

INFORMACIÓN VARIABLE EN TÚNELES. PRESTACIONES OBLIGATORIAS Y MEJORAS

Julio Bernaldo González

Director Área de Tráfico

GRUPO POSTIGO, S.A.



Acometeremos en esta ponencia, las señales de tráfico de mensaje variable, instalados tanto en el interior como exterior de los túneles.

Todo este tipo de señales están normalizadas bajo la Norma Europea EN 12966-1:2005, Esta norma Europea es una norma de producto, sobre los requisitos que deben cumplir las señales de mensaje variable y por tanto no describe la forma y configuración detallada, describe las propiedades principales de la señal, con el fin de obtener una buena legibilidad y visibilidad. Estas propiedades, divididas en clases, combinadas adecuadamente, nos permiten diseñar el panel en función de su ubicación y de las prestaciones exigidas.

La norma tiene prestaciones de cuatro tipos.

- **Prestaciones Visuales:** Luminancia, contraste, color, ancho de haz
- **Prestaciones Estructurales:** Resistencia de cargas, seguridad pasiva, resistencia al impacto etc...
- **Requisitos Eléctricos:** Alimentación, seguridad eléctrica, compatibilidad electromagnética etc...
- **Prestaciones Físicas:** Temperatura, Contaminación, protección etc...

La norma, en el transcurso de estos años a contemplado algunas enmiendas, una de ellas la EN 13966 1:2005/prA1:2009 sobre la eficiencia energética , aprobada el 2 de septiembre de 2009 y que ha sido incorporada a la norma el 11 de Noviembre de 2009, con un periodo de 6 mes para adoptarla como norma UNE española. Esta enmienda indica la necesidad de una adecuada elección de las clases por su impacto directo en el consumo eléctrico del panel, indicando el que la selección de un ancho de haz superior a la que requiere la localización del panel desperdicia energía y crea polución lumínica.

Trabajando distintos componentes de los paneles , es posible optimizar su diseño, de tal manera que podamos reducir de forma importante su consumo, obteniendo importantes ventajas, tales como:

- Acometidas mas sencillas.
- Reducción de la sección de los cables de alimentación.
- Mayor duración de los led.
- Menor costo de mantenimiento.
- Eliminación de elementos con trabajos de mantenimiento, ventiladores y filtros.
- Conseguir una mayor estanqueidad.

Veamos a continuación que elementos del panel poseen un impacto directo en su consumo.

LED

Es un dispositivo semiconductor que emite luz casi-monocromática cuando se polariza de forma directa y es atravesado por una corriente eléctrica. En general, los LEDs suelen tener mejor eficiencia cuanto menor es la corriente que circula por ellos.

Es el elemento del PMV que transforma la energía eléctrica en energía lumínica, la eficiencia de esta conversión es un parámetro primordial en el consumo eléctrico de un PMV.

Fuentes de alimentación internas

Si las fuentes internas tienen un rendimiento bajo, se necesita un mayor aporte de energía, porque se desperdicia gran parte en forma de calor. Por ello un diseño adecuado de las fuentes de alimentación internas permite que la energía entregada al PMV desde el sistema de alimentación externo sea aprovechada de forma eficiente.

Relación de contraste y legibilidad

La visión humana responde enérgicamente a los cambios temporales y espaciales de la potencia de los estímulos. Nuestros ojos son sensibles al contraste y no a la luminancia en términos absolutos. Si se consigue aumentar la relación de contraste en una señal luminosa, se necesita un menor estímulo lumínico para la misma sensación visual.

Electrónica de control

La electrónica de control del PMV (CPU, firmware, drivers y micros), es otro de los aspectos que afectan directamente al consumo. Estos dispositivos, en sí mismos, tienen un consumo despreciable frente a los LEDs si el PMV se encuentra a máxima luminosidad, pero su impacto es importante en las horas nocturnas cuando el PMV está en niveles de luminancia bajos, o cuando no se visualiza ningún mensaje. La programación de las CPU es una de la cuestiones más determinante para reducir el consumo de energía eléctrica de los PMVs hasta niveles realmente espectaculares

La Norma Europea EN-12966 en su apartado 7 Prestaciones Visuales especifica las características ópticas que deben cumplir los PMV. Dichas características se resumen en un conjunto de clases para el color, la luminancia emitida, relación de luminancia y anchura o ángulo de emisión.

