



SEÑALIZACION HORIZONTAL: Asistencia Técnica en la gestión

• POR DAVID CALAVIA REDONDO

Este artículo es un resumen de la comunicación expuesta el día 27-XI-87 por David Calavia Redondo, Director Técnico de MARCAS VIALES, S. A., con motivo de las JORNADAS SOBRE TECNICAS DE CONSERVACION DE CARRETERAS, celebradas en Santander del 25 al 27 de noviembre de 1987.

El tema de la Señalización Horizontal tiene una gran amplitud y, por tanto, no se pretende en esta exposición hacer un estudio exhaustivo de los problemas técnicos que originan tanto los materiales como su aplicación y su comportamiento posterior, para cada uno de los cuales existe abundante literatura.

La conservación y mejora de la Señalización Horizontal debe de constituir uno de los objetivos prioritarios en la Gestión de Carreteras, debido a su elevado índice de aportación a la Seguridad Vial.

Sin embargo, es conveniente hacer un recorrido somero por los problemas que condicionan el comportamiento de las Marcas Viales y su evolución en el tiempo (comportamiento dinámico) para llegar a exponer cómo se puede ejercer un control de calidad fiable y preciso sobre el producto final y las posibilidades que ello brinda, de mejorar la política de Señalización.

En primer lugar convendría definir qué es lo que entendemos como marca vial.

Una marca vial puede definirse como un sistema óptico formado por una película soporte (normalmente pigmentada en blanco) en la que se encuentran insertadas partículas reflectorizantes, normalmente microesferas de vidrio que juegan el papel de dioptrios esféricos.

El color de la película soporte y su grado de luminosidad, en contraste con el color y la luminosidad del firme, proporcionan a la marca visibilidad diurna (insistimos en que no es el color o luminosidad de la marca solamente, sino su contraste con el firme).

Las microesferas de vidrio (como elemento más usado) correctamente insertadas, proporcionan a la marca visibilidad nocturna, debido a la retroreflexión de la luz incidente (muy superior a la del firme, excepto en condiciones de lluvia).

Desde otro punto de vista, esta marca vial debe poseer una alta resistencia al desgaste y además no introducir un factor elevado de deslizamiento.

La calidad de una marca vial, es decir, de este sistema óptico, depende de:

Factores internos: naturaleza físico-química de los componentes (pintura, microesferas, etc.).

Factores de aplicación: (dosificaciones, climatología...).

Factores externos: que afectan al comportamiento dinámico del sistema (tráfico, tipo de firme, etc.).

Los factores internos o concernientes a la naturaleza de los componentes vienen determinados por la ficha técnica de los fabricantes y, en su caso, por las especificaciones y/u homologaciones que las amparan. Dada la amplia variedad de oferta del mercado, no siempre resulta fácil su selección, pues los ensayos de laboratorio no reproducen con fiabilidad el comportamiento real bajo dis-

tintas condiciones de uso. Por tanto, no aportan una información suficiente como para ser tomadas como único requisito en los Pliegos de Condiciones.

Factores de aplicación: La legislación actual exige la aplicación de 720 grs/m.² de pintura de un valor W determinado y 480 grs/m.² de microesferas de vidrio. Pero, sabido es que esta actuación no siempre (por no decir nunca) proporciona idénticos resultados de partida. Esto es debido a que el sistema óptico al que hemos hecho referencia hay que construirlo «in situ» y, por tanto, está sujeto a factores externos no siempre controlables, como son:

1.º El proceso de aplicación (maquinaria), sobre todo en lo que concierne a las dosificaciones de los materiales y a su distribución homogénea, tanto transversal como longitudinalmente.

2.º La climatología del momento de la aplicación: temperatura, humedad relativa, viento, etc.

Al igual que con la naturaleza de los materiales, se trata de ejercer un control mediante la exigencia de unas especificaciones. Sería necesario realizar un esfuerzo para tratar de controlar estos factores mediante:

— El uso de maquinaria adecuada, capaz de asegurar tanto la dosificación constante de los materiales (independientemente de la velocidad de la máquina, de la presión y de la viscosidad del producto) como su distribución homogénea, tanto transversal como longitudinalmente.

