Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras Láminas de elevado nivel de retrorreflexión

AUTORES: **MANUEL BLANCO**
ANGEL CUEVAS
FRANCISCA CASTILLO

Este artículo presenta los resultados obtenidos en el estudio del efecto de las condensaciones sobre señales verticales de circulación instaladas en la carretera N-111 y constituidas por sustratos de aluminio y acero galvanizado con láminas retrorreflectantes de niveles 2. Se ha seguido su comportamiento durante dos meses y se han medido sus características ópticas cada cuatro horas a lo largo de la noche, durante el período de evaluación.

Un problema frecuentemente observado en nuestro país, fundamentalmente en época invernal, es la falta de visibilidad de las señales verticales de circulación en horas nocturnas. La condensación parece ser la responsable, pues se manifiesta como diminutas gotas esféricas que dan lugar a fenónemos óptimos indeseables. Su formación sobre materiales retrorreflectantes, cuya eficacia respecto a su reflexión depende de los haces de luz incidente, los reflecta, dispersándolos, y hace que su retrorreflexión disminuya. 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 Experimentación de Obras Públicas (CEDEX). En anteriores ocasiones se han dado a conocer partes parciales del trabajo, tales como el comportamiento de los distintos sustratos que pueden conformar una señal: chapa de hierro, poliéster, acero galvanizado y aluminio (1, 2, 3, 4, 5).

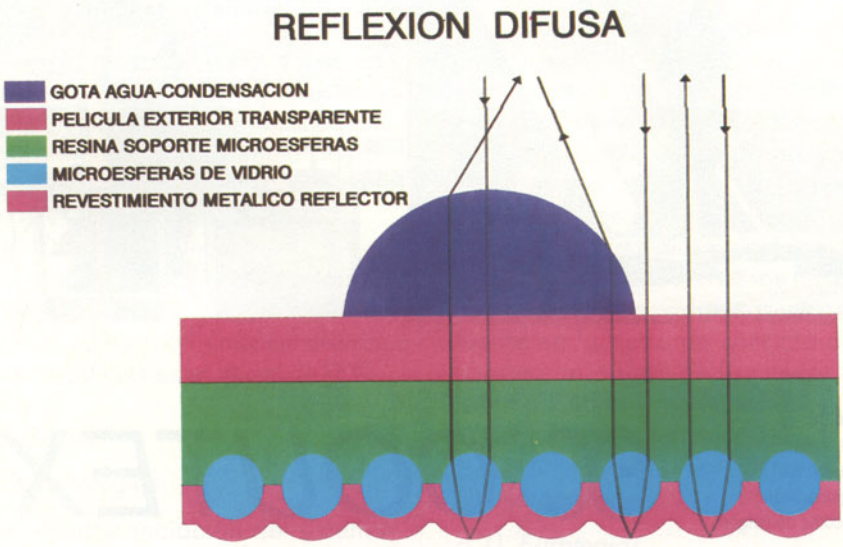

Figura 1. Efecto de las condensaciones sobre una lámina retrorreflectante empleada en la señalización vertical de carreteras.

1. MATERIALES

Para llevar a cabo el presente trabajo se han utilizado los sustratos anteriormente mencionados (5), que en algunos casos se emplearon a modo de «sandwich» con inserción de material aislante a base poliestireno expendido. La parte retrorreflectante, responsable de la visibilidad nocturna, se ha conseguido con láminas de elevado coeficiente de retrorreflexión, es decir de nivel 2, según la normativa vigente (6) y procedente de dos casas comerciales distintas. Las señales utilizadas en cuanto a su constitución, ubicación en la calzada y orientación se describe en la tabla I.

Con todo ello pretendió comprobar la influencia que tienen los sustratos, que conforman los panales donde van ubicadas las láminas retrorreflectantes, con la visibilidad de las señales durante los períodos de condensación.