En España, a través de los Pliegos de Prescripciones Técnicas, se está exigiendo, la clase C2 para el color (excepto para el verde que es C1), la clase L3 para la luminancia y la clase R2 para la relación de luminancia. En cuanto a la clase de anchura de haz se exige B4 y B2 justificando cada una de las clases.

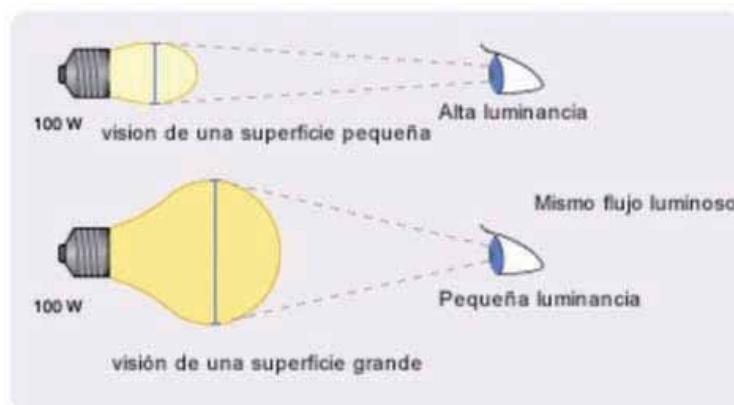
A continuación, se estudian los aspectos visuales y su impacto en el consumo. En todos los puntos se tiene en cuenta las especificaciones de la EN-12966, El objetivo es establecer criterios y recomendaciones que permitan reducir el consumo, manteniendo o incluso mejorando las prestaciones visuales de los PMVs actuales.



Luminancia

Luminancia es la densidad superficial de intensidad luminosa y se mide en cd/m^2 .

Como queda expresado en el grafico siguiente, una menor superficie de visión permite una mayor luminancia

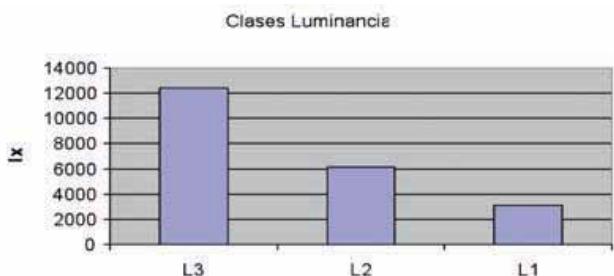


La norma europea EN-12966, se exige como requisito mínimo para la luminancia el cumplimiento de la clase L3, lo que significa un mínimo de $12.400 \text{ cd}/\text{m}^2$ para el color blanco y $7.440 \text{ cd}/\text{m}^2$ para el color ámbar. Pero estos mínimos no son suficientes, hay que emitir más para cumplir con otro de los parámetros: La relación de luminancia clase R2.

En la zona del túnel debe cumplir L3(T) , es decir se requiere luminancias correspondientes a iluminacionancias de señal de 400 lx

Desde el punto de vista del consumo y sobre todo de prestaciones visuales, la exigencia de la clase L3 es una buena elección, en la mayoría de los casos. Esta exigencia puede resultar excesiva en algunas ubicaciones, especialmente para PMVs en entor-

nos urbanos y vías lentes, donde la clase L2 de luminancia, cuyo mínimo es de 6.200 cd/m² para el blanco y 3.720 cd/m² para el ámbar, es adecuada con una relación de luminancia clase R2. Elegir un L2, colabora a la reducción del consumo eléctrico.



Relación de luminancia o contraste

El sistema de visión humano codifica el contraste o relación de luminancia. El reconocimiento de una imagen depende de las diferencias de color y luminancia de dicha imagen con su entorno.