— Restringiendo la temporada de aplicación (salvo casos de fuerza mayor) a épocas del año de climatología benigna.

Factores externos: Aun con todo, los problemas, para garantizar una buena calidad, no terminarían ahí, puesto que, si como se ha visto, es difícil asegurar una buena calidad de partida, más difícil parece asegurarse de que esta calidad evolucione por igual bajo condiciones de uso diferentes; puesto que a partir del momento de la aplicación comienzan a actuar otros factores externos que, aunque conocidos, son variables no sólo de una región o provincia a otra, sino incluso en tramos próximos de una misma carretera.

Estos factores externos pueden resumirse en los siguientes:

— Cantidad y tipo de tráfico que soportan las marcas.

— Tipo de firme y anchura de la calzada.

— Naturaleza del soporte.

— Posición de la marca.

— Climatología.

— Entorno.

Establecidas estas premisas, la pregunta es: ¿Cuáles son los criterios que debe manejar el Gestor de la Conservación de Carreteras para definir una buena política de Señalización Horizontal?

Siguiendo el mismo planteamiento llevado hasta ahora, se podría pensar que lo fundamental en el comportamiento de la marca vial son los materiales básicos. En este caso, bastaría con disponer de unas especificaciones exigentes y pedir un nivel de calidad (coeficiente) proporcional a la dureza del tramo a señalizar.

Sin embargo, esto no es así de fácil, puesto que, como ya se ha dicho, no existen técnicas de laboratorio que reproduzcan fielmente el comportamiento de las marcas viales en las diferentes condiciones de aplicación y desgaste.

Naturalmente este criterio debería de ser seguido de un exhaustivo control de aplicación y, ni aún así, parece excesivamente fiable.

En segundo lugar, se podría hacer lo que realizan la mayoría de los países del Area Occidental (OCDE). Esto es construir unos campos de ensayo, especialmente diseñados y dimensionados para este fin, y aplicar sobre firmes diferentes (o al menos asfáltico y cemento) los distintos materiales a probar en las condiciones más próximas a las reales (campo standard). De esta manera se puede determinar qué materiales y en qué dosificaciones son aptos para esperar de ellos unas determinadas duraciones (6, 12, 18, 24... meses).

Naturalmente, el comportamiento obtenido en el campo de ensayos sólo es extrapolable directamente a aquellos tramos que reproduzcan las condiciones de dicho campo standard. Dado que existirán muchos tramos con grandes desviaciones de estas condiciones, los comportamientos dinámicos de las marcas viales se hacen bastante imprevisibles. No obstante estas limitaciones, países que llevan años trabajando de esta manera han llegado a disponer de una amplia gama de materiales, que adecuadamente empleados (es decir, controlando dosificaciones y restringiendo la época de aplicación) les han proporcionado mejores resultados.

En tercer lugar, el Gestor de la Carretera, llevado de un espíritu estrictamente práctico, podría prescindir de toda consideración acerca de los materiales y su aplicación y exigir simplemente unos resultados que él mismo tendría que definir, lo que le obligaría, al tiempo, a ser capaz de evaluarlos.

Esta hipótesis base de nuestra comunicación implica un cambio radical en el planteamiento de la Gestión de la Señalización Horizontal, y aunque, en nuestra opinión, debe ser la herramienta futura, puede parecer arriesgado tomarla como único criterio de calidad.

Por esta razón, y en último lugar, se podría pensar en algo que parece por el momento mucho más lógico, como es introducir en los Pliegos de Condiciones la exigencia de aplicar materiales que ya hayan sido probados suficientemente en campos standard de ensayo, aplicarlos mediante técnicas que aseguren su correcta dosificación y homogénea distribución y requerir unos resultados mínimos, que es en definitiva lo que demanda el Gestor y el usuario.

Sobre la realización de homologaciones en campos de ensayo y sobre el control de las aplicaciones existe abundante información y experiencia, tanto en España como en otros países, y no es nuestro objetivo abundar en ello. Sí es nuestro objetivo, sin embargo, definir lo que entendemos por calidad de una marca vial.

