

Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras III. Sustratos de acero galvanizado

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 acero galvanizado y láminas retrorreflectantes de niveles 1 y 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 periodo de evaluación.

EFFECTS OF DEW ON ROADS VERTICAL SIGNALIZATION III. SUPPORTS OF GALVANIZED STEEL

ABSTRACT In this paper, it is presented the results obtained in the study of the effects of dew on vertical signs, that they were installed in N-111 Road. They were formed by panels made up of galvanized steel and retroreflecting sheets of levels 1 and 2 of retroreflection. Their performance during two months were followed. Measurements of the optical properties were made every four hours along the nights during the period of evaluation.

Palabras clave: Señalización vertical; Carreteras; Acero galvanizado; Condensación; Carretera N-111; Láminas retrorreflectantes; Características ópticas.

1. INTRODUCCIÓN

La falta de visibilidad de las señales verticales de circulación en horas nocturnas es un problema que afecta a nuestras carreteras. 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 gran tensión superficial del agua, la condensación aparece como diminutas gotas esféricas que dan lugar a fenómenos ópticos indeseables. Su formación sobre los materiales retrorreflectantes, afectan de forma negativa al fenómeno de la retrorreflexión.

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), del que ya CIMBRA

trató en un anterior artículo (1). Otras revistas especializadas han sido las encargadas de dar a conocer otros aspectos del mismo (2, 3, 4). El tema es objeto de estudio en diversos países del mundo y los recientes resultados obtenidos en Dinamarca están en la misma línea que el reflejado en este trabajo (5).

2. MATERIALES

Para llevar a cabo el presente trabajo se han utilizado sustratos de chapa galvanizada (6, 7), que en algunos casos se emplearon a modo de "sandwich" con inserción de material aislante a base de poliestireno expandido. La parte retrorreflectante, responsable de la visibilidad nocturna, se ha conseguido con láminas de dos niveles de retrorreflexión (8) y de dos casas comerciales diferentes. 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 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 90 cm de diámetro.

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

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

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

TABLA I. Descripción de las señales de circulación.

Señal Número	Sustrato	Lámina retroreflectante		Situación	
		Nivel	Origen	p.k.	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

3. TRAMO DE ENSAYO

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

4. 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 aquellas que permitían determinar su visibilidad diurna (factor de luminancia, B y coordenadas cromáticas) y su visibilidad nocturna (coeficiente de retroreflexión, 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 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 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 valores de los puntos 1 ó 3 (figura 1), con relación al 2 es notable, en este último 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 β , se ha llevado a cabo con un espectrofotómetro portátil empleando un iluminante patrón de la CIE D65, con una geometría 45/0 y con un observador patrón de 2°, (9, 10)

4.4. COEFICIENTE DE RETORREFLEXIÓN

El coeficiente de retroreflexión R' , se determinó mediante un retroreflectómetro 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 (11, 12).

4.5. 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 1.

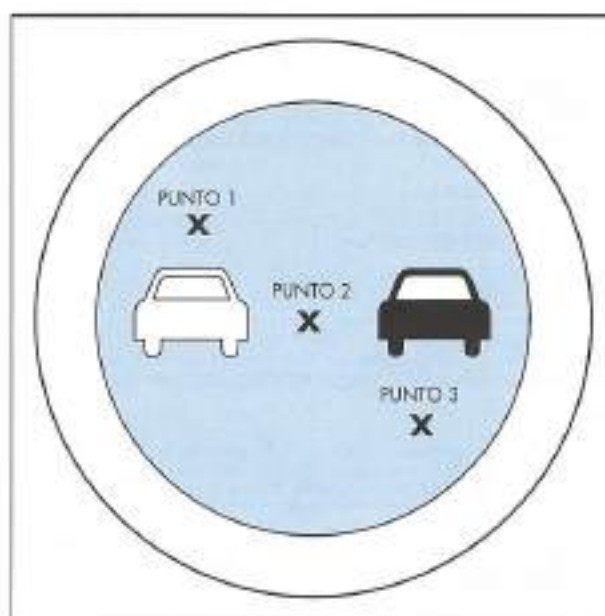


FIGURA 1. Zonas de medida en cada señal.