TABLA I
Descripción de las señales de circulación

Señal Número	Sustrato	Origen	Situación	
			pp.kk.	Orientación
1	Chapa galvanizada	A	222,400	338° NO
2	Chapa galvanizada	B	222,400	338° NO
3	Chapa galvanizada/ poliestireno	B	221,600	155° SE
4	Chapa galvanizada/ poliestireno	A	221,600	155° SE
5	Aluminio	A	220,600	358° NO
6	Aluminio	B	220,600	358° NO
7	Aluminio/ Poliestireno	B	220,100	8° NE
8	Aluminio/ Poliestireno	A	220,100	8° NE

Las señales verticales de circulación ensayasas han sido de «Adelantamiento prohibido», R-305, de 90 cm de diámetro.

2. TRAMO DE ENSAYO

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.

3. EXPERIMENTAL

Una vez instaladas las señales de circulación, se determinaron sus características ópticas más importantes en condiciones normales, esto es sin condensaciones. Las propiedades medidas fueron aquellas que permitían determinar su visibilidad 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 1992 y febrero de 1993. Las medidas se realizaron cada cuatro horas, en períodos 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.

3.1. Condiciones meteorológicas

En cada ensayo se determinó la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad de viento, cielo cubierto o despejado, estado del tiempo (lluvia, nieve, niebla, hielos). Asimismo, se anotó la temperatura a cada lado del sustrato que conforma las señales.

La medida de la temperatura se realizó con un termómetro de infrarrojos. Cuando la diferencia entre los valores de 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.).

3.2. Aspecto

Se ha comprobado, visualmente, la aparición de manchas sobre las señales verticales de circulación y otros fenómenos ópticos que se producen a lo largo de los ensayos.

3.3. 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 portatil empleando un iluminante de la CIE estándar D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2.º (7,8).

3.4. Coeficiente de retrorreflexión

El coeficiente de retrorreflexión R', se determinó mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de divergencia, α, de 0,33º y ángulo de incidencia, β_1, de 5º (β_2 = 0º), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2856 K. (9,10).

3.4. Puntos de medida

La determinación de las propiedades ópticas de esta señal se han llevado a cabo en los tres puntos de las zonas señaladas en la figura 2.

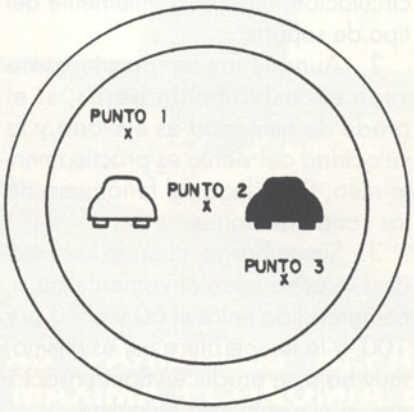

Figura 2. Zonas de medida en las señales.

4. RESULTADOS

4.1. 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.

4.2. Evaluaciones periódicas

Durante la totalidad de las noches en los sesenta días de ensayos correspondientes a los períodos noviembre-diciembre de 1992 y enero-febrero de 1993, se han obtenido una gran cantidad de datos experimentales (11) 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 II se presentan los porcentajes de medidas donde se han obervado condensaciones en los materiales ensayados.

5. CONCLUSIONES

El estudio e interpretación de los resultados obtenidos en las diversas medidas realizadas sobre las señales de circulación con sustratos de acero galvanizado y 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 circulación, independientemente del tipo de soporte.
2. Aunque las temperaturas no sean excesivamente bajas, si el grado de humedad es elevado y la velocidad del viento es prácticamente nula, tiene lugar el fenómeno de las condensaciones.
3. Sin embargo, cuando la humedad relativa es relativamente baja, comprendida entre el 60 y el 70 por 100, y la temperatura es, asimismo, muy baja se producen condensaciones, si el viento está en calma.
4. Se ha comprobado que la ausencia de viento incrementa, nota-