A lo largo de nuestra exposición, y con gran frecuencia en numerosas conversaciones sobre esta materia, hemos empleado y se emplean términos como «buenos resultados», «duración aceptable», «larga duración», o sus contrarios. En definitiva, términos que delatan una gran inconcreción y un vacío de metodología científica y técnica en la evaluación del estado de la Señalización Horizontal.

En el tercer planteamiento realizado anteriormente hablábamos de que el Gestor podía requerir unos resultados, pero que obviamente, debería ser capaz de evaluarlos, y que si ello fuese así, podría constituir la herramienta más fiable para utilizar en el futuro.

A este respecto, MARCAS VIALES, S. A., como consecuencia de los trabajos que está realizando en la ejecución de un proyecto de investigación concedido por la Comisión Interministerial de Investigación Científica y Técnica, que persigue la puesta a punto de pinturas



Medición del coeficiente de deslizamiento.

de alta cualificación para su aplicación en marcas viales, ha desarrollado un sistema propio de evaluación objetiva, fiable y precisa, del estado de la Señalización Horizontal que da respuesta a la pregunta planteada: ¿Cómo evaluar los resultados de las marcas viales en un tramo o en una Red de Carreteras?

Para evaluar una marca vial hay que definir cuáles son los índices o parámetros que la caracterizan, es decir:

¿QUE MEDIR?

Como ya se ha comentado sucintamente al principio, los parámetros que definen una marca vial son:

VISIBILIDAD DIURNA - VD
VISIBILIDAD NOCTURNA - RF
RESISTENCIA AL DESGASTE - GD
GRADO DE DESLIZAMIENTO - DZ

El sistema de evaluación que proponemos comienza por definir un nuevo índice que denominamos **NIVEL DE SERVICIO**, cuyo valor numérico viene dado por una fórmula polinómica en la que intervienen los índices descritos con anterioridad, debidamente normalizados y multiplicados por unos coeficientes que son los factores de importancia relativa de cada uno de ellos.

$$NS = a.GD + b.RF + c.VD + d.DZ$$

donde $a + b + c + d = 1$

Para que esta fórmula sea viable, debemos disponer:

- De aparatos adecuados de medida para cada índice.
- De metodología apropiada para la medición de cada índice.
- De unos criterios objetivos de asignación de valores a los coeficientes a, b, c y d, según la red viaria de que se trate.
- De unos criterios de calidad mínimos para cada uno de los índices, que permitan que el Gestor pueda definir el **NS** mínimo que necesitan en sus marcas.

¿COMO MEDIR?

La retroreflexión o visibilidad nocturna se mide con los ya conocidos retroreflectómetros, que nos indican la cantidad de luz reemitida en la dirección de incidencia en $\text{mcd/l} \times \text{m}^2$.

Visibilidad diurna: Se pueden utilizar luminanciómetros reflectómetros o mejor colorímetros que dan, además de la reflectancia luminosa direccional, el punto de cromaticidad, tanto de la marca como del firme y, por tanto, su relación de contraste.

Resistencia al desgaste: Se utiliza la proyección fotográfica de la marca vial bajo una plantilla, obteniéndose el porcentaje de marca que permanece.

Grado de deslizamiento: Se utiliza un deslizador de péndulo, siendo el valor del índice buscado, no el obtenido directamente sobre la marca, sino el porcentaje de aumento en el deslizamiento de ésta respecto de la realizada directamente sobre el firme adyacente; es decir, el deslizamiento aportado o debido a la marca.

Puesto que las unidades en que obtenemos estos índices son heterogéneas, se realiza una normalización estableciendo unos criterios experimentales por los que se adjudica a cada índice un valor mínimo por debajo de los cuales la marca vial ya no se considera útil. El índice objetivo mínimo de nivel de servicio se obtendrá aplicando a los índices que intervienen en la fórmula (afectados de los coeficientes respectivos) los valores mínimos fijados.

¿DONDE MEDIR?

