con tamaños que tengan una altura mínima de 1 000 mm.
- En cuanto al grado de protección en el interior del túnel, se ha de tener en cuenta que, si bien lo usual es que no existan efectos de lluvia, sin em-

bargo el ambiente (polvo y contaminación) es mucho más agresivo que en el exterior del túnel; de ahí que se considera que el índice de protección ha de ser máximo, es decir el P3 que se corresponde con un IP66.

- Tanto en los PMV alfanuméricos como en los gráficos del interior del túnel se puede prescindir de la orla, al estar alojadas en un ambiente en el que no existe el efecto de la incidencia de la luz solar.

b) Separación entre secciones de señalización

Tanto en los PMV de accesos como en los del interior del túnel, la distancia máxima de separación entre secciones de implantación viene condicionada por la visibilidad desde una sección hacia la siguiente; es decir, ante la falta de obstáculos, se ha de cumplir que una señalización variable sea vista cuando se deje de ver la inmediata anterior.

Para ser concordante con la Norma 8.1.- IC, la disposición en planta en los accesos sería la que se indica en el *esquema inferior* que se acompaña, ya que de este modo la señalización variable quedaría intercalada con la señalización fija, dado que ésta considera una señal a 1 000 m y otra posterior a 500 m, y no se produce interferencia ninguna entre ambos tipos de señalización.

En ambas secciones de señalización el PMV tendrá la morfología adecuada al número de carriles de la vía de acceso. Esta disposición se debe de considerar como de mínimos, ya que, en caso de querer alcanzar la gestión del tráfico por

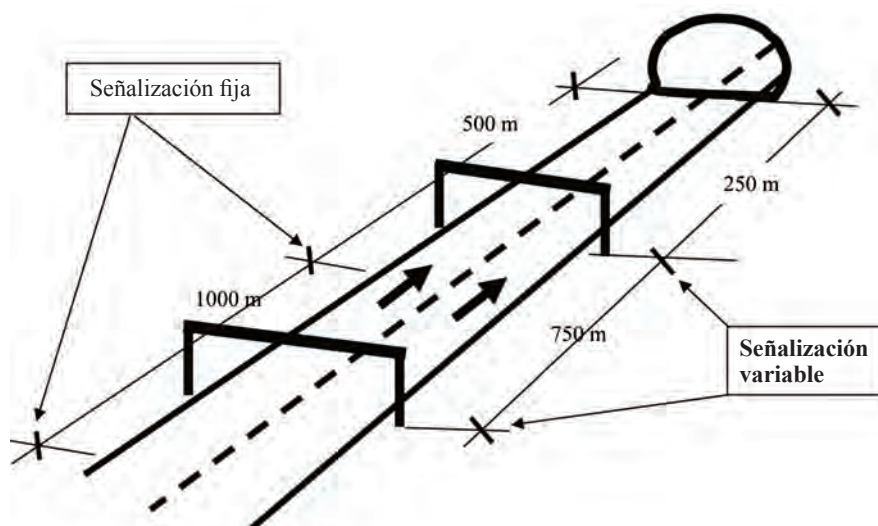


Tabla 3. Alturas de carácter y dimensiones de las zonas gráficas

Tipo de vía	Altura de carácter H (mm)	Dimensiones de los pictogramas en zonas gráficas	
		Diámetro D (mm)	Lado triángulo Lt (mm)
Urbanas, vías de acceso a autovías o carretera convencional sin arcén	210	600	900
Autovías o carretera convencional con arcén	320	900	1 350
Autopistas	400	1 200	1 750



En la imagen se aprecia los accesos al túnel de Guadarrama

carriles individualizados, se debe considerar la disposición sobre las mismas secciones, de las señales variables complementarias de gestión por carril, las cuales son PMV compuestos por zonas matriciales o gráficas.

c) Por el tamaño de letra:

- Se debe utilizar una altura de carácter que proporcione un tamaño de letra $H = 320$ mm en todo tipo de vía con dos o más carriles, las cuales se corresponden, en general, con autovías en las que la distancia de visibilidad suele ser superior a 100/200 m, siendo la velocidad máxima de circulación 120 km/h (110 km/h desde el 7 de marzo de 2011).
- En vías en las que las condiciones de visibilidad sean óptimas (superiores a 200 m), o vías conceptuadas como autopista, es recomendable utilizar la altura máxima de carácter, es decir $H = 400$ mm.
- En vías de incorporación, ramales unidireccionales, o cualquier otro tipo de vía con velocidad de circulación igual o inferior a 90 km/h o con visibilidad inferior a 100 m, el tamaño de carácter puede ser inferior, pero nunca menor a una altura de carácter de $H = 210$ mm.
- La dimensión de las zonas gráficas viene condicionada por el tamaño de la altura del carácter utilizado y la separación entre las líneas de la zona

alfanumérica, de modo que se puedan alcanzar unas dimensiones para los pictogramas acordes y próximas con las dimensiones contempladas en la norma 8.1-IC de Señalización Vertical, de 25 de julio de 1962.

En resumen estas asignaciones quedan plasmadas en la *tabla 3*.

La visibilidad es un condicionante que ha de ser tenido en cuenta, por cuanto a mayor dimensión de los caracteres y pictogramas mayor es el tiempo de lectura y de reacción, hasta un máximo función del alcance de la percepción del ojo humano o distancia de legibilidad: lo que proporciona un espacio de lectura y comprensión, y por tanto un tiempo de reacción, variables en función de la velocidad y del espacio recorrido.

Estos factores son los que determinan fluctuaciones en la seguridad de circulación, siendo ésta mayor cuanto más y mejor es la distancia de visibilidad y legibilidad, por proporcionar una mayor anticipación en la ejecución de las maniobras de la conducción.

7. Parámetros

Los parámetros según la EN 12966, parte 1, sobre los que se estructura un PMV basado en tecnología de LED, son los ópticos o fotométricos y los físicos o medioambientales.

1. Parámetros ópticos o fotométricos

Los parámetros ópticos vienen definidas por la luminancia o valor de la intensidad luminosa por m^2 (cd/m^2), por las coordenadas cromáticas según el gráfico de la CIE de 1931 Standard Colorimetric, por la relación de contraste (relación entre la luz emitida y la luz reflejada por el propio PMV), 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 más brillantes y los más tenues.

La norma EN 12966, parte 1, define todos estos parámetros mediante clases, cuyo resumen se incluyen en la *tabla 4*.

2. Parámetros físicos o medioambientales

En cuanto a las parámetros físicos, se miden por unos requerimientos medioambientales, unas prestaciones estructurales y por los requerimientos eléctricos y de compatibilidad electromagnética. Para estos parámetros, la EN 12966 distingue asimismo en clases conforme a lo indicado en la *tabla 5*.

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

8. Proposición de clases en los PMV

Conforme a todo lo anteriormente reseñados, se proponen las clases siguientes:

- En PMV en accesos a túnel:**
- Para los parámetros ópticos, se proponen las clases adoptadas en el seno del Subcomité SC 05 del Comité 199 y que son las siguientes:
 - Color: C1 y C2 (sólo para el verde)
 - Luminancia: L3
 - Relación de contraste: R2
 - Ancho del haz: B2 o B4
 - Uniformidad: Ambas son válidas
- 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 más restrictivo.

Tabla 4. Características ópticas o fotométricas

Parámetros ópticos o fotométricos	Clase	Notas
Color	C1, C2	C2 es la más restrictiva
Luminancia	L1, L2, L3	L3 tiene la luminancia más alta
	L1(T), L2(T), L3(T)	L3 (T) ídem 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	

- En PMV en interior del túnel

- Conforme a lo exigido en la EN 12966, del conjunto de los parámetros ópticos la luminancia es el único diferenciador de los PMV de exterior e interior: por tanto, para estar en consonancia con la exigencia de la luminancia de los PMV de exteriores, la luminancia en el interior de los túneles es la L3 (T), es decir también la más restrictiva.
- Respecto al resto de las clases, en túneles se mantienen idénticas prestaciones a las de los PMV del exterior, si bien, en lo relativo a la temperatura, se puede ir a la clase T1, por estar en un ambiente protegido.

