

Comportamiento en Ambiente Real de los Productos Filmógenos para curado del hormigón. Ensayo de Retención Diferida



Exposición

Comportamiento del Producto Filmógeno

EN el estudio desarrollado por el Laboratorio Central de Estructuras y Materiales del CEDEX, MOPU, sobre los productos filmógenos para curado del hormigón, promovido y financiado por la Dirección General de Carreteras del M.O.P.U., se está llevando a la práctica una amplia experimentación de laboratorio.

Los ensayos pretenden simular las condiciones reales que el producto filmógeno va a soportar en la obra, una vez extendido sobre el hormigón. Se trata de cuantificar la evolución de las propiedades físico-químicas del producto, así como su comportamiento efectivo (Foto 1).

Los mecanismos básicos de funcionamiento del producto son dos: en primer lugar impermeabiliza la superficie reduciendo las pérdidas de humedad; en segundo lugar refleja la radiación solar aminorando la energía calorífica absorbida por la masa de hormigón.

Los productos filmógenos son li-

quidos claros, tipo pintura, con fórmulas diversas según los distintos fabricantes. En general se componen de un vehículo (habitualmente a base de resinas o parafinas), un disolvente o diluyente (volátil o agua) y un pigmento (normalmente blanco) en ciertos casos, que puede ser transitorio, durante algunas horas, o permanente.

La exigencia primordial del producto filmógeno es la de proporcionar una retención máxima del agua de amasado en el hormigón fresco. El agua se distribuye inicialmente de manera uniforme en la matriz de cemento y parte es también absor-

Por D. Eco. Javier Sáinz de Cuetos Torres y
D. Antonio Román López García
Laboratorio Central de Estructuras y
Materiales, CEDEX, MOPU.



Fijación de los productos filmógenos para el curado del hormigón en obra

bida por los propios áridos. Parte del agua se perderá inicialmente por exudación del hormigón hasta que sea aplicado el producto filmógeno.

Al comenzar a fraguar el hormigón los compuestos del cemento se hidratan, pasando cierta cantidad del agua inicial de amasado a integrarse químicamente en la matriz de cemento. Este agua constitutiva quedará fijada permanentemente.

El resto de agua, así como el aire ocluido, se irá almacenando en la incipiente red porosa del hormigón. Véase Figura 1 adjunta.

Al depositarse una capa de producto filmógeno sobre la superficie del hormigón, la red porosa queda sellada (salvo en los fallos o discontinuidades) impidiendo las fugas de humedad en forma de vapor de agua.

El agua retenida en la red porosa es conveniente que permanezca el mayor tiempo posible. Esto permite que las reacciones químicas de hidratación de los compuestos del cemento evolucionen de manera normal y que no se produzca retracciones prematuras por la desecación rápida del hormigón.

“La exigencia primordial del producto filmógeno es la de proporcionar una retención máxima del agua de amasado en el hormigón fresco.”

