Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras.

Influencia de los distintos parámetros que afectan a la visibilidad de una señal

MANUEL BLANCO (*)
ANGEL CUEVAS (**)
FRANCISCA CASTILLO (***)

RESUMEN Se presentan en este artículo 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, acero galvanizado, chapa de hierro y poliéster reforzado, y láminas retrorreflectantes de distintos niveles de retrorreflexión. 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 periodo de evaluación.

ROADS VERTICAL SIGNALIZATION. INFLUENCE OF THE DIFFERENT PARAMETERS THAT AFFECT TO THE VISIBILITY OF THE SIGNS

ABSTRACT *In this work, we show the results obtained in the study of the effects of dew on several vertical signs were installed in N-111 Road. They were formed by panels made up of galvanized steel, aluminium, steel plates and polyester and retroreflecting sheets of different levels of retroreflection. Their performance during two months were made. Measurements of the optical properties were made every four hours during periods from 9 p.m. to 9 a.m. along the evaluation.*

Palabras clave: Señalización; Carreteras; Visibilidad; Condensaciones.

1. INTRODUCCIÓN

Las señales verticales de circulación se ven afectadas, negativamente, por el fenómeno de las condensaciones. Las diminutas gotas de agua que se forman sobre las señales, debido a su forma esférica provocan la difusión de los rayos que inciden en las mismas y evitan el proceso de la retrorreflexión, responsable de la visibilidad nocturna (figura 1). Este problema se hace más patente en épocas invernales y en lugares de humedad abundante.

El efecto de las condensaciones sobre la visibilidad de las señales de circulación es un tema muy poco difundido por la bibliografía internacional, si bien en los últimos años las Administraciones de una serie de países, como Alemania, Dinamarca, Italia y Francia, han empezado a preocuparse por el tema y a iniciar las investigaciones pertinentes para paliar este problema de la falta de la visibilidad de las señales de circulación. De los trabajos anteriores, Dinamarca ha realizado pruebas durante 38 noches utilizando cuatro señales de circulación con sustratos de aluminio, la mitad de ellos pintados por su reverso. Las láminas retrorreflectantes fueron de niveles 1 y 2, así como la mitad de las mismas de nuevos materiales "anti-dew" (anticondensaciones). Los resultados a que han llegado con materiales retrorreflectantes convencionales estan en la línea de los aquí presentados (1), realizados paralela e independientemente.

El presente artículo pretende recopilar la información obtenida del amplio trabajo de investigación realizado por el Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, através de la Dirección General de Carreteras y del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX) (2, 3, 4, 5, 6, 7).

2. MATERIALES

Para llevar a cabo el presente trabajo se han utilizado como sustratos aluminio, acero galvanizado, chapa de hierro y

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

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

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

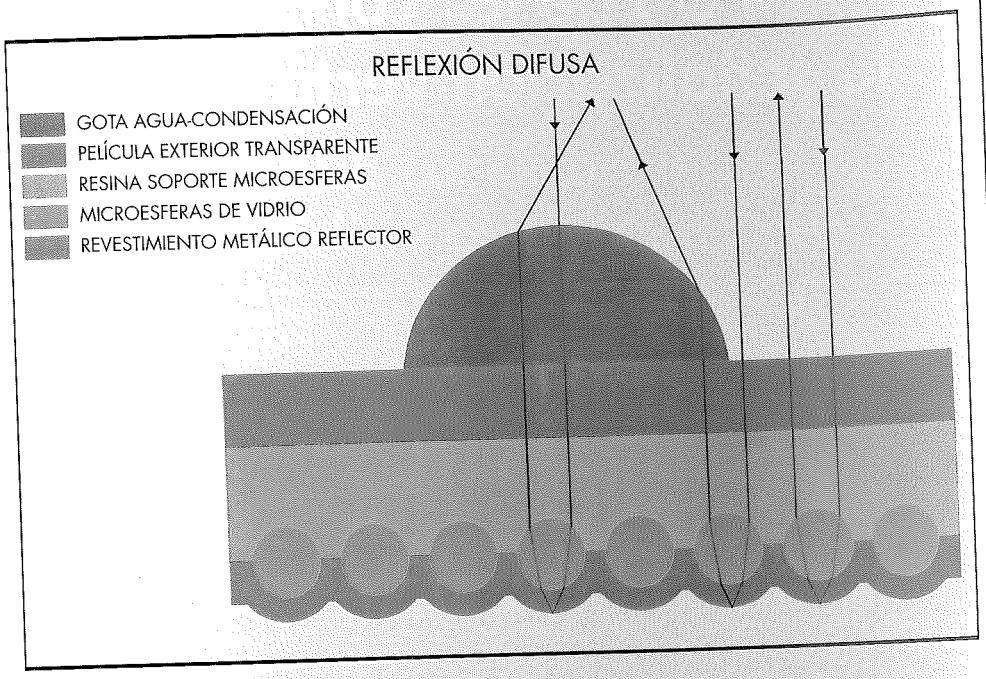

FIGURA 1. Efecto de las condensaciones sobre las señales retrorreflectantes.

Número	Sustrato	Lámina retrorreflectante			
		Nivel	Origen	pp.kk.	Orientación
1	Chapa galvanizada	1	A	223,010	44° NE
2	Chapa galvanizada	1	B	223,010	44° NE
3	Chapa galvanizada/poliestireno	1	B	222,600	182° SO
4	Chapa galvanizada/poliestireno	1	A	222,600	182° SO
5	Chapa galvanizada	2	A	222,400	338° NO
6	Chapa galvanizada	2	B	222,400	338° NO
7	Chapa galvanizada/poliestireno	2	B	221,600	155° SE
8	Chapa galvanizada/poliestireno	2	A	221,600	155° SE
9	Aluminio	1	A	221,550	335° NO
10	Aluminio	1	B	221,550	335° NO
11	Aluminio/poliestireno	1	B	220,700	188° SO
12	Aluminio/poliestireno	1	A	220,700	188° SO
13	Aluminio	2	A	220,600	358° NO
14	Aluminio	2	B	220,600	358° NO
15	Aluminio/poliestireno	2	B	220,100	8° NE
16	Aluminio/poliestireno	2	A	220,100	8° NE
17	Chapa de acero	1	B	218,650	195° SO
18	Chapa de acero/poliestireno	1	B	218,650	195° SO
19	Poliéster	1	B	217,450	352° NO
20	Poliéster	1	B	217,450	352° NO
21	Poliéster	1	A	216,850	190° SO
22	Poliéster	1	A	216,850	190° SO
23	Poliéster	1	B	215,250	202° SO
24	Poliéster	1	A	215,250	202° SO

TABLA I. Descripción de las señales de circulación.

poliéster reforzado, que en algunos casos se emplearon a modo de "sandwich" con inserción de material aislante a base poliestireno expandido. La parte retrorreflectante, responsable de la visibilidad nocturna, se ha conseguido con láminas de distintos niveles de retrorreflexión, 1 y 2 según la normativa vigente (8) y procedentes de dos casas comerciales distintas. Las señales utilizadas en cuanto a su constitución, ubicación en la calzada y orientación se describen en la tabla I.

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

Las señales verticales de circulación ensayadas han sido de "Adelantamiento prohibido", R-305, de 90 cm de diámetro.

3. TRAMO DE ENSAYO

El campo experimental elegido 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.

4. 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 aquéllas que permitían determinar su visibilidad diurna (factor de luminancia, ß y coordenadas cromáticas) y su visibilidad nocturna (coeficiente de retrorreflexión, R_L).

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 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.