Está claro que si este criterio de medición se aplicara a las líneas de un campo standard, que no son más de 4 por cada material y de una longitud máxima

VISIBILIDAD DIURNA		
VARIABLE ESTUDIADA	VALOR MEDIO	NOTA
COORDENADAS CROMATICAS DE LA MARCA		
BANDA IZQUIERDA	(333,351)	
EJE	(335,351)	
BANDA DERECHA	(341,354)	
COORDENADAS CROMATICAS DEL FIRME	(333,351)	
REFLECTANCIA DE LA MARCA		
BANDA IZQUIERDA	37,43	6
EJE	39,94	6
BANDA DERECHA	32,68	5,5
REFLECTANCIA MEDIA	36,68	6
REFLECTANCIA PONDERADA	37,50	6
REFLECTANCIA DEL FIRME	10,89	-

CARRETERA: N-II
ESTRATO: COMPLETA
FECHA: 5 FEBRERO 1988

INDICES		
RELACION DE CONTRASTE		
BANDA IZQUIERDA	2,44	6
EJE	2,67	6,5
BANDA DERECHA	2,00	5,5
RELACION DE CONTRASTE MEDIA	2,37	6
RELACION DE CONTRASTE PONDERADA	2,45	6

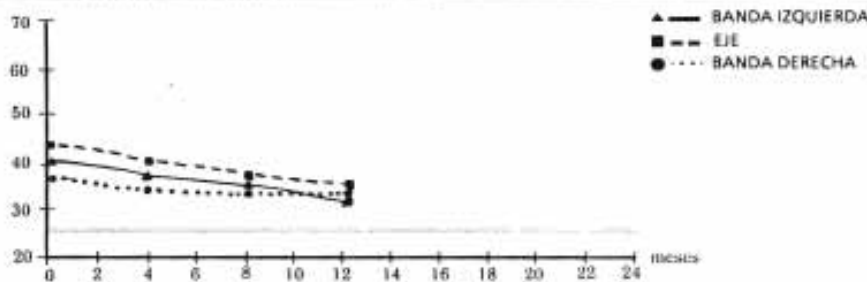
INDICE DE CALIDAD	
BANDA IZQUIERDA	5,3
EJE	6
BANDA DERECHA	5,2
GENERAL	5,5
PONDERADO	5,6

VISIBILIDAD NOCTURNA		
VARIABLE ESTUDIADA	VALOR MEDIO	NOTA
RETROREFLEXION DE LA MARCA		
BANDA IZQUIERDA	168,39	5
EJE	204,00	6
BANDA DERECHA	160,88	5
RETROREFLEXION MEDIA	177,75	5,5
RETROREFLEXION PONDERADA	184,31	5,5

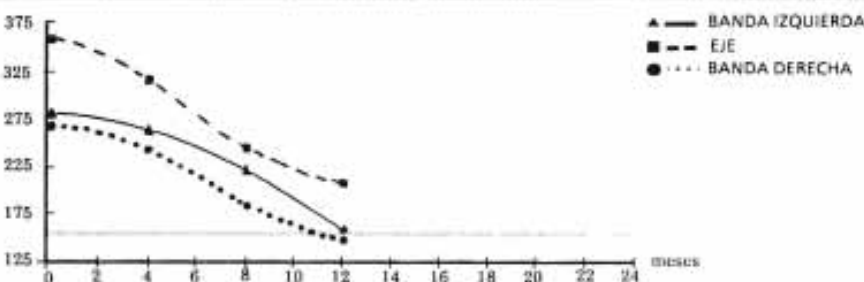
NIVEL DE SERVICIO	
BANDA IZQUIERDA	5,3
EJE	6,2
BANDA DERECHA	5,2
GENERAL	5,6
PONDERADO	5,7

