

ESTUDIO EXPERIMENTAL DEL EFECTO DE LAS CONDENSACIONES EN LA SEÑALIZACION VERTICAL DE CARRETERAS.

IV SUSTRATOS DE ALUMINIO

Manuel Blanco

Doctor en Ciencias Químicas. Jefe del Sector de Materiales del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPTMA)

Angel Cuevas

Licenciado en Ciencias Químicas. Jefe de la División de Materiales para Señalización del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPTMA)

Francisca Castillo

Doctora en Ciencias Químicas. Jefe de la División de Materiales Orgánicos del Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX (MOPTMA)

Un problema observado en nuestro país es la falta de visibilidad de las señales verticales de circulación en horas nocturnas. La condensación de la humedad presente en la atmósfera tiene lugar cuando la temperatura del cuerpo sólido desciende por debajo del punto de rocío del aire ambiental.

Debido a la tensión superficial del agua, la condensación aparece como diminutas gotas esféricas que dan lugar a fenómenos ópticos indeseables. Su formación sobre materiales retrorreflektantes, cuya eficacia respecto a su reflexión depende de los haces de luz incidente, afecta negativamente al fenómeno de la retrorreflexión (Figura 1).

El presente artículo forma parte de un amplio trabajo de investigación realizado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, a través de la Dirección General de Carreteras y del Centro de Estudios y Experimen-

tación de Obras Públicas (CEDEX). En anteriores ocasiones se ha dado a conocer partes parciales del trabajo, tales como el comportamiento de los distintos materiales a lo largo de una noche y los sustratos de chapa de hierro, poliéster y acero galvanizado.

MATERIALES

Para llevar a cabo el presente trabajo se han utilizado sustratos de chapa de aluminio, que en algunos casos se emplearon a modo de "sandwich" con inserción de material aislante a base de poliestireno expandido. La parte retrorreflektante, responsable de la visibilidad nocturna, ha conseguido con láminas de dos niveles de retrorreflexión y de dos casas comerciales diferentes. Las señales utilizadas en cuanto a constitución, ubicación en la calzada y aplicación se describen en la Tabla 1.

Con todo ello se pretendió comprobar, por una parte, la influencia que tienen los sustratos, que conforman los paneles donde van ubicadas las láminas retrorreflectantes, con la visibilidad de las señales durante los periodos de condensación y, por otra, los posibles efectos inherentes a las láminas retrorreflectantes.

Las señales verticales de circulación ensayadas han sido de "Adelantamiento prohibido", R-305, de 10 cm de diámetro.

TRAMO EXPERIMENTAL

Para que el fenómeno de las condensaciones tenga lugar, han de darse ciertas condiciones meteorológicas. Este fenómeno se ve favorecido con cielos despejados, bajas temperaturas,

ausencia de viento y una humedad del aire elevada. La frecuencia y duración del fenómeno varía con factores como el clima, lugar, estación del año y condiciones atmosféricas.

La zona de pruebas elegida ha sido la carretera nacional N-111, en las cercanías de la ciudad de Soria, tramo Soria-Medinaceli, que debido a sus condiciones meteorológicas se ha considerado adecuada para este tipo de experimentación.

EXPERIMENTAL

Una vez instaladas las señales de circulación, se determinaron sus características ópticas más importantes en condiciones normales, esto es sin condensaciones. Las características evaluadas fueron aquéllas que permitían determinar su visi-