Señal nº	Zonas de medida								
	1			2			3		
	x	y	B	x	y	B	x	y	B
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

TABLA II. Coordenadas cromáticas y factor de luminancia.

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

TABLA III. Coeficiente de retrorreflexión ($cd/b.m^2$).

5. RESULTADOS

5.1. 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 II y III.

5.2. EVALUACIONES PERIÓDICAS

Durante la totalidad de las noches en los sesenta días de inspección y correspondientes a los periodos noviembre-diciembre de 1992 y enero-febrero de 1993, se han obtenido una gran cantidad de datos experimentales (12) 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 2 y 3).

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

6. CONCLUSIONES

El estudio e interpretación de los resultados obtenidos en las diversas medidas realizadas sobre las señales de circulación con sustrato de chapa de acero galvanizado permiten destacar los siguientes puntos:

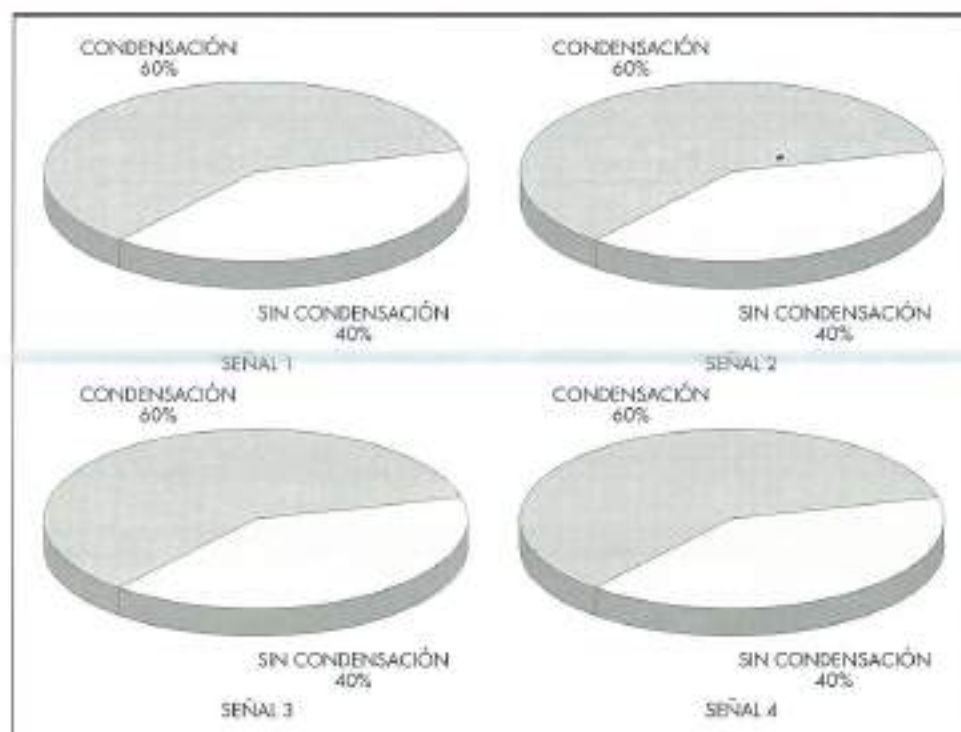
1. Una elevada humedad relativa, bajas temperaturas y viento en calma, favorecen la formación de condensaciones sobre las señales de chapa de acero galvanizado como sustrato, tal es el caso de las determinaciones realizadas el día 21 de noviembre de 1992.

MATERIALES EMPLEADOS	SEÑALES 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
Chapa galvanizada/R1	1 y 2	67	60	79	84	88
Chapa galvanizada/poliéstereno/R1	3 y 4	66	60	77	85	89
Chapa galvanizada/R2	5 y 6	62	58	81	92	89
Chapa galvanizada/poliéstereno/R2	7 y 8	62	52	57	86	87

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

TABLA IV. Porcentaje de medidas con aparición de condensaciones en las señales de circulación inspeccionadas en el tramo experimental.