CARRETERA N - II

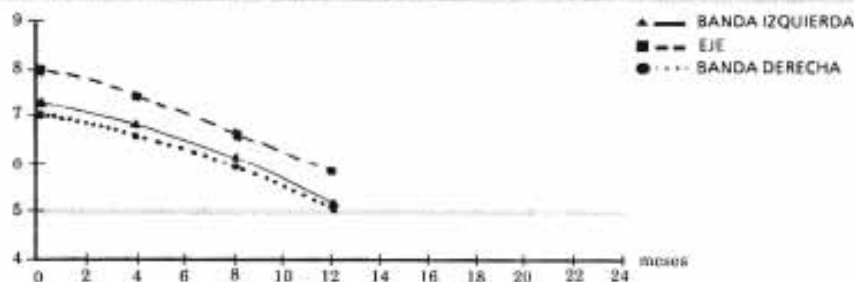
VISIBILIDAD DIURNA



VISIBILIDAD NOCTURNA



NIVEL DE SERVICIO



Análisis de las visibilidades diurna y nocturna de las marcas viales.

de 7 m., el resultado sobre esos 28 m. es de una fiabilidad próxima al 100%.

Desgraciadamente, ésta no es la realidad, sino que la gran cantidad de unidades de marcas viales aplicadas en las distintas redes viarias hace imposible la inspección de cada una de ellas, e incluso en tramos pequeños lo haría antieconómico.

Por esta razón ha sido necesario desarrollar una avanzada y moderna metodología científica, destinada a aplicar a cada estudio diferentes técnicas de muestreo en función de las distintas poblaciones a los que se refiera (Red Nacional, Autopistas, Red Autonómica, Red Urbana, etc.) y obtener, mediante una reducida toma de datos, una información fiable y precisa del estado de la Señalización Horizontal.

Existen perfectamente desarrollados métodos restringidos para conseguir muestras lo más representativas y fiables posibles, reducir costes y facilitar la tarea de selección.

Las técnicas utilizadas dependen de la tipología de la población, y generalmente son las de estratificación, formación de conglomerados o áreas y selección sistemática.

En el caso de las redes interurbanas se aplicará el proceso de estratificación, formando en primer lugar los estratos, de acuerdo con ciertos criterios como son la IMD, tipo de firme, climatología, antigüedad de las marcas, naturaleza de las mismas, etc., para posteriormente aplicar un muestreo sistemático dividiendo cada estrato en número de zonas formadas a su vez por unidades, las cuales serán objeto de selección.

El muestreo por conglomerados se utiliza en el caso de divisiones territoriales creadas por necesidades geográficas o administrativas y, en especial, para la Red Urbana, manteniendo el principio de homogeneidad entre conglomerados y atendiendo preferentemente a la división por barrios, distritos municipales, manzanas, etc.

Los resultados de la evaluación pormenorizada del estado objetivo de la Señalización Horizontal se presentan tras el tratamiento correspondiente, en salida de ordenador, elaborando para cada índice y para el nivel de servicios su distribución estadística con sus características más notables y los intervalos de confianza para los distintos niveles.

¿CUANDO MEDIR?

Pero lo realmente importante de este método es la posibilidad que brinda de estudiar el comportamiento dinámico de una o varias características poblacionales (los índices estudiados anteriormente) mediante la toma periódica de muestras del mismo colectivo, lo cual se hace perfectamente viable, puesto que este procedimiento permite obtener una respuesta suficientemente válida en un tiempo corto y a un coste razonable.

Con los datos obtenidos de esta manera, se construyen las curvas de vida para los índices deseados, representando el valor de dichos índices en ordenadas y el tiempo en abscisas.

De esta manera se dispone de una información continua del estado de las marcas viales, tanto para una zona como para una Red completa, y se conoce el momento en que un índice ha llegado a su valor mínimo que exigirá una acción inmediata (umbral de intervención) o se puede prever que lo va a alcanzar en un breve espacio de tiempo (umbral de alarma), o que la marca puede permanecer por encima de su nivel de servicio todavía un tiempo razonable y no requiera ninguna acción.

La disponibilidad actual de este sistema de evaluación constituye la asistencia técnica ideal con la que puede contar el Gestor o Responsable de la Señalización Horizontal de una Red viaria para optimizar la inversión y establecer una estrategia de mejora progresiva de la calidad de sus marcas viales.

• David Calavia Redondo es Director Técnico de MARCAS VIALES, S. A.