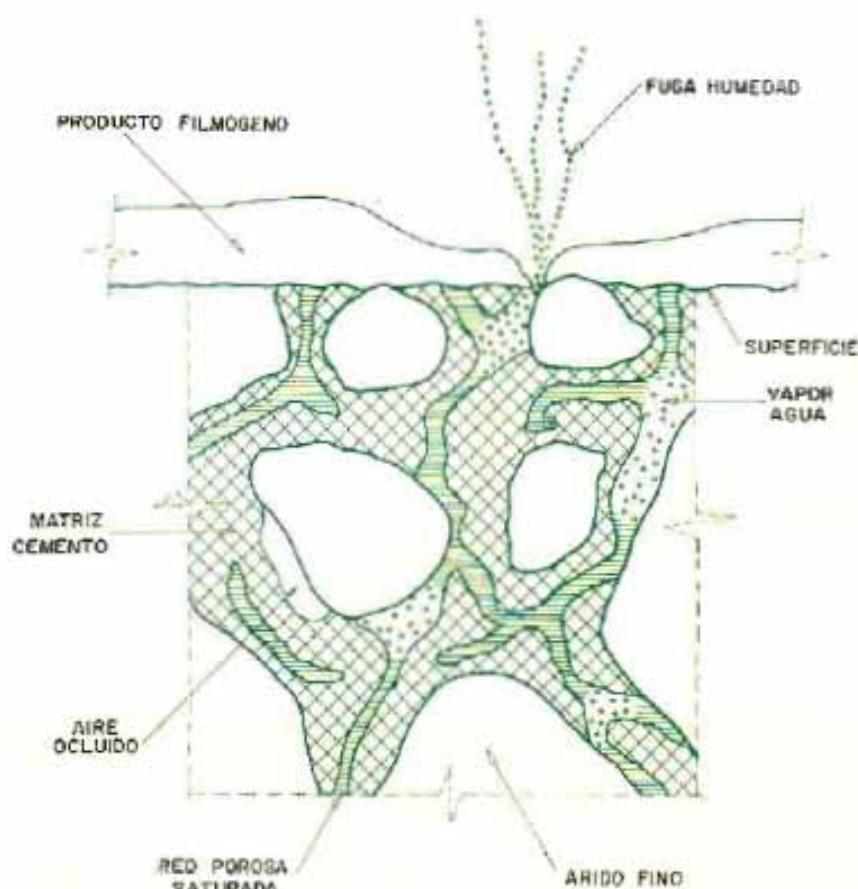


FIGURA 1. ESQUEMA AMPLIADO IDEAL DE LA RETENCION DE HUMEDAD POR EL PRODUCTO DE CURADO

Los distintos ensayos de retención de agua, que pueden encontrarse en la normativa técnica (Véase referencias bibliográficas), parten de un planteamiento similar, buscando la determinación numérica del balance de agua en la probeta protegida.

Unas normas hacen la evaluación en términos de pérdidas y otras de

retención; unas lo refieren a agua inicial de amasado y otras a humedad evaporable, pero en cualquier caso la filosofía es análoga.

Ensayo de retención diferida

La retención de humedad es tanto más necesaria, para un buen cu-

“**C**on el ensayo se intentaba conocer el comportamiento real de los productos filmógenos, en condiciones climáticas bastante duras y con soleamiento natural.”

rado, cuanto más reciente sea el hormigón. Las 24 primeras horas son decisivas y los tres primeros días muy importantes.

Los datos proporcionados por los ensayos de laboratorio (Véase referencias bibliográficas) suelen circunscribirse a las 24 ó 72 primeras horas. Se desconocía pues la evolución posterior de la protección del producto filmógeno, cuando es opinión unánime la importancia del mantenimiento del curado durante la primera semana y los primeros 15 días.

Esta fue la primera motivación para hacer un seguimiento de la retención de humedad a más largo plazo.

La segunda motivación fue el comprobar si los ensayos normalizados de laboratorio eran realistas, aproximándose al comportamiento a la intemperie de los productos de curado. Para ello se eligió un periodo caluroso suficientemente largo, como resultó ser el de los meses de Julio, Agosto, y Septiembre de 1989.

Existía finalmente una tercera motivación para la realización del ensayo y fue el observar las transformaciones que pudieran experimentarse en la propia película de producto filmógeno de curado, tras una prolongada exposición solar.

Debe ser este último un factor a tener en cuenta a la hora de elegir un producto de curado para pavimento de hormigón. Para este uso es conveniente que el producto cumpla correctamente su misión durante el periodo de curado, degradándose posteriormente hasta desaparecer o ser eliminado fácilmente por el tráfico. Los productos muy persistentes pueden dar problemas serios a la hora de señalizar un pavimento.



Prueba para el ensayo en cámara climática. Método ASTM-C156

Probetas utilizadas

La probeta ideal para la realización del ensayo hubiera sido la probeta de la ASTM (Foto 2), ya que permitiría correlacionar directamente los resultados del ensayo efectuado con la amplia base de datos existente sobre experimentación según la norma ASTM C156.

Sin embargo era inviable, técnica y económicamente, el disponer e inmovilizar, durante un periodo de tiempo tan dilatado, un número tan elevado de dichos moldes. Debería pues buscarse un molde de dimensiones similares, que guardase una cierta proporcionalidad entre masa y superficie exterior ofrecida, sin exceder en demasía el peso a controlar para un mismo rango de incertidumbre. Así el molde idóneo debería ser lo más ligero posible, para no restar peso al mortero de la probeta y por tanto a la proporción de agua contenida para el estudio de la retención.

Pese a la ligereza buscada, el molde tenía que ser fuerte y rígido de forma que evitase cualquier deformación relativa entre molde y probeta, durante las manipulaciones, lo cual produciría fugas de humedad por el perímetro de unión.