FIGURA 2. Condensaciones observadas en las señales de chapa galvanizada, con lámina retrorreflectante de nivel 1.



- 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 8 el día 20 de noviembre de 1992, hora de medida A (primera hora de la noche).
- 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 19 de enero de 1993, hora de 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, 84% de humedad relativa y temperaturas de 4,1° C, una velocidad del viento de 10 km/h impide este fenómeno. (Día 30 de enero de 1993, 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 10 de febrero de 1993. Hora A, señal n° 2). 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.

- 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 bajos, con lo que la visibilidad nocturna de la señal desciende considerablemente. Tal es el caso del día 7 de febrero de 1993, señal n° 4.
- 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 15 de febrero de 1993, señal n° 6.
- 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 24 de enero de 1993, señal n° 5).
- La disminución del coeficiente de retrorreflexión es mayor en materiales retrorreflectantes de nivel 2 que en los de nivel 1. No obstante, como las láminas de nivel 2 inicialmente tienen unos valores muy elevados, en el

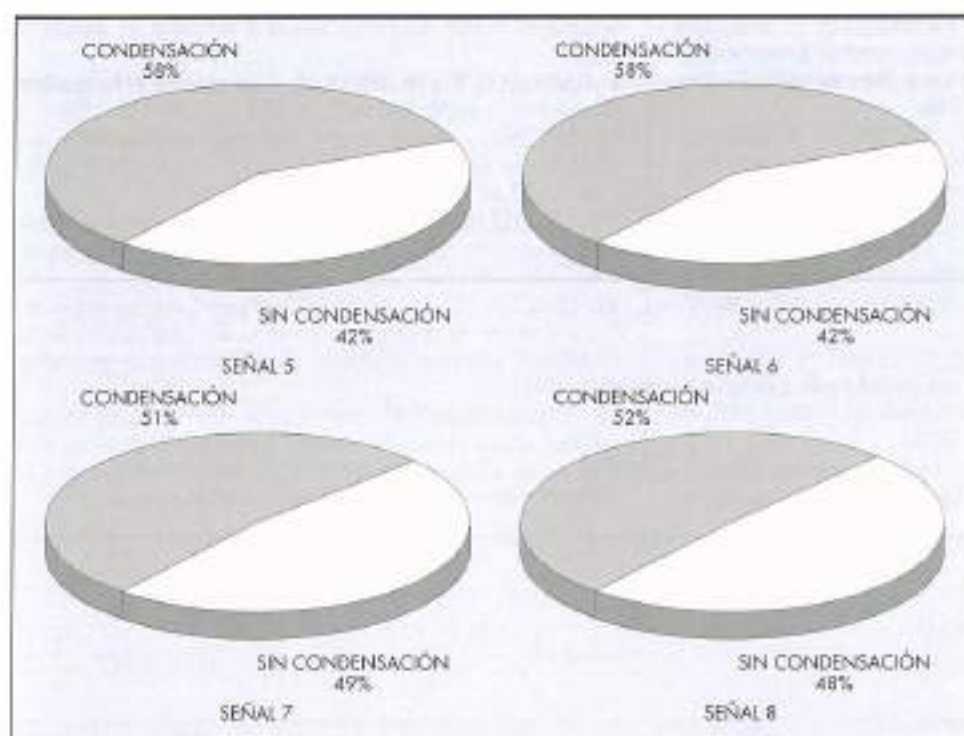


FIGURA 3. Condensaciones observadas en las señales de chapa galvanizada, con lámina retrorreflectante de nivel 2.

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 es un proceso más lento en los casos que llevan la inserción de poliestireno expandido, probablemente debido a que la disipación de calor es menor en presencia de este material aislante.
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 sí 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 apreciable, 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 retrorreflexión son dos características ópticas que están relacionadas entre sí 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 67 % de los mismos se produjo condensación en las láminas de nivel 1 y en un 62% en las de nivel 2. El comportamiento de los materiales retrorreflectantes de alto coeficiente de retrorreflexión han sido mejor que los de baja intensidad retrorreflexiva. La interposición de poliestireno expandido ha mejorado la visibilidad nocturna, fundamentalmente, en las observaciones realizadas en la hora A, esto es, a

primera hora de la noche. No obstante, la mejora proporcionada no parece ser lo suficientemente importante si se tiene en cuenta el encarecimiento que conlleva.