4.1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS

En cada ensayo se determinó la temperatura ambiente, humedad relativa, velocidad del 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 era notable, en

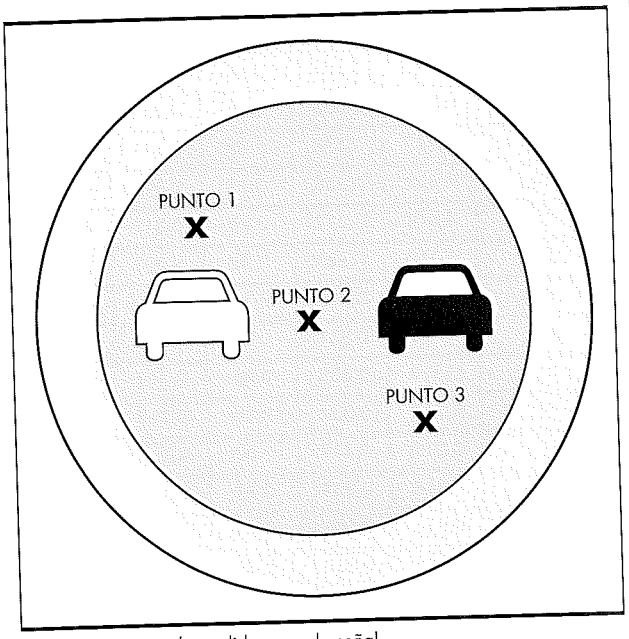

FIGURA 2. Zonas de medida en cada señal.

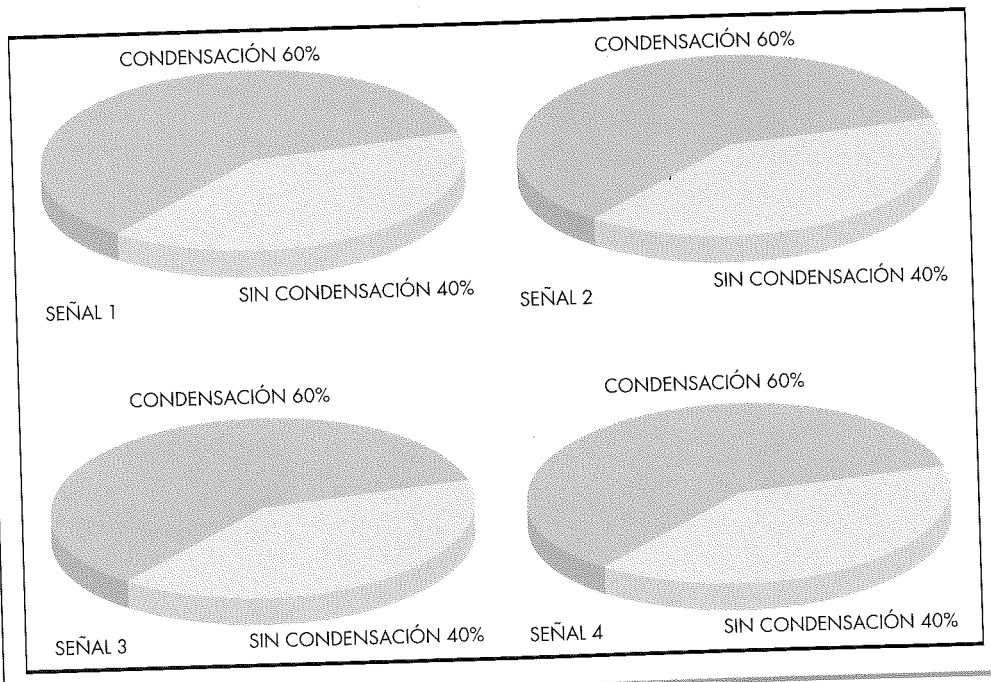

FIGURA 3. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de acero galvanizado y láminas de nivel 1 de retrorreflexión.

Señal nº	Zonas de medida								
	1			2			3		
	x	y	ß	x	y	ß	x	y	ß
1	0,318	0,339	0,42	0,318	0,339	0,43	0,318	0,339	0,43
2	0,319	0,340	0,45	0,318	0,339	0,47	0,318	0,338	0,47
3	0,317	0,319	0,40	0,317	0,338	0,40	0,316	0,338	0,41
4	0,318	0,338	0,41	0,317	0,337	0,43	0,316	0,336	0,43
5	0,313	0,333	0,32	0,312	0,332	0,32	0,312	0,332	0,32
6	0,310	0,328	0,33	0,310	0,328	0,33	0,310	0,328	0,34
7	0,310	0,328	0,34	0,310	0,328	0,34	0,310	0,328	0,34
8	0,312	0,332	0,31	0,312	0,328	0,31	0,312	0,332	0,32
9	0,316	0,337	0,44	0,316	0,337	0,44	0,316	0,337	0,44
10	0,313	0,333	0,46	0,312	0,332	0,47	0,313	0,332	0,46
11	0,317	0,338	0,43	0,317	0,338	0,43	0,317	0,337	0,44
12	0,317	0,338	0,39	0,317	0,338	0,38	0,317	0,339	0,38
13	0,313	0,332	0,29	0,312	0,332	0,30	0,313	0,333	0,30
14	0,310	0,328	0,32	0,309	0,328	0,33	0,309	0,328	0,33
15	0,312	0,328	0,31	0,310	0,328	0,31	0,309	0,328	0,32
16	0,312	0,331	0,29	0,312	0,331	0,30	0,312	0,331	0,30
17	0,312	0,333	0,41	0,312	0,332	0,42	0,312	0,332	0,43
18	0,315	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40	0,314	0,334	0,40
19	0,318	0,339	0,40	0,317	0,338	0,42	0,318	0,340	0,41
20	0,318	0,339	0,41	0,317	0,339	0,42	0,318	0,340	0,41
21	0,316	0,337	0,43	0,316	0,337	0,43	0,315	0,336	0,44
22	0,315	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,338	0,42
23	0,316	0,337	0,43	0,315	0,337	0,43	0,316	0,337	0,44
24	0,315	0,337	0,40	0,315	0,337	0,40	0,316	0,337	0,40

TABLA II. Coordenadas cromáticas y factor de luminancia.

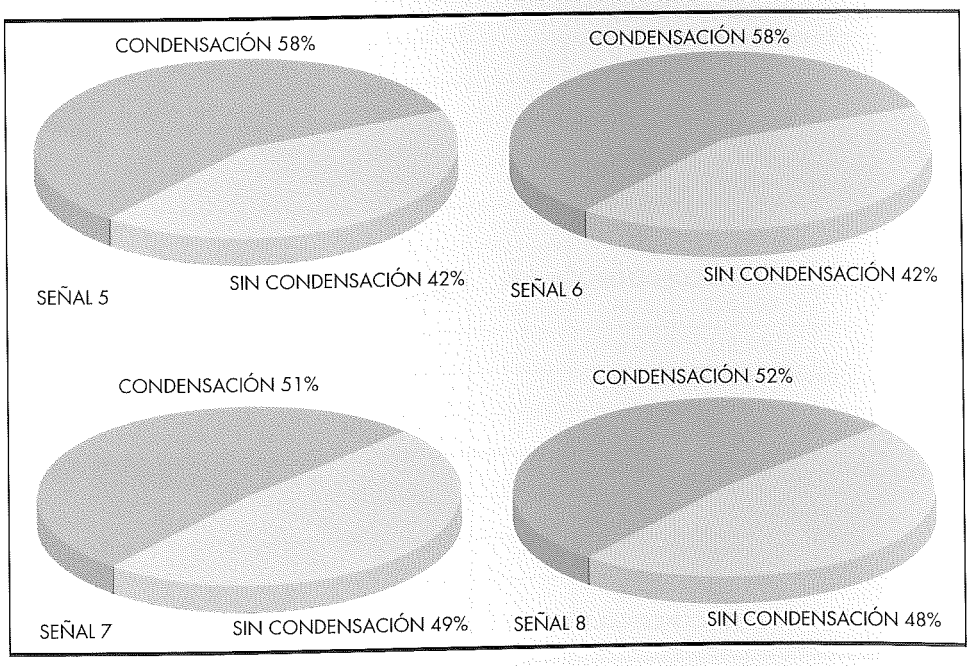

FIGURA 4. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de acero galvanizado y láminas de nivel 2 de retrorreflexión.

este último punto la medida de la temperatura se llevó a cabo con un termómetro de contacto (T.C.)