La Norma Europea EN-12966 define la relación de luminancia con la siguiente fórmula:

$$LR = \frac{(La - Lb)}{Lb}$$

Donde:

La es la luminancia de la señal en estado de funcionamiento bajo iluminación externa.

Lb es la luminancia de la señal apagada bajo iluminación externa.

La es la suma de la luminancia emitida por los LEDs más la reflejada por el PMV. Por este motivo, para mejorar el contraste o relación de luminancia hay dos posibilidades: Emitir lo máximo posible, y reflejar lo menos posible.

Para reducir el consumo, hay que centrarse en disminuir el reflejo, manteniendo la relación de luminancia para clase R2, óptima para conseguir una buena legibilidad en un día soleado.

Color	Relación de luminancia mínima					
	R3		R2		R1	
	En el eje de referencia	Fuera del eje de referencia	En el eje de referencia	Fuera del eje de referencia	En el eje de referencia	Fuera del eje de referencia
Blanco	16,7	8,35	10	5	5	3
Blanco/Amarillo	14,2	7,1	8,5	4,25	4,25	2,55
Amarillo	10	5	6	3	3	1,8
Verde	5	2,25	3	1,5	1,5	0,9
Rojo	4,2	2,1	2,5	1,25	1,25	0,75
Azul	1,7	0,85	1	0,5	0,5	0,3

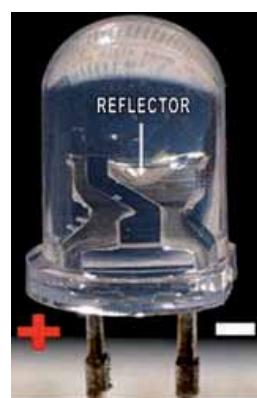
Relaciones de luminancia mínimas (LR) para diversos colores y clases R1, R2 y R3, bajo ángulos de ensayo en el eje de referencia y fuera del eje de referencia. Apdo. 7.4 de la EN 12966

Vamos a analizar los elementos sobre los que podemos actuar, para mejorar la relación de contraste.

- **La Pintura:** Los frontales de los PMVs se pintan con el RAL 9017 (negro tráfico) sin embargo, su aportación puede representar hasta un 60% del reflejo total. Por eso elegir un acabado de pintura adecuado, puede llegar a disminuir el reflejo a más de la mitad.



- **LED:** Los LEDs utilizados en un PMV, en general son redondos, de 5 mm de diámetro con encapsulado transparente, como su encapsulado es transparente, la luz incidente también es reflejada. Este reflejo depende de la densidad de LEDs por m² y su peso en las zonas gráficas puede alcanzar hasta un 70% del total.



Quizá, en un futuro no muy lejano, los mejores candidatos para sustituir a los LEDs serán los de SMD con óptica y cuerpo negro. Aunque algunos colores están ya disponibles en el mercado, se deberá esperar un tiempo para evaluarlos y tener una disponibilidad completa de colores y ángulos.



- **Frontal:** La fabricación de PMVs con viseras, el inconveniente principal es que en caso de nevada puede dificultarse la visualización del panel, pero cuando hay ventisca la nieve también se pega en los frontales lisos. Si bien desde el punto de consumo, las viseras proyectan sombra sobre el área de visualización, mejoran la relación de luminancia de forma espectacular y dividen la reflejada en los días soleados por un factor superior a 10.



Otra ventaja es que al proyectar sombra sobre el área de visualización, el aumento de temperatura interna debida al efecto solar es inferior. Gracias a ello, se consigue que los LEDs trabajen a temperaturas inferiores.

Contraste de color

Diferenciar bien los colores es algo esencial a la hora de visualizar correctamente una imagen. Los colores emitidos deben diferenciarse tanto del fondo como entre ellos. A este concepto se le denomina contraste de color. Esencialmente, a mayor

contraste de color, mayor es la distancia cromática entre ellos, por lo que pueden ser percibidos con más claridad.

La norma EN-12966, tiene en cuenta el contraste de color a través de las clases de color. El mayor contraste se ofrece con la clase C2, la más restrictiva. En España, salvo para el color verde, se pide que todos los colores cumplan con esta clase.