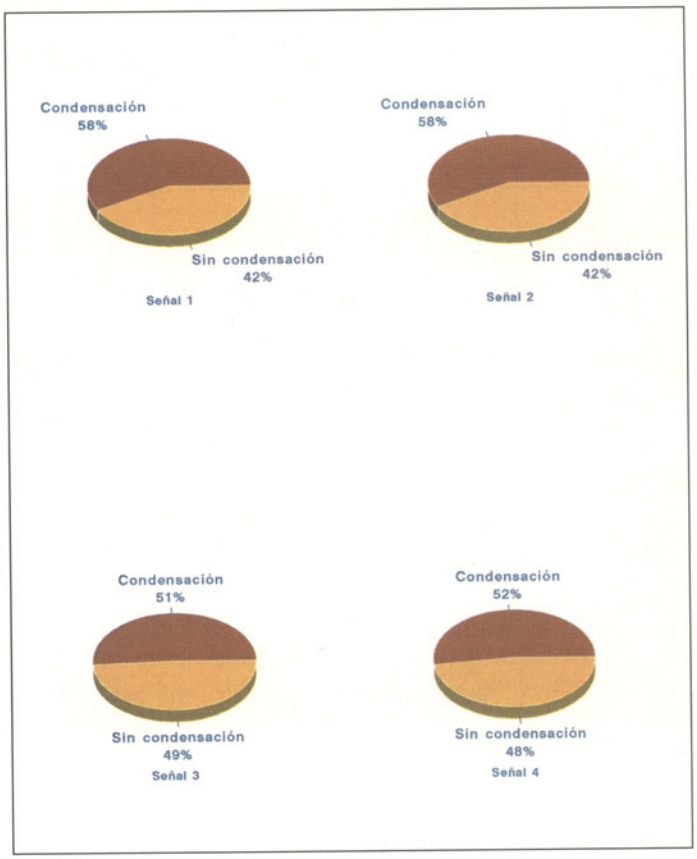

Figura 3. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de acero galvanizado.

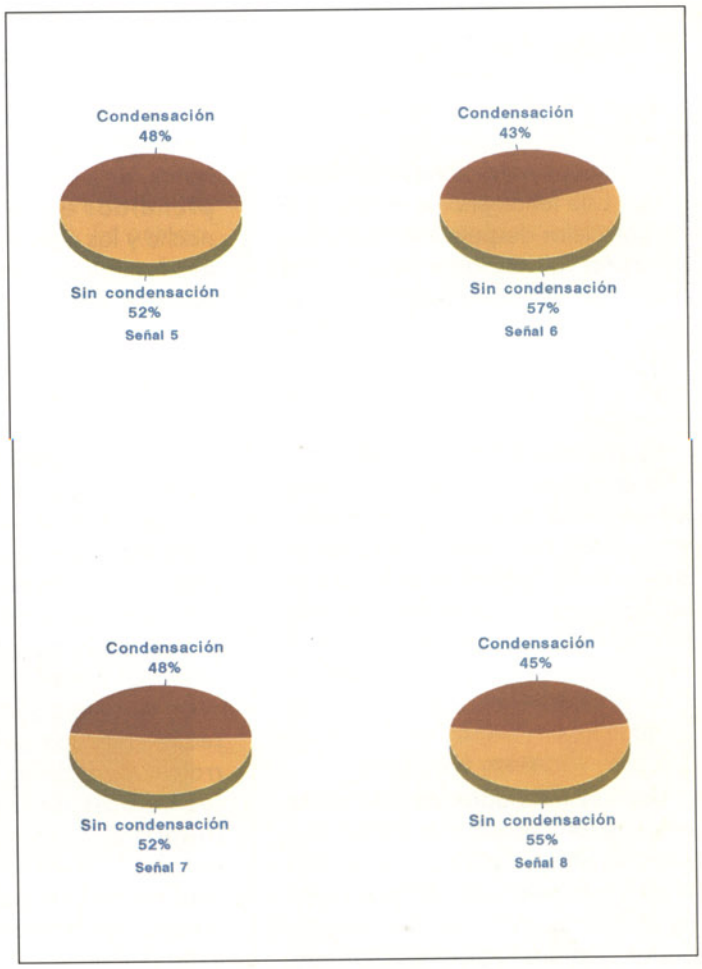

Figura 4. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de aluminio.