9. Funcionalidades

No es el lugar para explicitar cuáles son las funcionalidades que un PMV ha de cumplir, pero no se puede dejar de citar que se deberán tener en cuenta todo lo indicado en la **EN 12966** y la **PNE 199051-: Equipamiento y Especificaciones Funcionales**.

No obstante, se citan las siguientes por su destacada relevancia y que están recogidas en la normativa citada:

• Integrabilidad

Integración, que es la capacidad que posee la zona gráfica de un PMV para poder ser utilizada 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. Esta funcionalidad permite optimizar los costes y faculta para emitir textos con cuatro caracteres alfanuméricos más por cada fila.

Si bien esta funcionalidad no se encuentra recogida en la EN 12966, se ha de aplicar en todos los PMV que se implanten en

España, en base a las razones citadas.

• Ahorro energético

Tanto en la señalización variable de accesos como en la del interior del túnel se han de aplicar las últimas tecnologías y avances con objeto de utilizar los PMV que proporcionen reducciones en el consumo energético. Este tipo de PMV's de bajo consumo no sólo generan un ahorro energético en su primera instalación, sino también y además una mayor durabilidad, una reducción y optimización de los costes de funcionamiento, y una disminución en el control de las tareas de conservación y mantenimiento. Actualmente está en estudio el aquilataamiento del ahorro de consumo tanto en el WG11 de Europa como en el SC05 del Comité 199, si bien en éste existe actualmente un documento redactado en forma de adenda a la PNE 199051-1.

10. Control de calidad

No es posible obtener una adecuada señalización variable sin el cumplimiento y vigilancia estricta de la normativa vigente.

A estos efectos, además de tener en cuenta los criterios de implantación, es imprescindible la verificación de la calidad del equipamiento instalado.

Se deben rechazar los productos que no dispongan de la acreditación y marca CE correspondientes, que se obtienen mediante los ensayos descritos en la Norma EN 12966, parte 1, y que han de ser realizados sobre lo que ésta define como módulo de ensayo, que no es sino una muestra a tamaño reducido del PMV al que representa.

El control y verificación de estos ensayos se han de ejecutar en los laboratorios suficientemente acreditados.

Como quiera que el número de los modelos susceptibles de ser fabricados es ele-

vado, se han fijado, a nivel nacional, unas determinadas clases con lo que se limita, acota y facilita el número, alcance y la ejecución de dichos ensayos.

Todas las clases citadas y las prestaciones que se deberían cumplir se encuentran reflejadas en el proyecto de norma española **PNE 199051-1 Equipamiento y Especificaciones Funcionales**, del Comité 199 de AENOR, de aplicación a todo el ámbito nacional de las infraestructuras viarias.

La comunicación con los equipos de control, gestión y explotación reside en el Protocolo de Comunicaciones, para lo que se ha de seguir todo lo indicado en el proyecto de norma española **PNE 199051-2: Protocolo de Comunicaciones y Base de Datos Unificada**.

Alcanzada la calidad en el equipamiento, la composición, morfología y emisión de la señalización emitida en los PMV debe ser homogénea, coherente, uniforme, idónea, acotada y precisa, en definitiva armonizada y con extensión a todo el ámbito del territorio nacional: para lo que se tendrá en cuenta el **Manual de Señalización, publicado en el BOE el día 13 de junio de 2009**, junto con sus correcciones posteriores si las hubiere.