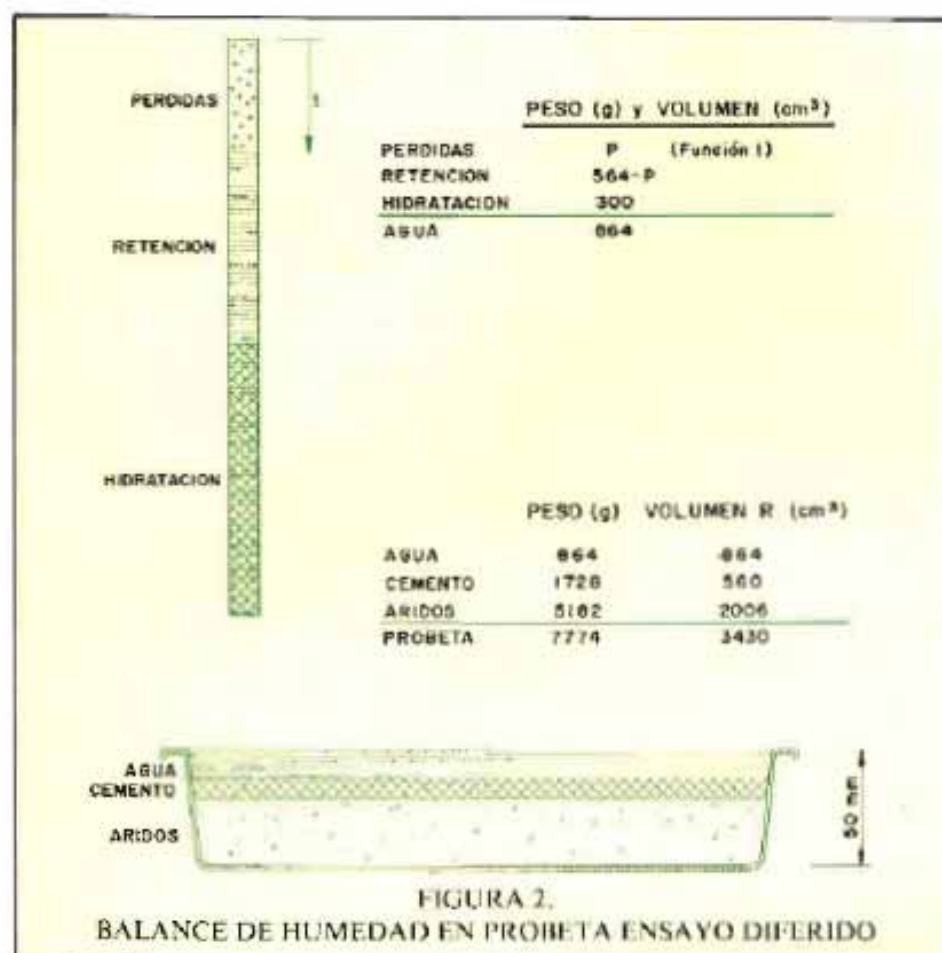
Por último y lógicamente, el molde debería ser impermeable y estanco, por lo que se desecha de entrada (por la larga duración del ensayo) cualquiera que fuese desmontable.

Como se ha indicado, y dentro de las limitaciones señaladas, se buscaba un molde que presentase la mayor superficie útil para el ensayo de los productos y una profundidad de 5 ó 6 cm aproximadamente, desechándose espesores más someros.

No se pudieron tomar en consideración los moldes de vidrio del mercado, por ser excesivamente pesados, ni los de plástico, por carecer de la rigidez adecuada.



Prueba para el ensayo de retención de agua en un ambiente real



Finalmente se localizaron unas bandejas metálicas comerciales, de chapa fina, que reunían las condiciones de ligereza, rigidez y estanqueidad y cuyos bordes regulares permitían un correcto alisado.

Las dimensiones son 32 x 25 x 5 cm; una vez lleno de mortero el peso total es de 7.800 g (Foto 3). La profundidad de 5 cm coincide con la del molde ASTM y representa una ventaja para correlacionar los resultados de ambos ensayos por simple proporcionalidad entre las superficies útiles.

El mortero empleado en la fabricación de las probetas ha sido el normalizado en la Norma UNE 80.101. Está compuesto por una parte de cemento Portland, tres partes de arena normalizada y media parte de agua (relación agua cemento 0.50).

El balance de agua en la probeta de ensayo puede verse en la Figura 2 adjunta.