4.2. 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.

4.3. COLOR Y FACTOR DE LUMINANCIA

La determinación del color, mediante coordenadas cromáticas (x, y) y el factor de luminancia ß, se ha llevado a cabo con un espectrocolorímetro portátil empleando un iluminante de la CIE estándar D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2° (9,10).

4.4. COEFICIENTE DE RETRORREFLEXIÓN

El coeficiente de retrorreflexión R', se determinó mediante un retrorreflectómetro portátil con un ángulo de divergencia, α, de 0,33° y ángulo de incidencia, $ß_1$, de 5° ($ß_2$ = 0°), empleando un iluminante A de la CIE, cuya temperatura de color es de 2.856 K. (11, 12).

4.5. PUNTOS DE MEDIDA

La determinación de las propiedades ópticas se ha llevado a cabo en los tres puntos de las señales que aparecen en la figura 2.

5. RESULTADOS

5.1. EVALUACIONES DIURNAS

Los valores obtenidos de la visibilidad diurna (coordenadas cromáticas y factor de luminancia) y visibilidad nocturna (coeficiente de retrorreflexión) de las señales de circulación instaladas se indican, respectivamente, en las tablas II y III.

5.2. EVALUACIONES NOCTURNAS

Durante la totalidad de las noches en los sesenta días de ensayos correspondientes a los periodos noviembre-di-

Señal nº	Zonas de medida		
	1	2	3
1	85	86	89
2	65	86	74
3	75	78	62
4	86	82	84
5	245	240	244
6	267	279	270
7	263	269	273
8	250	243	232
9	68	78	83
10	68	76	73
11	78	88	78
12	85	83	83
13	243	245	236
14	220	206	205
15	208	215	215
16	241	230	230
17	117	126	131
18	94	99	119
19	73	66	72
20	71	62	72
21	82	78	73
22	91	86	87
23	69	59	60
24	94	94	99

TABLA III. Coeficiente de retrorreflexion (cd/lx.m²).

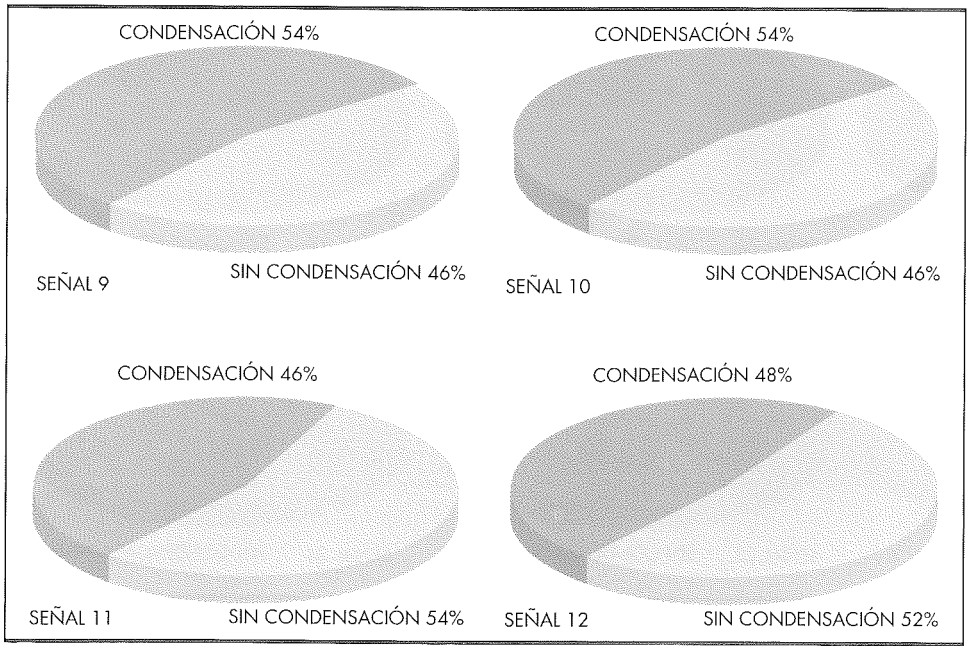

FIGURA 5. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de aluminio y láminas de nivel 1 de retrorreflexión.

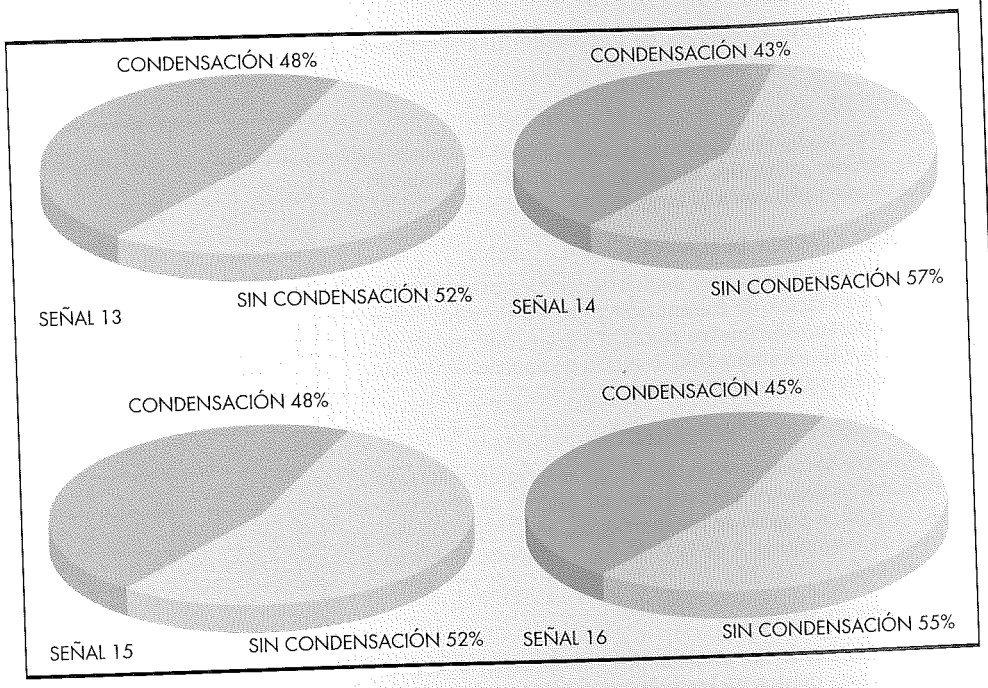

FIGURA 6. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de aluminio y láminas de nivel 2 de retrorreflexión.