EFFECTO DE LAS CONDENSACIONES SOBRE UNA LAMINA RETROFLECTANTE EMPLEADA EN LA SEÑALIZACION VERTICAL DE CARRETERAS

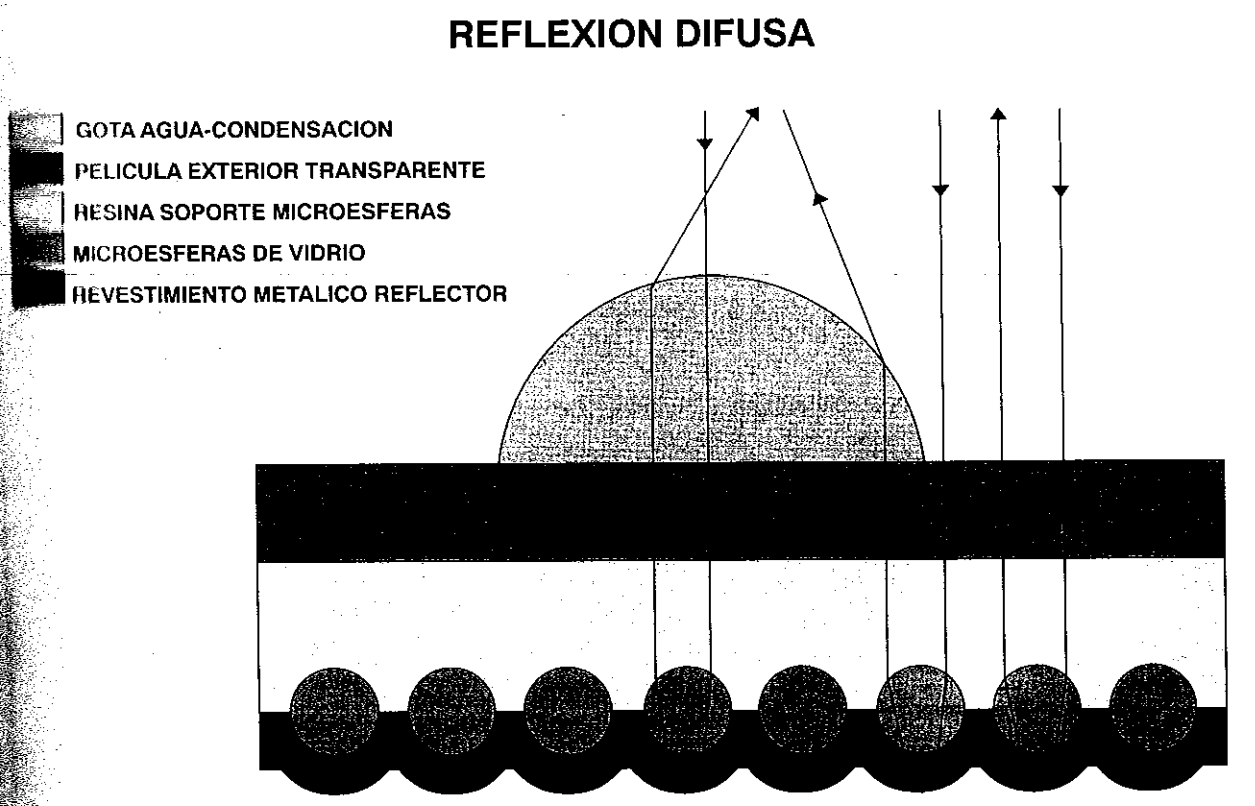


Figura 1

DESCRIPCION DE LAS SEÑALES DE CIRCULACION

					5° NO
					5° NO
					58° SO
					58° SO
					58° NO
					58° NO
					8° NE
					8° NE

Tabla 1

bilidad diurna (factor de luminancia, β y coordenadas cromáticas) y su visibilidad nocturna (coeficiente de retrorreflexión, R').

Posteriormente, se determinaron las características de las mismas durante sesenta días, entre noviembre de 1.992 y febrero de 1.993. Las medidas se realizaron cada cuatro horas, en periodos de tiempo comprendidos entre las nueve de la noche y las nueve de la mañana, en tres franjas horarias que se denominaron A, B y C.

1. CONDICIONES METEOROLOGICAS

En cada evaluación se midió la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del viento, cielo cubierto o despejado, estado del tiempo (lluvia, nieve, niebla, hielos). Asimismo, se anotó la temperatura del anverso y reverso de cada una de las señales.

La medida de la temperatura se realizó con un termómetro de infrarrojos. Cuando la diferencia de temperatura entre los puntos 1 ó 3 (Figura 2) con relación al 2 es notable, en este último punto la medida de la temperatura se llevó a cabo con un termómetro de contacto (T.C.)

2. ASPECTO

Se ha comprobado, visualmente, la aparición de manchas sobre las señales verticales de circula-

ción y otros fenómenos ópticos que se producen a lo largo de los ensayos.