11. Bibliografía

- Directiva Europea 54/2004, EN 12966: 2005 y adendum A1.
- Real Decreto 635/2006 (nacional).
- Normas emanadas en el seno del SC05 del Comité 199: Equipamiento para la Gestión del Tráfico.
- "Hacia una recopilación de las condiciones, características y prestaciones de la señalización variable en túneles". Ángel J. Muñoz Suárez, V Simposio de Túneles de Bilbao, 2010.
- Manual de Señalización (BOE del 13 de junio de 2009). ❖

Tabla 5. Parámetros físicos o medioambientales

Parámetros físicos o 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

Redi-Rock™

Revolucionando la Construcción de Muros de Contención



La situación socio-económica actual nos obliga a seguir implementando soluciones y medidas que optimicen el desarrollo de nuestro entorno, tanto a nivel empresarial, como a nivel social. Las empresas deben desarrollar nuevos sistemas constructivos que no solo aporten soluciones estéticamente correctas sino que, dotadas de la solvencia técnica necesaria, protejan además nuestro medio ambiente y nos permita disfrutar del espacio nos rodea a un precio más competitivo.

Memorial Parks, S.A., lleva 30 años de exitosa fabricación y servicio en **prefabricados de hormigón para obras municipales y Ferroviarias**. Este año presentamos el novedoso sistema constructivo para **Muros de Contención** y muros de pared a doble cara **Redi-Rock™**, productos con perfectas aplicaciones en ámbitos público y privado, **óptimo para carreteras**.

Es una solución para muros económicamente competitiva, estéticamente muy agradable y posee un carácter antivandálico, por lo que cumple con las premisas fundamentales de cualquier proyecto. Todo ello sin perder de vista la importancia de la sostenibilidad medioambiental y la garantía que ofrece el Certificado CE para muros contención prefabricados.

El sistema tiene gran utilidad, tanto en desarrollos urbanísticos como en Obra Civil, para construcción de carreteras, actuaciones paisajísticas, aplicaciones ferroviarias, acuáticas, y cualquier lugar donde haga falta una solución para muros de contención tanto por gravedad como con muros reforzados, o donde sea necesaria una optimización de superficies útiles. La solvencia técnica de los muros Redi-Rock™ está contrastada, aparte de por los estudios y cálculos de Ingeniería que lo avalan, por los miles de m² ya instalados en Canadá, Estado Unidos, Inglaterra, Irlanda e Italia.

En España ya han confiado en nuestro sistema tanto Ayuntamientos como Estudios de Arquitectura y Paisajismo e Ingenierías de prestigio colaboradoras de entidades de tanta envergadura como ADIF, varias Direcciones Generales de

Carreteras, o entidades locales de Desarrollo Urbanístico.

El sistema constructivo Redi-Rock™ funciona como un Lego® con piezas de hormigón prefabricado de 1t. Se pueden construir muros de contención de hasta 9,5 m de altura por gravedad, implica un mayor aprovechamiento del terreno.

Tres características del sistema determinan un ahorro considerable, que puede alcanzar el 30% del coste con respecto a otros sistemas constructivos:

El sistema constructivo **Redi-Rock™** permite reducir considerablemente los plazos de ejecución entre un 50-85% con respecto a otras soluciones, por la rapidez y sencillez de montaje; en muchos casos, simplifica las soluciones prescritas en proyectos que recomienden muros reforzados con los muros por gravedad Redi-Rock™; además, evita la ejecución de inversiones y sobrecostes posteriores para el acabado visto de los muros.

Las ventajas del sistema **Redi-Rock™** se pueden concretar en: Menor coste excavación, menor coste de gestión de vaciados, menor coste de materiales de relleno y drenaje, menor coste de alquiler de maquinaria por plazo de ejecución, menor necesidad de zonas de acopio, menor posibilidad de mermas por roturas y/o robos, menor coste de acabado, menor contaminación en procesos de producción y montaje; Además, mayor rendimiento de superficie útil, mejor calidad de acabado, mejor mimetización con el entorno, mejor plazo de ejecución, mejor solución ante condiciones geotécnicas y meteorológicas adversas, en definitiva, un sistema optimizado económica, técnica, medioambiental, y por supuesto, estéticamente.

En definitiva, es un sistema optimizado en términos de economía, técnica, medioambiente y también estética. Finalmente, dentro del servicio al cliente, Memorial Parks, S.A. realiza primero un estudio personalizado de necesidades para aportar una solución óptima al muro de contención.

www.redirock.es