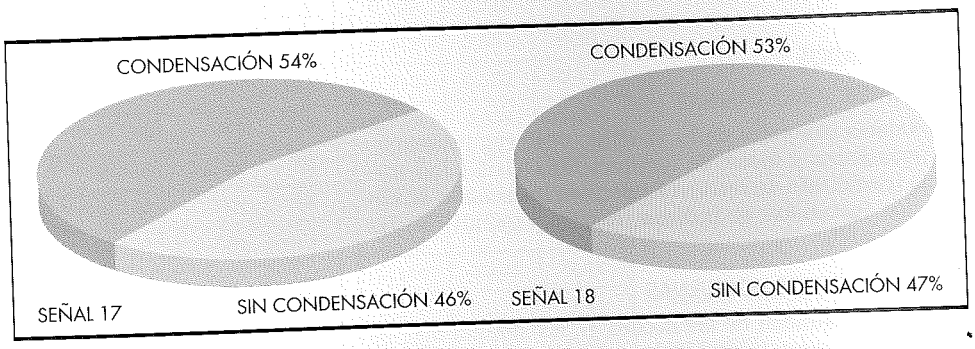

FIGURA 7. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de chapa de acero y láminas de nivel 1 de retrorreflexión.

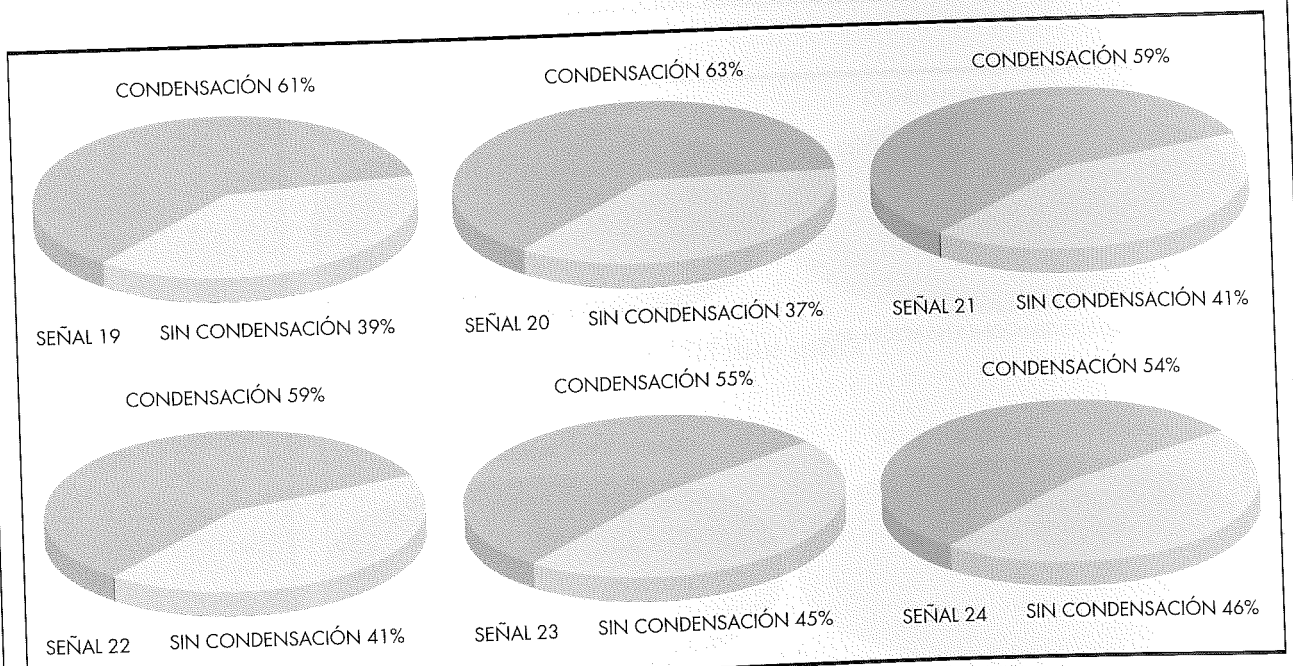

FIGURA 8. Condensaciones observadas en las señales con sustrato de poliéster y láminas de nivel 1 de retrorreflexión.

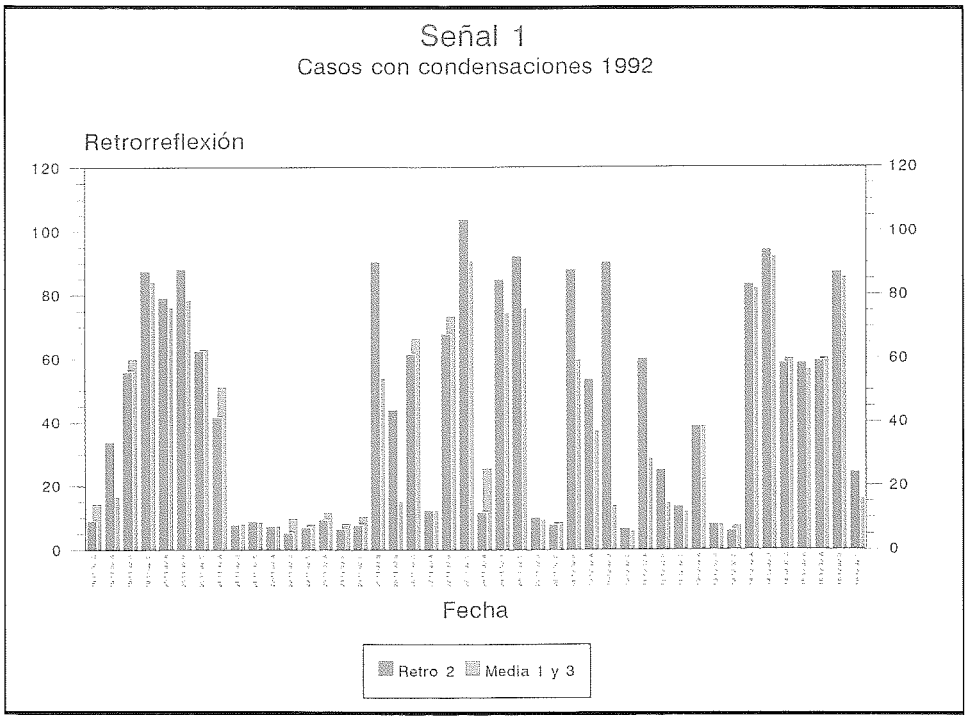

FIGURA 9. Valores del coeficiente de retrorreflexión obtenidos en las medidas realizadas en el año 1992 en la señal 1.

ciembre de 1992 y enero-febrero de 1993, se han obtenido una gran cantidad de datos experimentales (13) 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, 4, 5, 6, 7 y 8)

La figura 9 muestra los valores de la retrorreflexión alcanzados por la señal número 1 a lo largo de su evaluación en el año 1992, mientras que la figura 10 presenta los valores de su visibilidad nocturna a lo largo del periodo de ensayos de 1993. En la figura 11 se reflejan los resultados globales de las medidas realizadas.