3. COLOR Y FACTOR DE LUMINANCIA

La determinación del color, mediante coordenadas cromáticas (x , y) y el factor de luminancia β , se ha llevado a cabo con un espectrocolorímetro portátil empleando un iluminante patrón de la CIE

ZONAS DE MEDIDA EN CADA SEÑAL

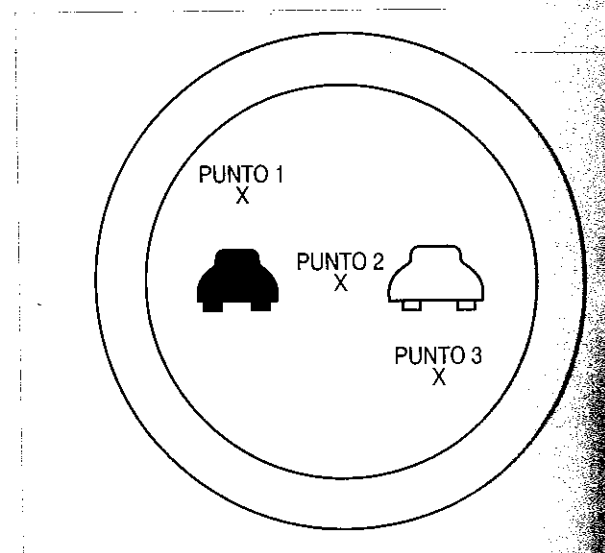


Figura 2

D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2°.

4. COEFICIENTE DE RETRORREFLEXION

El coeficiente de retrorreflexión R' , se determinó mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de divergencia, α de 0,33° y ángulo de incidencia, β_1 , de 5° ($\beta_2 = 0^\circ$), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2856 K.

6. PUNTOS DE MEDIDA

La determinación de las características ópticas de las señales se han llevado a cabo en los tres puntos de las zonas señaladas en la Figura 2.

RESULTADOS

1. EVALUACIONES INICIALES

Los valores obtenidos de la visibilidad diurna (coordenadas cromáticas y factor de luminancia) y visibilidad nocturna (coeficiente de retrorreflexión) de las señales instaladas se indican, respectivamente, en las Tablas 2 y 3.

2. EVALUACIONES PERIODICAS

Durante la totalidad de las noches en los sesenta días de inspección correspondientes a los periodos noviembre-diciembre de 1.992 y enero-febrero de 1.993, se han obtenido una gran cantidad de datos experimentales cuya presentación superaría notablemente la extensión de un artículo científico, por lo que se ha decidido exponer los valores más representativos de una forma gráfica (Figuras 3 y 4).

En la Tabla 4 se presentan los porcentajes de medidas donde se ha observado la aparición de condensaciones en los materiales ensayados.

CONCLUSIONES

El estudio e interpretación de los resultados obtenidos en las diversas medidas realizadas sobre las señales de circulación con sustratos de aluminio permiten destacar los siguientes puntos:

1. Una elevada humedad relativa, bajas temperaturas y viento en calma, favorecen la formación de condensaciones sobre las señales de

COORDENADAS CROMATICAS Y FACTOR DE LUMINANCIA

Tabla 2

COEFICIENTE DE RETRORREFLEXION (cd/lx.m²)

Tabla 3

chapa de acero galvanizado como sustrato, tal es el caso de las determinaciones realizadas el día 2 de febrero de 1.993.

2. Aunque las temperaturas no sean muy bajas, si la humedad relativa es elevada y el viento está en calma, tiene lugar el fenómeno de las condensaciones, como puede comprobarse, entre otros casos, en las determinaciones llevadas a cabo sobre la señal referenciada con el número 2 el día 20 de noviembre de 1.992, hora de medida A (primera hora de la noche).
3. Con humedades relativamente bajas, del orden del 66%, si la temperatura es, asimismo, baja y en ausencia de viento se producen condensaciones, como es el caso de la evaluación efectuada el día 10 de diciembre de 1.992, hora de