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 si bien disminuye considerablemente el coeficiente de retrorreflexión, en general permanece en unos valores que pueden ser todavía apreciables por el usuario de la carretera.

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. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. Láminas de elevado nivel de retrorreflexión".- *Cimbra* 297, 20-25 (1994).
2. BLANCO, M.; CUEVAS, A. y CASTILLO, F. "Efecto de las condensaciones en la señalización vertical de carreteras. 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. 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. Sustratos de aluminio".- *Carreteras* 73, 110-117 (1994).
5. JENSEN, J. J.; SORENSEN, K. y PEDERSEN, H. "Dew on Road Signs".- *Lys & Optik, Note n° 29* (1993).
6. UNE 135 310. "Señales metálicas de circulación. Placas de acero galvanizado. Características y métodos de ensayo". (1991).
7. ORTEGA, J. J.; BLANCO, M. y CUEVAS, A. "Estado de los sistemas de protección con pintura del acero galvanizado como soporte de las señales verticales de tráfico". *Rev. de Obras Públicas*, 3207, 667-675 (1982).
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 oír* 47, 29-40 (1990).
11. 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 (1990).
12. UNE 135 350. "Señalización vertical. Láminas retrorreflectantes por microesferas de vidrio. Determinación de la visibilidad nocturna mediante el coeficiente de retroreflexión". (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 IX. (1993).

NBE-EA 95 NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN

La Subdirección General de Normativa y Tecnología de la Edificación ha refundido las 10 normas básicas referentes a estructuras de acero, vigentes hasta este momento:

- | | |
|-----------------|---|
| NBE MV 102-1975 | Acero laminado para estructuras de edificación. |
| NBE MV 103-1972 | Cálculo de estructuras de acero laminado en edificación. |
| NBE MV 104-1966 | Ejecución de las estructuras de acero laminado en la edificación. |
| NBE MV 105-1967 | Roblones de acero. |
| NBE MV 106-1968 | Tornillos ordinarios y calibrados, tuercas y arandelas de acero para estructuras de acero laminado. |
| NBE MV 107-1968 | Tornillos de alta resistencia y sus tuercas y arandelas. |
| NBE MV 108-1976 | Perfiles huecos de acero para estructuras de edificación. |
| NBE MV 109-1979 | Perfiles conformados de acero para estructuras de edificación. |
| NBE MV 110-1982 | Cálculo de las piezas de chapa conformada de acero en edificación. |
| NBE MV 111-1980 | Placas y paneles de chapa conformada de acero para la edificación. |

En esta recopilación están recogidos los contenidos de las citadas normas dándoles la necesaria coherencia de texto conjunto, con ligeras modificaciones a propuesta de expertos que prepararon las normas y, en otros casos, a las observaciones recibidas; no obstante, se ha tratado de mantener la máxima fidelidad a las normas originales.

También se han actualizado las referencias a las normas UNE citadas en las anteriores normas y se han incluido las de nueva aparición que era oportuno citar.

La ordenación de la norma se ha realizado según las etapas del proceso edificatorio, abarcando desde los materiales y el cálculo, hasta la ejecución, quedando de la manera siguiente:

- Parte 1: Introducción • Parte 2: Productos de acero para estructuras (reúne las NBE MV 102, 105, 106, 107, 108, 109 y 111) • Parte 3: Cálculo de las estructuras de acero laminado (corresponde a la NBE MV 103) • Parte 4: Cálculo de las piezas de chapa conformadas (corresponde a la NBE MV 110) • Parte 5: Ejecución de las estructuras de acero (corresponde a la NBE MV 104) • Apéndice 1: Normas UNE de referencia para estructuras de acero • Apéndice 2: Notaciones.