Maximizar la distancia cromática entre el blanco y el amarillo sin utilizar un diodo ámbar adicional, nos permitirá no empeorar el contraste.

Anchura de haz y ángulo de visibilidad.

La EN-12966 especifica la anchura de emisión o anchura de haz posibles para los PMVs, a través de la siguiente tabla:

Clase de anchura de haz	Ángulos de ensayo (en grados)	
	Horizontal	Vertical
B1	-5	0
	+5	0
	0	-5
B2	-7	0
	+7	0
	0	-5
B3	-10	0
	+10	0
	0	-5
B4	-10	0
	+10	0
	0	-10
B5	-15	0
	+15	0
	0	-5
B6	-15	0
	+15	0
	0	-10
B7	-30	0
	+30	0
	0	-20

Para cumplir con alguna de las clases anteriores, la luminancia emitida en los ángulos indicados debe ser superior al 50% de lo emitido en el eje de referencia.

Usualmente, para elegir la anchura de haz adecuada a un emplazamiento, se admite como hipótesis que fuera del ángulo de emisión, el PMV no emite luz y por tanto no es legible.

En la enmienda a la norma EN 13966-1:2005/prA1:2009 se ha incluido esta tabla, la cual recomienda anchos para diferentes ubicaciones.

Clase de anchura de haz	Entorno típico
B1	Carretera de alta velocidad, dos carriles y arcén, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico con alturas de carácter típicas entre 320 mm y 400 mm.
B2	Carretera de alta velocidad, tres carriles y arcén, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico con alturas de carácter típicas entre 320 mm y 400 mm.
B3	Carretera de alta velocidad, cuatro carriles y arcén, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico con alturas de carácter típicas entre 320 mm y 400 mm.
B4	Carretera de velocidad intermedia, panel situado a varios metros de altura sobre el tráfico, con alturas de carácter típicas entre 160 mm y 240 mm.
B5	Áreas urbanas, panel montado en un lateral o poca altura, alturas de carácter típicas entre 100 mm y 240 mm.
B6	Igual que B5, pero con el panel montado a más altura.
B7	Para casos especiales en los que se requiera un gran ángulo de visión. NOTA 1: En entornos urbanos la clase B7 puede ser adecuada para vías lentes en las que la información es legible a corta distancia y además, dicha información puede resultar de interés para ciclistas o peatones. NOTA 2: En autopistas la clase B7 puede tener sentido en incorporaciones en curvas muy pronunciadas.
NOTA:	
Carretera de alta velocidad: Aquella en la que la velocidad del 85% de los vehículos supera los 100 km/h.	
Carretera de velocidad media: Aquella en la que la velocidad del 85% de los vehículos supera los 50 km/h, pero es inferior a los 100 km/h.	

Según la tabla anterior, las categorías B1 y B2 permiten cumplir con las exigencias que usualmente encontramos en autovías y autopistas españolas (es decir, que la anchura de haz cubra dos o tres carriles y un arcén). De hecho, la mayoría de los PMVs actualmente instalados en estos emplazamientos pertenecen a la clase B2 y como se puede comprobar resultan perfectamente legibles.

Es necesario elegir bien los ángulos de emisión, si se utilizan clases superiores a las necesarias se desperdicia energía iluminando zonas sin conductores. Los PMVs

deben leerse a 150 m o más y a esa distancia, en una autovía con dos carriles y un arcén, el ángulo que se necesita cubrir es muy pequeño.

Arquitectura y eficiencia del sistema de alimentación

La elección del sistema de alimentación más adecuado a las necesidades de un PMV es importante. Como en cualquier equipo electrónico, el sistema de alimentación es el encargado de proporcionar la energía a todos los elementos internos del PMV, transformando y adaptando la fuente de energía externa a los valores internos de alimentación que necesita el equipo. De la eficiencia de esta conversión depende en gran medida el consumo de un PMV.

En un equipo, como es el caso de los PMVs, en el que la corriente por las cargas (tarjetas de LED) excede de 100 A y que las tensiones de alimentación en continua son bajas, la fuente de alimentación debería estar próxima a las cargas para minimizar las pérdidas en los cables de distribución.