TABLA II

Porcentaje de medidas con condensaciones observadas en las señales de circulación ensayadas en el tramo experimental

Materiales Empleados	Señales Nº	Aparición de condensaciones, % en función de		Condesaciones en función de la hora de medida. % sobre el total de determinaciones		
		Días	Medidas realizadas	A	B	C
Chapa galvanizada	1 y 2	62	58	81	92	89
Chapa galvanizada/ poliestireno	3 y 4	62	52	57	86	87
Aluminio	5 y 6	59	45	52	80	89
Aluminio/poliestireno	7 y 8	59	46	51	83	88

blemente, la formación de condensaciones sobre la señal. Por el contrario, el viento tiende a eliminar las gotas de agua condensada; aparece una película de agua, más o menos contínua que eliminaría los procesos de difusión de los rayos luminosos que originarían la falta de visibilidad nocturna.

5. Cuando las condiciones meteorológicas son favorables para que se prozduzcan 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 1992. Hora A, señal n.º 8). En la sengunda 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 superficie de la señal, los valores de la retrorreflexión son muy bajos, con lo que la visibilidad nocturna de la señal es prácticamente nula.

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.

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 el 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 chaspas metálicas de la señal, confiere una uniformidad en los valores de la retrorreflexión.

9. La pérdida del coeficiente de retrorreflexión en un material retrorreflectante de nivel 2 es muy importante. 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 es ligeramente inferior con relación a los sustratos de chapa galvanizada, y disminuye notablemente la formación de condensaciones 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, β, que se incrementa notablemente, en los casos de condensación y hielo. El hecho de que las mencionadas coordenadas cromáticas no experimenten un cambio apreciable, parece deberse a que los colores blancos, negro y gris se encuentran ubicados en la misma zona del diagrama cromático de la CIE. Sin embargo, el factor de luminancia y el coefiente de retrorreflexión son dos características ópticas que están relacionadas de forma que al incrementarse una de ellas, disminuye el valor de la otra.

13. La interposición de poliestireno expandido no ha disminuido el número de días donde se han formado condensaciones.

14. Sería recomendable el uso de materiales retrorreflectantes de elevado nivel de retrorreflexión, en aquellos puntos donde las condiciones meteorológicas favorezcan la aparición de este fenómeno de condensaciones, pues sí bien disminuye considerablemente la retrorreflexión, en general permanece en unos valores que pueden ser todavía apreciables por el usuario de la carretera. Asimismo, y a juzgar por los resultados obtenidos, parece

aconsejable el empleo de sustratos de aluminio.

7. AGREDICIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a la Dirección General de Carreteras del MOPTMA, 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 a 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.

8. 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 (1993).

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. Blanco, M.; Cuevas, A. y Castillo, F. «Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. IV. Sustratos de aluminio». Carreteras (en prensa).

6. Une 135 330. «Señalización vertical. Señales retrorreflectantes mediante láminas retrorreflectantes con microesferas de vídrio. Características y métodos de ensayo». (1992).

7. Castillo, F. y Blanco, M. «Importancia de la medida del calor en la seguridad vial». Ing. Civil *76*, 99-110 (1990).

8. Castillo, F. y Blanco, M. «Problemática de la determinación del color en materiales retrorreflectantes». Ver y oir *47*, 29-40.

9. Castillo, F. y Blanco, M. «Importancia de la retrorreflexión en la seguridad vial I. Visibilidad nocturna en la señalización vertidal». Ing. Civil *77*, 3-10 (1990).

10. Une 135 35. «Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes por microesferas de vídrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retrorreflexión. (1992).

11. «Estudio de los fenómenos ópticos observados en los materiales retrorrefectantes empleados en la señalización vertical y que afectan a su visibilidad». Dirección Gral. de Carreteras. Clave TT-041-91. (1993).