Se ha comprobado que la temperatura es uno de los parámetros de mayor influencia en la formación de condensaciones. En la figura 12 se puede comprobar como a medida que se incrementa la temperatura, las condensaciones disminu-

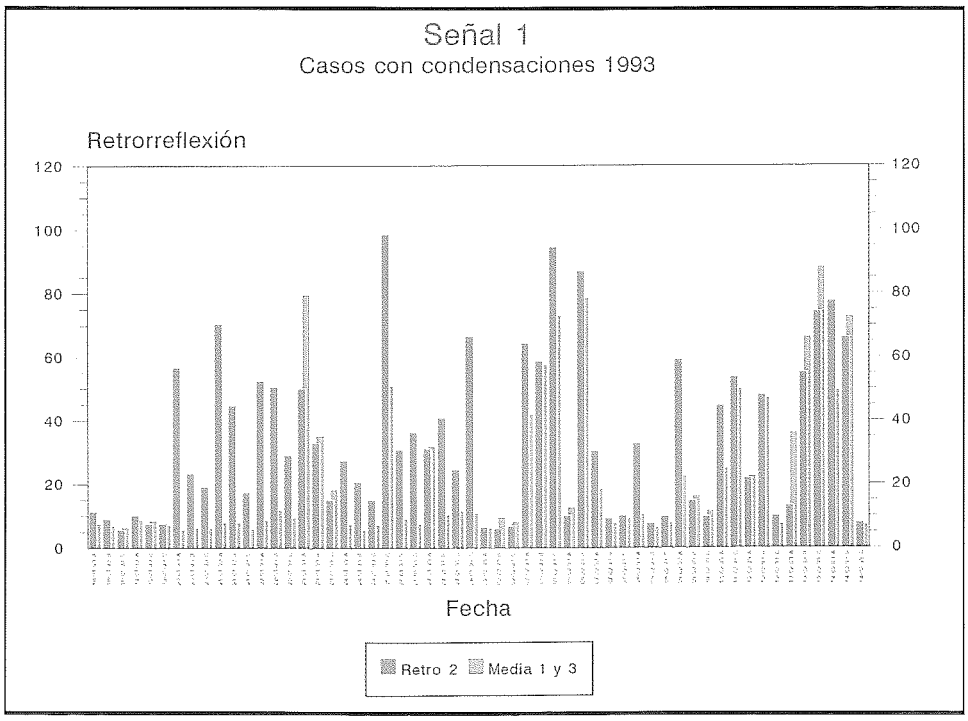

FIGURA 10. Valores del coeficiente de retrorreflexión obtenidos en las medidas realizadas en el año 1993 en la señal 1.

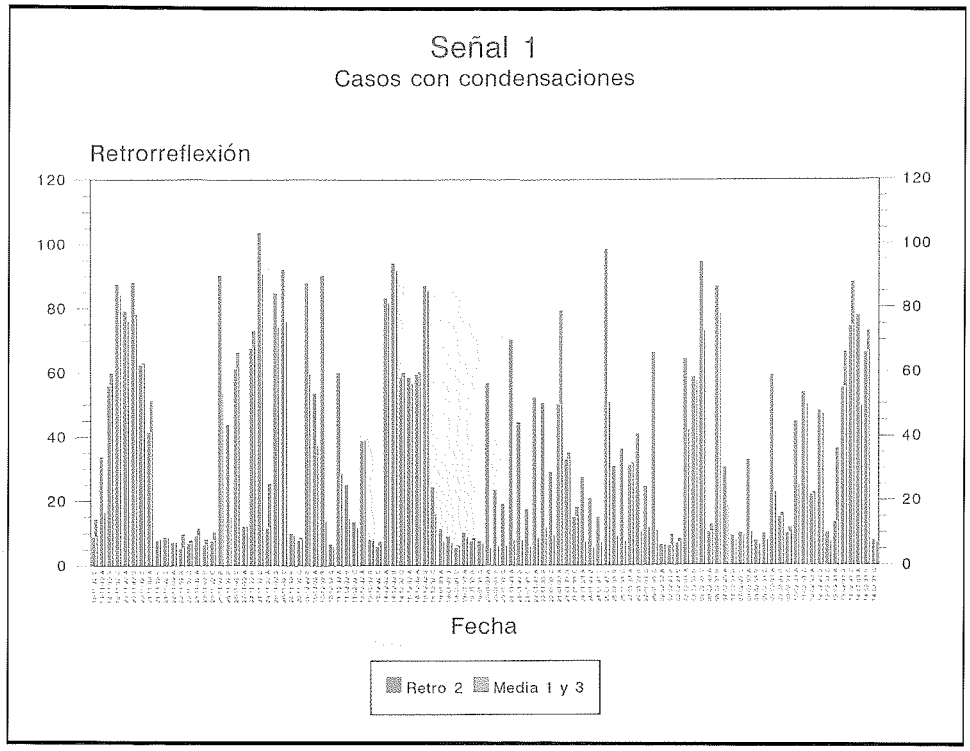

FIGURA 11. Valores del coeficiente de retrorreflexión obtenidos en las medidas realizadas a lo largo de los dos meses de inspección en la señal 1.

yen y por ello la visibilidad de la señal es mayor. Evidentemente, en las temperaturas inferiores a cero a parte de las condensaciones propiamente dichas hay que tener en cuenta la formación de hielo.

Otro factor fundamental en la formación de condensaciones es la humedad relativa, como se hace patente en la figura 13. Si conjugamos los dos factores anteriores (figura 14) se observa que el mayor número de casos con condensaciones se detecta a temperaturas próximas a los cero grados centígrados y a humedades entorno al 80%.

Los sustratos que soportan la lámina retrorreflectante, debidamente pintados por su reverso no significan

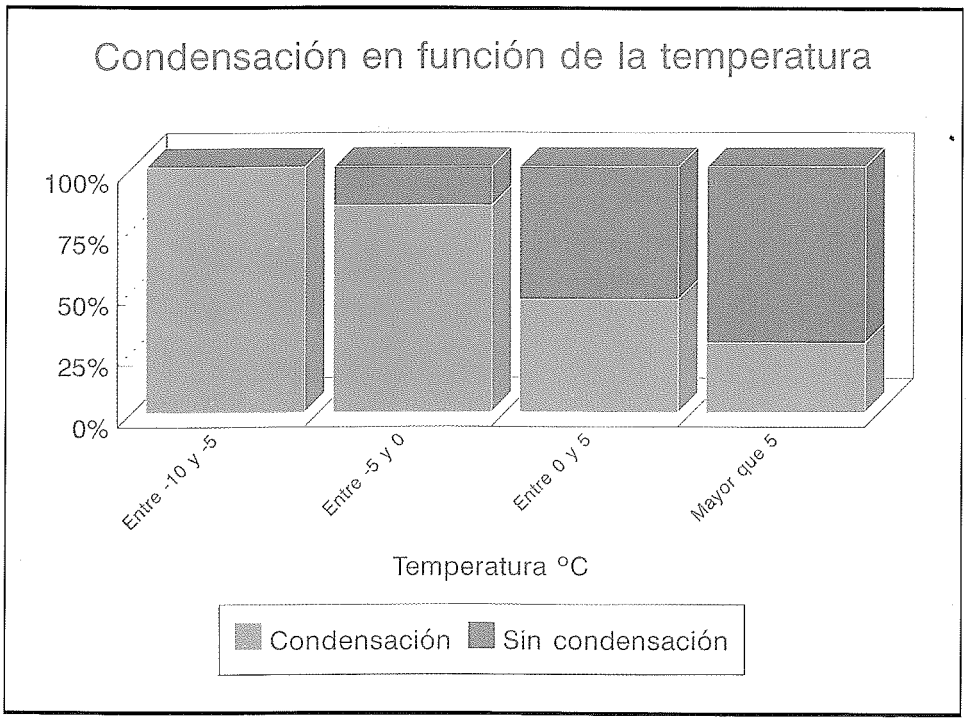

FIGURA 12. Influencia de la temperatura en la formación de condensaciones en las señales de circulación consideradas en el tramo experimental.