CONDENSACIONES OBSERVADAS EN LAS SEÑALES CON SUSTRATO DE ALUMINIO Y LAMINA RETRORREFLECTANTE DE NIVEL 1

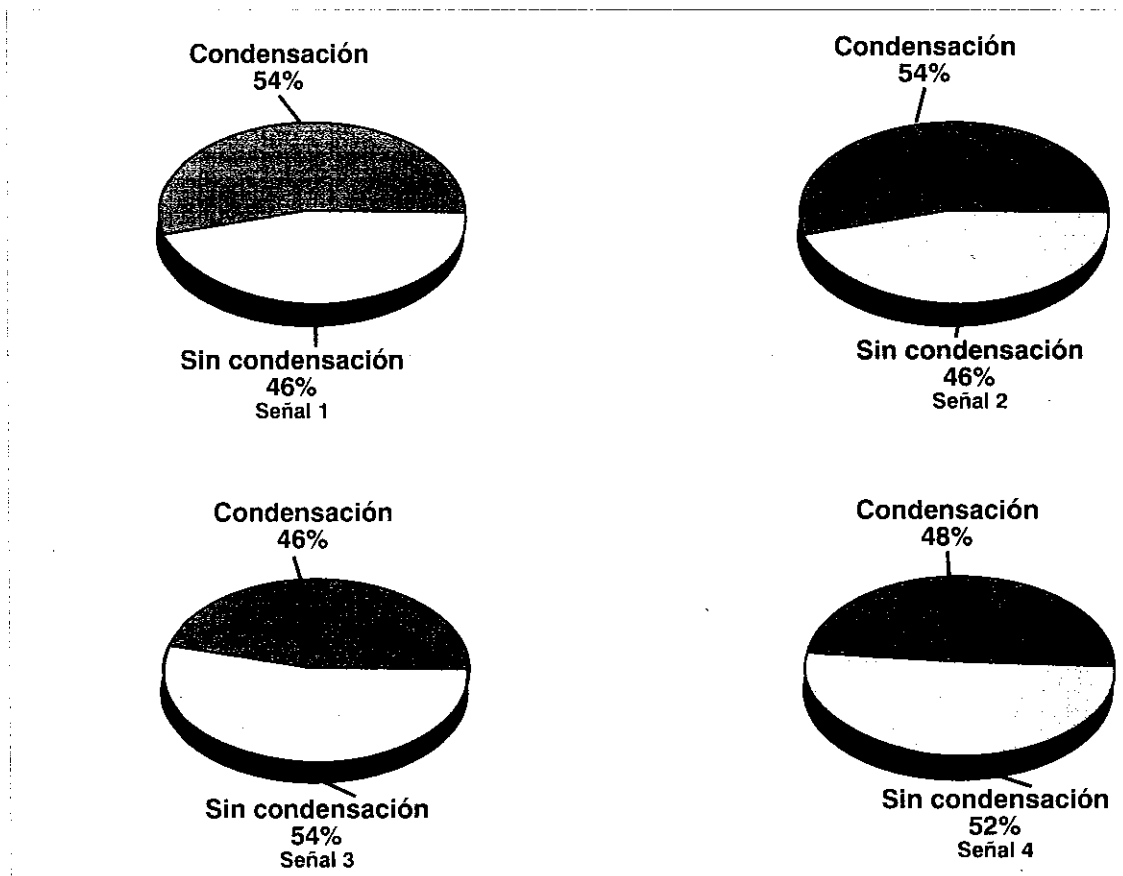


Figura 3

CONDENSACIONES OBSERVADAS EN LAS SEÑALES CON SUSTRATO DE ALUMINIO Y LAMINA RETRORREFLECTANTE DE NIVEL 2

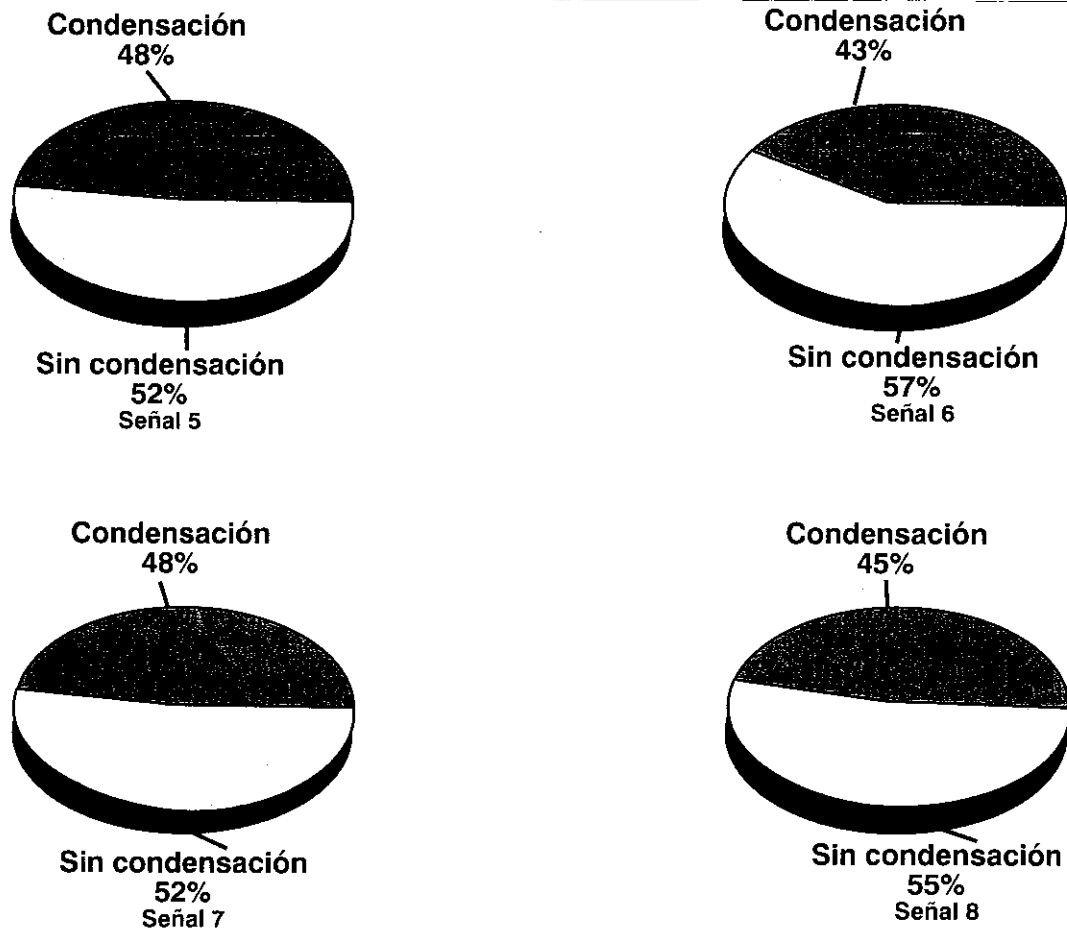


Figura 4

medida C (última hora de la noche) sobre la señal n° 1.

Se ha comprobado que la ausencia de viento incrementa, notablemente, la formación de condensaciones sobre la señal. De la misma forma, en condiciones favorables de condensaciones, 93% de humedad relativa y temperaturas de 0,2°C, una velocidad del viento de 10 km/h impide este fenómeno (día 22 de noviembre de 1.992, hora de medida C, señal n° 3).

Cuando las condiciones meteorológicas son favorables para que se produzcan condensaciones, éstas tienen lugar a primera hora de la noche (hora A). Se comprueba este hecho por

los bajos valores de la retrorreflexión (día 25 de noviembre de 1.992. Hora A, señal n° 8). En la segunda medida (hora B del mismo día) el coeficiente de retrorreflexión aumenta, debido al proceso de formación de una película de agua, como consecuencia de la unión de las pequeñas gotas depositadas sobre la superficie. Este hecho se acentúa en la última medida de la noche (hora C), en la cual la película de agua ya es uniforme en toda la señal, como lo demuestran los valores elevados que se obtienen en la medida de la retrorreflexión y la desaparición de condensaciones.

6. Cuando la temperatura ambiente es tal que da lugar a la formación de hielo sobre la superfi-

PORCENTAJE DE MEDIDAS CON APARICION DE CONDENSACIONES OBSERVADAS EN LAS SEÑALES DE CIRCULACION INSPECCIONADAS EN EL TRAMO EXPERIMENTAL