En un PMV las cargas se encuentran distribuidas por todo el equipo a modo de placas visualizadoras de LED, un sistema distribuido posibilita la colocación de convertidores DC/DC próximos a la cargas, permite aumentar la tensión continua del bus de alimentación, disminuyendo la corriente de distribución y reduciendo las pérdidas. El fallo de uno de los convertidores DC/DC no implica el fallo del sistema completo. Con el sistema distribuido, la potencia se disipa en múltiples dispositivos en lugar de estar focalizada en un único punto. No necesita un rediseño completo del sistema si se añaden nuevas cargas o nuevas tensiones de alimentación.

Control del LED

Existen diferentes técnicas de polarización para los LED.

Un método más efectivo para implementar el circuito de excitación del LED, es la utilización de driver de corriente constante. Este tipo de circuito presenta la ventaja, de poder ajustar la corriente del LED de forma precisa e independiente de las variaciones en la tensión de conducción VF.

Este método de polarización de los LED permite disminuir las tensiones de alimentación para los LED hasta prácticamente la tensión de conducción del LED, evitando así las pérdidas de eficiencia por disipación en las resistencias de polarización.

Existen en el mercado una gran variedad de fabricantes que comercializan este tipo de circuitos. La elección del driver adecuado no es simple, su repercusión que el

consumo de los PMVs, es comparable al consumo de los LED para niveles de iluminación de 400 lux y se convierte en el factor principal en oscuridad total o cuando el PMV no visualiza ningún mensaje.

Por tanto podemos decir que en estos momentos se dispone de tecnología que permite garantizar la fabricación de un Panel de Mensaje Variable cumpliendo las exigencias de la norma Europea para combinaciones lógicas de clases, con las exigencias Españolas y con unos consumos máximos inferiores a 500 W incluso en los paneles de mayores prestaciones.

Ya se han instalados paneles de mensaje variable en carretera, en que la reducción del consumo a supuesto cerca de un 80% con los consumo de los paneles actuales. Ha continuación se presentan los datos obtenidos en la medición realizada en uno de los paneles con estas prestaciones, medidas realizada pinza batimétrica LEM modelo LH1050

Panel de 2 zonas gráficas de 64x64 píxeles de 3 leds/píxel (RGB) y 3 líneas de 12 caracteres de 11x16 píxeles de 1 led/píxel, altura de letra 320 mm.

Alimentación: trifásica.

Fabricante: ALBA ELECTRONICA-GRUPO POSTIGO.

Situación: AP-9F - PK 1+980 creciente sentido Ferrol.

Horario de medición: de 10:30 AM a 12:30 AM

Nivel 7: Máximo consumo, Protocolo DGT

Medición: con la pinza vatimétrica LEM modelo LH1050



Aspecto	Gráfico izquierdo	Zona alfanumérica	Gráfico derecho	Nivel 7
1		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX		431 W
2				355 W
3		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX	XXXX XXXX XXXX	338 W
4		XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX XXXXXXXXXXXX		322 W
5		PANEL LUMINOSO EN PRUEBAS		412 W
6				384 W
7		PANEL LUMINOSO EN PRUEBAS		313

Tabla 4: Mediciones de consumo máximo

Ventajas de un PMV de bajo consumo

Como referencia de PMV de bajo consumo elegimos un modelo de 2 zonas gráficas resolución 64x64, 3 líneas alfanuméricas y 12 caracteres con un consumo máximo inferior a 500 W.

Este consumo máximo de 500 W, supone que el panel pasa la mayor parte de vida consumiendo en el entorno de 300 W.