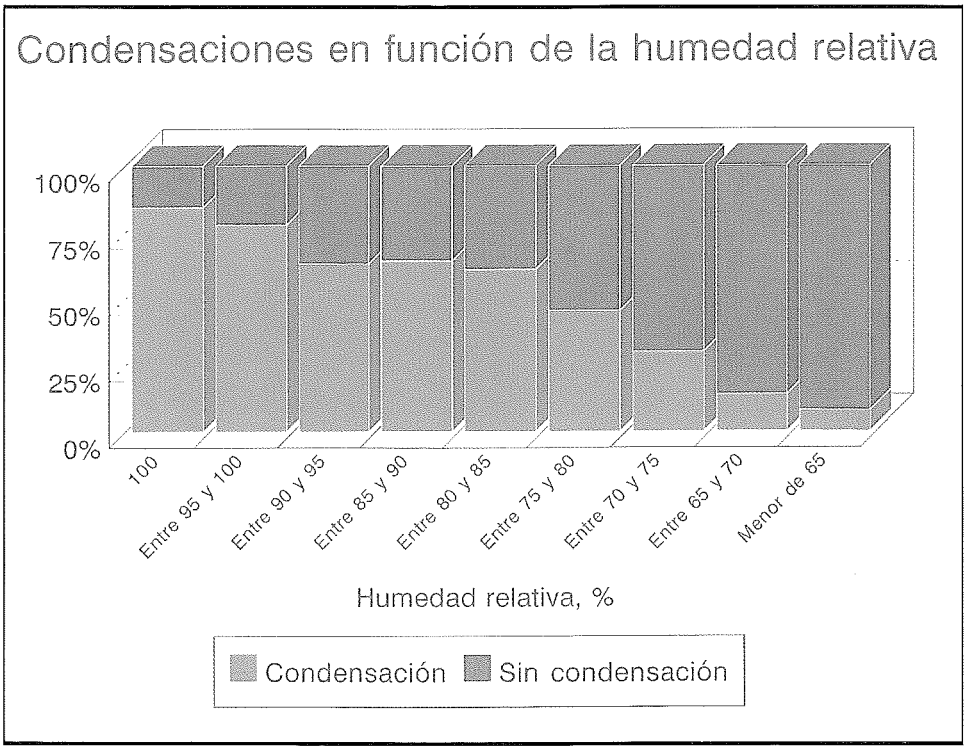

FIGURA 13. Influencia de la humedad relativa en la formación de condensaciones en las señales de circulación consideradas en el tramo experimental.

un factor primordial que afecte a la visibilidad de la señal, si bien según se aprecia en la figura 15 es el aluminio el que conduce a unos resultados más positivos. Asimismo, señales metálicas tipo "sandwich" con poliestireno expandido no representan notables mejoras, sobretodo si se tiene en cuenta lo que encarecería la fabricación de la misma.

Generalmente, a lo largo de la noche la formación de condensaciones va en aumento como se puede ver en la figura 16. En la figura 17 se presenta el mismo problema pero cuando la humedad relativa fue superior al 85%.

La figura 18 muestra los valores de la retrorreflexión del conjunto de las señales cuando hubo condensación, donde se puede observar que en un 10%, dichos valores superan el valor 100 cd/lx·m^2, por tanto se trata de señales de elevado nivel de retrorreflexión. Pero lo más destacable es que en un 67% de las veces el valor de la retrorreflexión es inferior a 50 cd/lx·m^2, o lo que es lo mismo su visibilidad nocturna es muy deficiente.

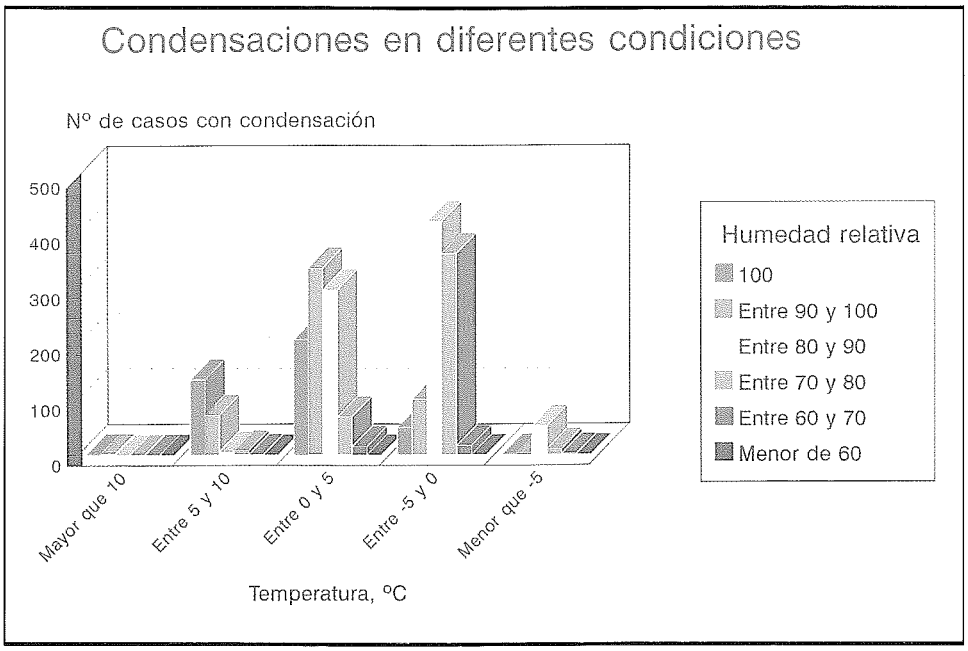

FIGURA 14. Influencia de la temperatura y humedad relativa en la formación de condensaciones en las señales de circulación consideradas en el tramo experimental.

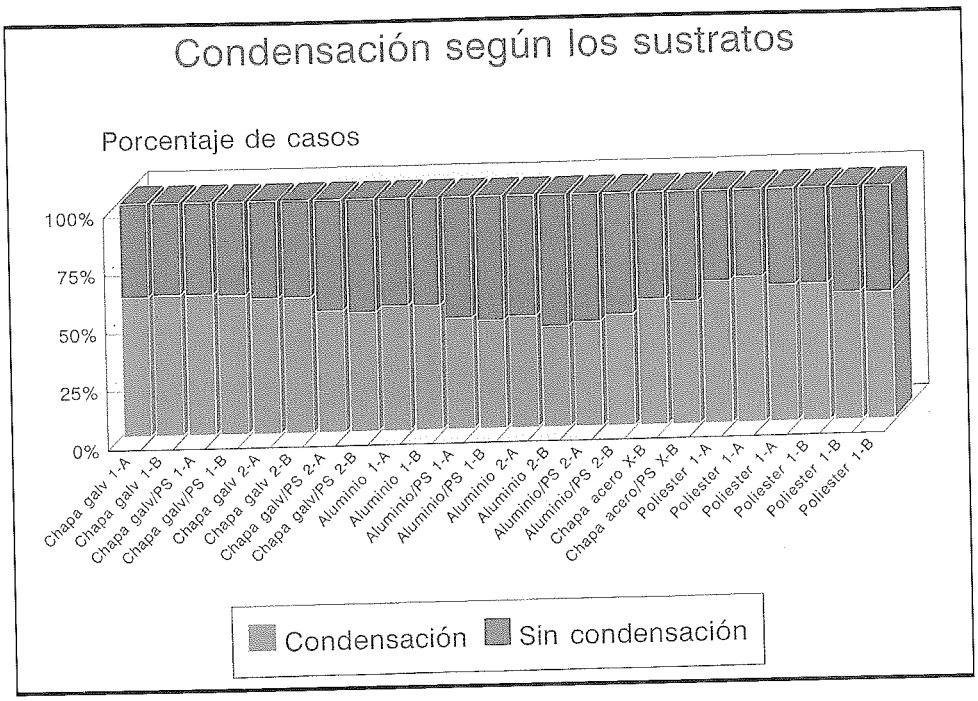

FIGURA 15. Influencia del sustrato en la formación de condensaciones en las señales de circulación consideradas en el tramo experimental.