SEÑALES	Aparición de condensaciones		Condensación en el punto de medición		
	Presencia	Ausencia	Presencia	Ausencia	Porcentaje
					6
					91
					91
					89
					88

NOTA: R1.- Nivel 1 de coeficiente de retrorreflexión
R2.- Nivel 2 de coeficiente de retrorreflexión

Tabla 4

cie de la señal, los valores de la retrorreflexión son muy bajos, con lo que la visibilidad nocturna de la señal es prácticamente nula. Tal es el caso del día 27 de enero de 1.993, señal n° 6.

7. Los valores muy elevados del coeficiente de retrorreflexión obtenidos en determinados casos, parecen ser debidos a que el día anterior hubo condensación y formación de hielo. Estos procesos llevarían consigo un lavado en la señal, que arrastraría la suciedad de la misma, con la consiguiente mejora de su visibilidad. Un ejemplo lo encontramos el día 25 de enero de 1.993, señal n° 4.
8. Cuando tiene lugar la condensación y la formación de hielo, se ha observado que el lugar de la señal donde la retrorreflexión es mayor corresponde al punto 2, es decir a la zona donde en su parte posterior está el poste de sustentación. Este hecho se podría explicar teniendo en cuenta que la disipación de calor en la señal es más rápida en los laterales que en la parte del poste de sustentación, por lo que se originan menores condensaciones en principio en este lugar. A continuación, la película de agua se forma antes en los laterales que en la zona del poste de sustentación (punto 2), por lo que se invierten los valores de la retrorreflexión, mayores en los laterales que en el centro. No obstante, la introducción de

poliestireno expandido entre las chapas metálicas de la señal, confiere una uniformidad en los valores de la retrorreflexión (día 6 de febrero de 1.993, señal n° 3).