Las ventajas que se derivan de un diseño de este tipo son claras y algunas de ellas las exponemos a continuación:

Menos consumo implica:

1. Facturas de luz más bajas.
2. Acometidas más sencillas.

3. Secciones de cable para transporte de energía desde la acometida mínimas.
4. Alargar la vida de los LEDs: La corriente de trabajo de los LEDs es de muy pocos miliamperios. Si consideramos las curvas de vida que dan los fabricantes para distintos tipos de LEDs y a eso añadimos que la vida aumenta al disminuir la corriente, podemos asegurar que las características ópticas del PMV de bajo consumo se mantendrán por un período superior a 10 años.
5. Mantenimiento del PMV más sencillo y económico: Con un consumo máximo de 500 W, no es necesario la instalación de elementos de ventilación. Se evita la sustitución de filtros y ventiladores, y se mejora la estanqueidad.
6. Posibilidad de plantear el funcionamiento independiente del PMV: Con un consumo inferior a 500 W la alimentación del PMV puede realizarse mediante paneles solares o aerogeneradores de tamaños razonables.
7. No derrochar energía, y aprovechar mejor los recursos.
8. Estimular la reducción del consumo de otros equipos, cuando se reduce la sección de cable que los alimenta.
9. Menos emisiones de CO₂ a la atmósfera.
10. Colaborar a la sostenibilidad de nuestro planeta.

Marcado CE

Con la entrada en vigor de la directiva 89/106/CEE para materiales de construcción, los paneles de mensaje variable deben tener marcado CE desde el 1 de febrero de 2007 y por tanto es obligatorio desde esta fecha que todo panel instalado haya obtenido su marcado CE.

Los paneles de mensaje variable según la directiva 89/106/CEE tienen un sistema de evaluación 1, esto que quiere decir.

Este sistema supone una certificación completa del producto por un organismo de certificación notificado, es decir, que es el organismo el que vigila y certifica las tareas del fabricante y emite un certificado CE.

En España existen dos organismos notificados que pueden extender este certificado:

AENOR
Applus

V SIMPOSIO DE TÚNELES
SEGURIDAD PARA LOS TÚNELES DEL SIGLO XXI

Este certificado indica las prestaciones y clase que tiene el panel

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

CERTIFICADO DE CONFORMIDAD CE
EC Certificate of conformity

0099/CPD/A72/0007

2008-04-28
Pg 2/2

ANEXO
ANNEX

Designación comercial	Tipo	Acción viento (WL)	Carga nieve (DSL)	Flexión (TDB)	Torsión (TDT)	Color	Luminancia	Relación lumínica	Anchura de haz	Temperatura	Resistencia a la contaminación	Protección IP
PSV-XXX-XZG	D	WL7	DSL4	TDB1	TDT0	C2/C1	L3	R2/R3	B4	T1-T2	D4	P2
PSV-XXX-XZG/A	D	WL7	DSL4	TDB1	TDT0	C2/C1	L3	R2/R3	B4	T1-T2	D4	P2

Color	Clase color	Luminancia	Relación lumínica	Anchura de haz
Blanco	C2	L3	R2	B4
Blanco/negro	C2	L3	R2	B4
Rojo	C2	L3	R2	B4
Verde	C1	L3	R3	B4
Azul	C2	L3	R2	B4
Amarillo	C2	L3	R2	B4

AENOR Asociación Española de
Normalización y Certificación

No está autorizada la reproducción parcial de este documento.

AENOR - Gómez, 6 - 28004 MADRID - Teléfono 914 32 60 00 - Telefax 913 10 46 83

The partial reproduction of this document is not permitted.

Referencias bibliográficas

- [1] Intelligent Transport Systems Group, “Specification for variable message signs”, Noviembre, 2004
- [2] E. Gaitanidou, E. Bekiaris, S. Matena. “Road infrastructure related issues of telematic application and other new technologies”. Octubre 2007
- [3] Pirkko Rämä, Anna Schirokoff, Juha Luoma. “Practice and deployment of variable message signs (VMS) in Viking countries”. 2004
- [4] Sara Nygårdhs, Gabriel Helmers. “Variable Message Signs. A literature review”. 2007
- [5] Andrew Hilbert. “Power Distribution Architectures: The Evolution Continues”. RTC Magazine. Agosto 2004..
- [6] Artículo de la Revista Carreteras N 167 “ Paneles de mensaje variable de bajo consumo, para tráfico”
- [7] Norma UNE-EN 12966-1:2006