Procedimiento de ensayo

Con el ensayo se intentaba conocer el comportamiento real de los productos filmógenos, en condiciones climáticas bastante duras y con

soleamiento natural. Unicamente ha tratado de evitarse en la prueba la incidencia de la lluvia, pues esto dificultaría el seguimiento del ensayo al modificar los pesos de las probetas, cada vez que dicho fenómeno se presentase. También se ha tratado de evitar las posibles alteraciones provocadas por la presencia en la zona de aves u otro tipo de animales.

Se buscó para la exposición un lugar de difícil acceso y que al mismo tiempo dispusiera de muchas horas de sol.

Una vez decidido el lugar, se construyó una estructura tubular ligera a la que fueron fijadas, en su parte superior, unas planchas transparentes de metacrilato, que permitirían el paso del sol pero evitarían los efectos de la lluvia. La estructura posee una ligera pendiente lateral para evacuar el agua, y todos sus lados abiertos para permitir la libre circulación del aire.

La zona de ensayo (Foto 4 y 5) permitía un almacenamiento de 50 moldes.



Exposición ambiental de productos filmógenos para el curado

“Una vez que el mortero había exudado, la probeta era cepillada, sellada perimetralmente y pintada con el producto filmógeno.”

Al realizarse el estudio sobre 15 productos, se decidió fabricar 3 probetas por cada producto, dejando las 5 restantes intercaladas como testigos.

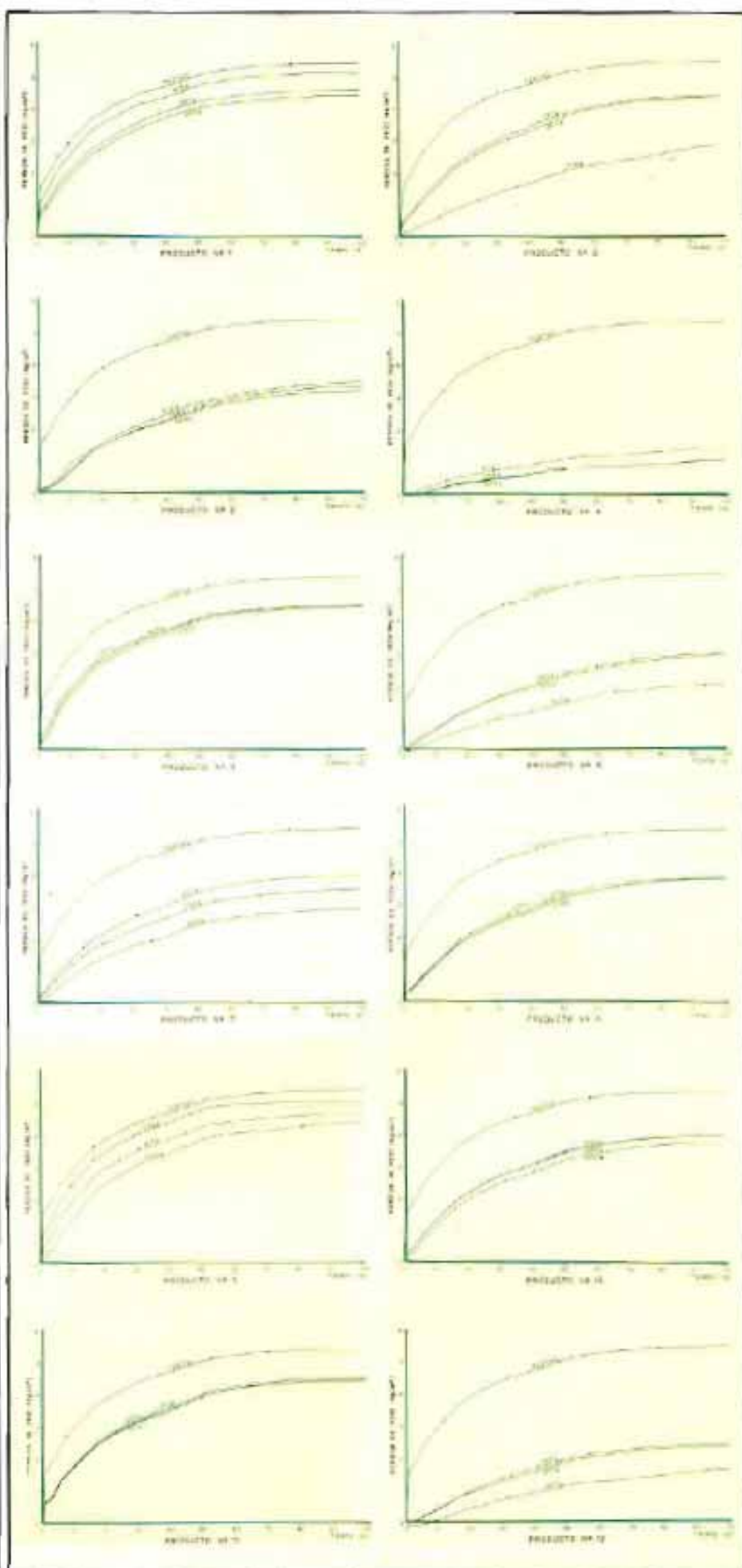
De las tres probetas, destinadas a cada producto, dos se pintarían con la dotación normal de 250 g/m² y la tercera con una dotación mayor, 400 g/m² en una sola aplicación. Las probetas fueron fabricadas simultáneamente, con una diferencia de la primera a la última de sólo cinco horas.