En la tabla IV se presentan los porcentajes de medidas donde se han observado condensaciones en los materiales ensayados.

6. COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo se han obtenido del orden de 170.000 datos experimentales, a lo largo de los dos meses de evaluación. De ellos 73.000 han permitido la determinación de las coordenadas cromáticas y 37.000 el factor de luminancia, ß. Por otro lado, la visibilidad nocturna evaluada mediante el coeficiente de retrorreflexión se ha medido en 13.000 ocasiones. La humedad relativa y la velocidad del viento se ha medido 10.000 veces. Por último, la temperatura ambiente, la del sustrato por ambas caras y en los tres puntos de medida se ha determinado en 37.000 ocasiones.

Las anteriores medidas, realizadas sobre las señales confeccionadas con los distintos materiales, sustratos y láminas retrorreflectantes, han dado lugar a unos resultados experi-

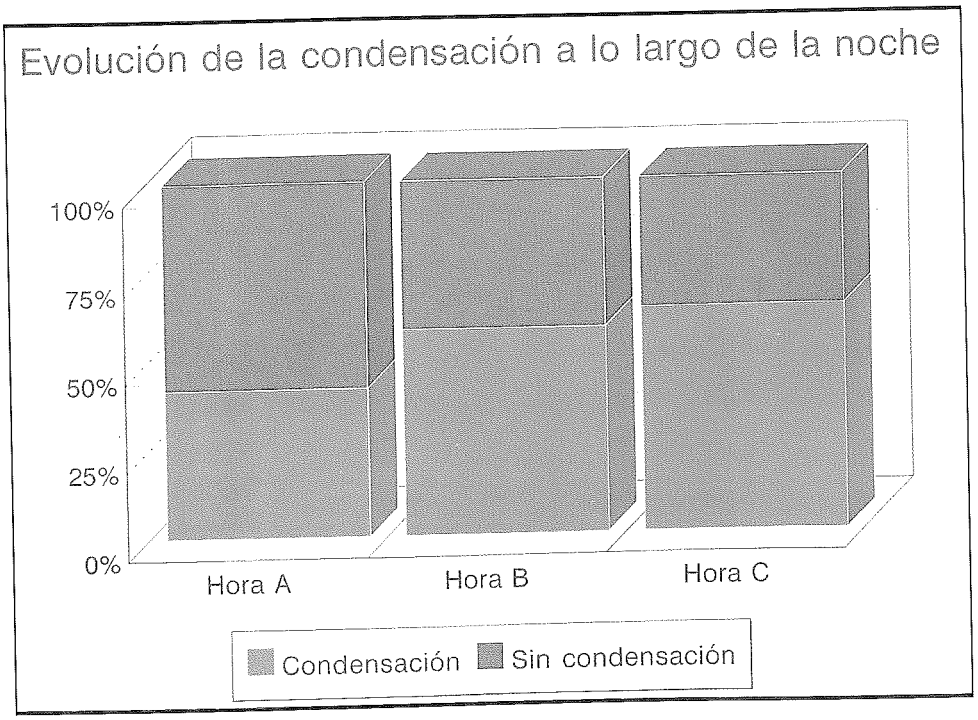

FIGURA 16. Evolución de la formación de condensaciones en las señales de circulación a lo largo de la noche.

Señal nº	Aparición de condensaciones, % en función de		Condensaciones en función de la hora de medida. % sobre el total de determinaciones		
	Días	Medidas realizadas	A	B	C
1-2	67	60	79	84	88
3-4	66	60	77	85	89
5-6	62	58	81	92	89
7-8	62	52	57	86	87
9-10	62	54	54	95	91
11-12	58	47	54	83	91
13-14	59	45	52	80	89
15-16	59	46	51	83	88
17	68	54	53	90	85
18	67	53	50	90	83
19-24	70	59	59	85	83

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

mentales, de cuyo análisis se pueden extraer los siguientes comentarios y conclusiones:

1. Las condiciones idóneas para que se produzcan condensaciones son: humedad relativa elevada, bajas temperaturas y viento en calma, independientemente del tipo de soporte.
2. Aunque las temperaturas no sean tan 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, si la humedad relativa es relativamente baja, comprendida entre el 60 y el 70 %, si la temperatura es, asimismo, muy baja y el viento está en calma se producen condensaciones.
4. Se ha comprobado que la ausencia de viento incrementa, notablemente, la formación de condensaciones sobre la señal. Por el contrario, el viento tiende a transformar las gotas de agua condensada, de tipo esférico, en una película más o menos contínua que eliminaría los procesos de difusión de los rayos luminosos que originarían la falta de visibilidad nocturna.

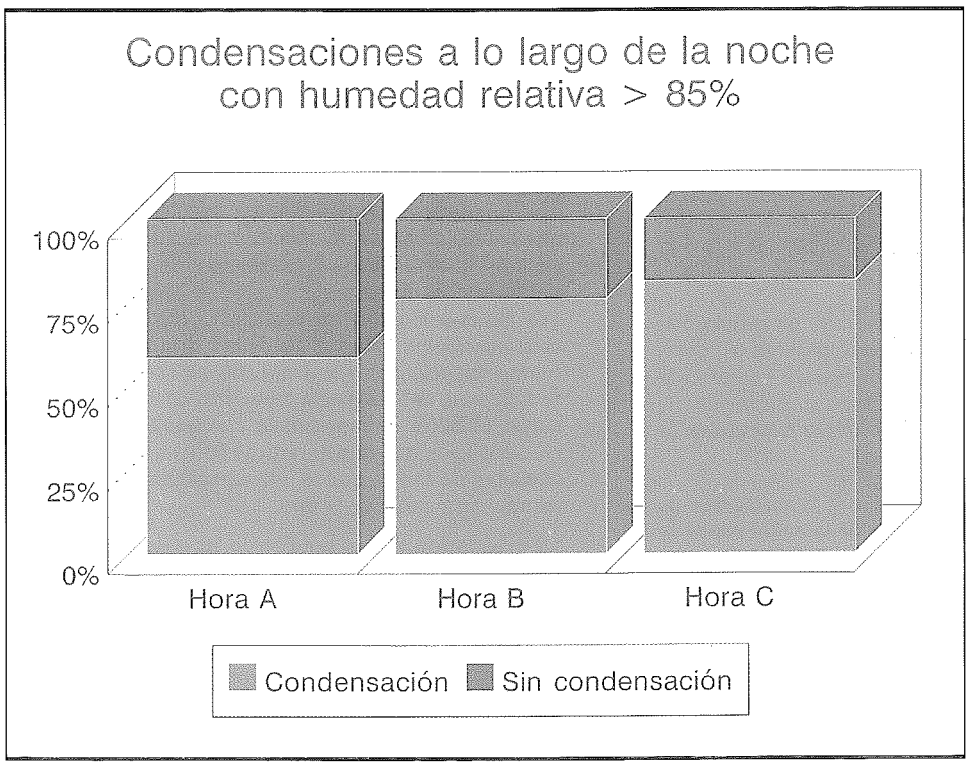

FIGURA 17. Evolución de la formación de condensaciones en las señales de circulación a lo largo de la noche, a humedades relativas al 85%.