9. La disminución del coeficiente de retrorreflexión es mayor en un material retrorreflectante de nivel 2 que en el de nivel 1. No obstante como las láminas de nivel 2 inicialmente tienen unos valores muy elevados, en el momento en que se producen las condensaciones sus valores de retrorreflexión permiten en algunos casos una cierta visibilidad nocturna, que no existiría en materiales de nivel 1.
10. Se ha comprobado que la formación de condensaciones cuando se utilizan sustratos de aluminio, disminuye notablemente a primeras horas de la noche.
11. No se han observado variaciones apreciables entre las láminas retrorreflectantes utilizadas A y B, de distinta procedencia.
12. Las coordenadas cromáticas no se han visto sensiblemente afectadas por el fenómeno de las condensaciones, pero si el factor de luminancia, B, que se incrementa notablemente en los casos de hielo y condensación. El hecho de que las mencionadas coordenadas cromáticas no experimenten un cambio apro-

ciable, parece deberse a que los colores blanco, negro y gris se encuentran ubicados en la misma zona del diagrama cromático de la CIE. Sin embargo, el factor de luminancia y el coeficiente de retroreflexión son dos características ópticas que están relacionadas entre si de forma que, al incrementarse una de ellas, disminuye el valor de la otra.

13. Las señales se han evaluado durante sesenta días, de los cuales en el 60 % de los mismos se produjo condensación en las láminas de nivel 1 y en un 59% en las de nivel 2. La interposición de poliestireno expandido no ha mejorado, apreciablemente, la visibilidad nocturna.
14. Sería recomendable el uso de materiales retroreflectantes de elevado nivel de retroreflexión, en aquellos puntos donde las condiciones meteorológicas favorezcan la aparición de este fenómeno de condensaciones, pues si bien disminuye considerablemente la retroreflexión, en general permanece en unos valores que pueden ser todavía apreciables por el usuario de la carretera.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente (MOPT-MA), la ayuda recibida para la realización de este trabajo, sin la cual hubiera sido imposible llevarlo a cabo. Queremos hacer constar la colaboración y facilidades recibidas por parte de la Unidad de Carreteras de Soria, especialmente al Ingeniero Jefe D. Domingo T. Olivares Martínez. Asimismo, hacemos extensivo este agradecimiento a Señalizaciones Villar, por los materiales seleccionados y por la fabricación e instalación de las señales.

BIBLIOGRAFIA

1. BLANCO, M.; CASTILLO, F.; CUEVAS, A. y MONTERO, L.- "Efecto de las condensaciones en la visibilidad de las señales verticales de circulación".- Ing. Civil 89, 121-127 (1.993)

2. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F.- "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. I. Sustratos de chapa de acero".- Ing. Civil (en prensa)
3. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F.- "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. II. Sustratos de poliéster reforzado con fibra de vidrio".- Rev. Plast. Mod. (en prensa)
4. GALLIGO, J.M.; BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F.- "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. III. Sustratos de acero galvanizado".- Rev. Obras Públicas (en prensa)
5. UNE 135 310.- "Señales metálicas de circulación. Placas de acero galvanizado. Características y métodos de ensayo".- (1.991)
6. UNE 135 330.- "Señalización vertical. Señales retroreflectantes mediante láminas retroreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo".- (1.992)
7. CASTILLO, F. y BLANCO, M.- "Importancia de la medida del color en la seguridad vial".- Ing. Civil 76, 99-110 (1.990)
8. CASTILLO, F. y BLANCO, M.- "Problemática de la determinación del color en materiales retroreflectantes".- Ver y oír 47, 29-40 (1.990)
9. CASTILLO, F. y BLANCO, M.- "Importancia de la retroreflexión en la seguridad vial I. Visibilidad nocturna en la señalización vertical".- Ing. Civil 77, 3-10 (1.990)
10. UNE 135 350.- "Señalización vertical. Láminas retroreflectantes por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retroreflexión".- (1.992)
11. "Estudio de los fenómenos ópticos observados en los materiales retroreflectantes empleados en la señalización vertical y que afectan a su visibilidad".- Dirección Gral. de Carreteras. Clave TT- 041-91. Informes X al XVII. (1.993). ■