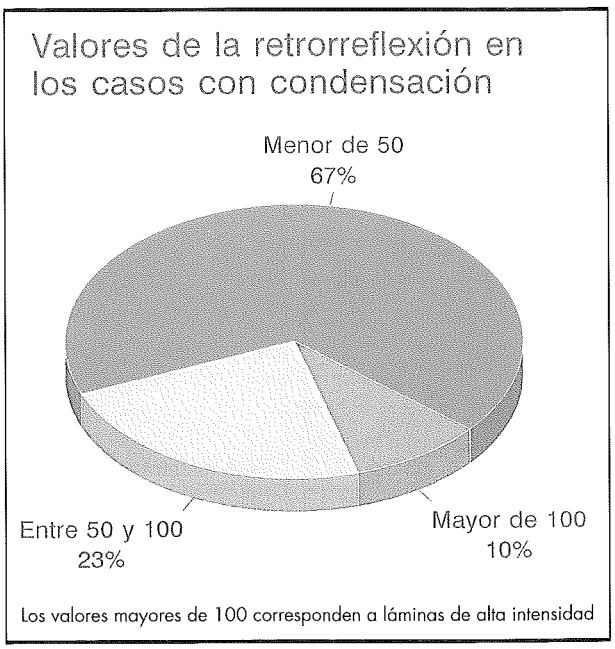

FIGURA 18. Valores del coeficiente de retrorreflexión en las señales de circulación, cuando presentaron el fenómeno de las condensaciones.

5. 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. Puede suceder que en la segunda medida (hora B) el coeficiente de retrorreflexión aumente, debido al proceso de formación de una película de agua, como consecuencia de la unión de las pequeñas gotas depositadas sobre la superficie, hecho que 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 de la señal, que arrastraría la suciedad de la misma, con la consiguiente mejora de la 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 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 mayor uniformidad en los valores de la retrorreflexión.

9. Se ha observado para los sustratos de poliéster un comportamiento diferenciado entre los puntos de medida 1 y 3 con relación al 2 (zona del poste de sustentación). A primera hora (hora A), la condensación tiene lugar en los puntos 1 y 3, mientras que en la zona del poste no se ha producido el fenómeno. En la hora B, la condensación se hace patente en toda la señal, siendo más importante en la zona del poste de sustentación, puesto que en los puntos 1 y 3, se está formando la película de agua, con lo que aumenta la retrorreflexión. En la hora de medida C, la retrorreflexión se incrementa, notablemente, en todos los puntos de medida, ya que la película de agua se ha generalizado en los tres puntos.

10. En las señales con sustratos metálicos suele observarse, con frecuencia, que cuando tiene lugar la condensación o la formación de hielo, 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.

11. Las medidas del coeficiente de retrorreflexión efectuadas durante los dos meses de evaluación han sido 4.036 en cada uno de los puntos considerados de la señal, detectándose condensaciones en 2.181 ocasiones, esto representa el 54% de los casos.

12. La hora de medida influyó en la aparición del fenómeno. Así a primera hora de la noche (hora de medida A) se produjeron condensaciones en 581 ocasiones, lo que representa un 27%; mientras que a la hora de medida B las condensaciones tuvieron lugar en 797 casos (36%) y en la hora de medida C las condensaciones se detectaron 803 veces (37%).

13. Con relación a la totalidad de las medidas efectuadas el 46% de las veces no se detectaron condensaciones, en un 14% se observaron condensaciones en la primera hora de medida, un 20% en la segunda y, asimismo, otro 20% en la tercera hora de evaluación.

14. Las coordenadas cromáticas no se han visto sensiblemente afectadas por el fenómeno de las condensaciones, en cambio el factor de luminancia se ha incrementado notablemente en los casos de condensación con hielo. El que las coordenadas cromáticas no hayan experimentado un cambio notable, puede ser debido a que en los colores blanco, gris y negro, éstas se encuentran en la misma zona del diagrama cromático de la CIE. Sin embargo, el factor de luminancia y el coeficiente de retrorreflexión son dos características ópticas que están relacionadas de forma que al incrementarse una de ellas, disminuye el valor de la otra.

15. La orientación de las señales no ha sido determinante para la formación de las condensaciones, si bien, en algunos casos se ha detectado que las situadas en dirección noroeste se ven en este estudio, más afectadas que las ubicadas en dirección suroeste.

16. La introducción de un relleno de poliestireno entre dos placas metálicas, disminuye ligeramente la formación de condensaciones, fundamentalmente a primera hora

de la noche. No obstante, esta pequeña mejora consideramos que no justificaría su empleo, debido al coste que representaría este sustrato "tipo sandwich".

17. Se ha comprobado que en las señales cuyo material retrorreflectante es de nivel 2, el fenómeno de las condensaciones se produjo en un menor número de ocasiones. La disminución del coeficiente de retrorreflexión es más importante en el nivel 2 que en el nivel 1, no obstante el valor de esa característica en el nivel 2 puede ser aceptable y ser visible al usuario, lo que no ocurriría en las mismas condiciones utilizando una lámina de nivel 1, que sería inaceptable.

18. La variación detectada con relación al comportamiento de las láminas retrorreflectantes del mismo nivel, procedentes de las distintas casas comerciales, no ha sido significativa.

19. El comportamiento de los sustratos empleados en la señal con relación a la formación de condensaciones no ha sido muy diferenciado. No obstante, en este trabajo el material que condujo a mejores resultados ha sido el aluminio.

20. De todas las señales utilizadas, las que han tenido un comportamiento mejor frente a la formación de condensaciones son las que utilizaban como sustrato aluminio y como material retrorreflectante nivel 2. Teniendo esto en cuenta, parece aconsejable el empleo de sustratos de aluminio con láminas de nivel 2 de retrorreflexión.

21. Finalmente, sería conveniente seguir las investigaciones en este campo de trabajo debido al peligro que supone para el usuario de la carretera la falta de visibilidad nocturna. Por ello, sería aconsejable abordar un nuevo trabajo, donde se diese entrada a nuevos materiales, que si bien no eliminarían totalmente la aparición de condensaciones, lo cual es díficil, si al menos las reducirían a un mínimo, con la consiguiente mejora en la seguridad vial.

7. AGRADECIMIENTOS

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 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.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. JENSEN, J. J.; SORENSEN, K. y PEDERSEN, H. "Dew on Road Signs". Lys & Optik, Note nº 29, (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 94, 21-28 (1994).
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. 68 (459), 246-251 (1994).
4. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. III. Sustratos de acero galvanizado". Ingeniería Civil 101, 67-72 (1996).
5. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. IV. Sustratos de aluminio". Carreteras 73, 110-117 (1994).
6. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. V. Láminas de elevado nivel de retrorreflexión". Cimbra 297, 20-25 (1994).
7. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. VI. Láminas de bajo nivel de retrorreflexión". Ing. Civil 95, 41-46 (1994).
8. UNE 135 330. "Señalización vertical. Señales retrorreflectantes mediante láminas retrorreflectantes con microesferas de vidrio. Características y métodos de ensayo". (1992).
9. CASTILLO, F. y BLANCO, M. "Importancia de la medida del color en la seguridad vial". Ing. Civil 76, 99-110 (1990).
10. CASTILLO, F. y BLANCO, M. "Problemática de la determinación del color en materiales retrorreflectantes". Ver y oir 47, 29-40 (1990).
11. CASTILLO, F. y BLANCO, M. "Importancia de la retrorreflexión en la seguridad vial I. Visibilidad nocturna en la señalización vertical". Ing. Civil 77, 3-10 (1990).
12. UNE 135 350. "Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retrorreflexión. (1992).
13. "Estudio de los fenómenos ópticos observados en los materiales retrorreflectantes empleados en la señalización vertical y que afectan a su visibilidad". Dirección Gral. de Carreteras. Clave TT-041-91. Informes II al XXV. (1993).