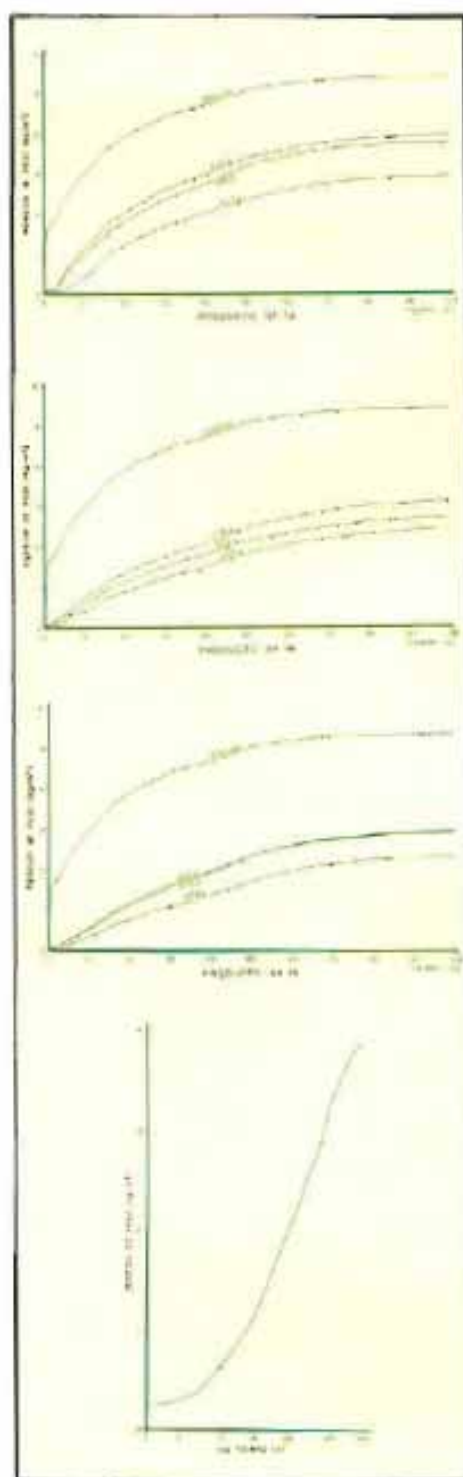
El proceso de fabricación de cada probeta fue similar al prescrito por la norma ASTM C156. Una vez que el mortero había exudado, la probeta era cepillada, sellada perimetralmente y pintada con el producto filmógeno. Con cada una de estas operaciones se realizaban las correspondientes pesadas.

Una vez finalizadas, las probetas se mantuvieron sin exposición solar durante las 72 primeras horas, en unas condiciones ambientales medias de 24.° C de temperatura y 50% de humedad relativa. Se realizaron pesadas a las 24, 48 y 72 h., repasándose el cordón de sellado.

A las 72 horas las probetas fueron colocadas en su emplazamiento definitivo. El ensayo se mantuvo durante 100 días, verificándose la evolución de los pesos mediante pesadas en los días 1, 2, 3, 6, 10 y posteriores, con periodicidad semanal.

Cuando el ensayo se consideró concluido las probetas fueron desmoldadas y sometidas a un estudio a 105.° C hasta peso constante. Su finalidad era evaluar el agua residual retenida tras el periodo de ensayo.





Resultados de ensayo

La evolución de las pérdidas de humedad, en las probetas recubiertas por los distintos productos ensayados, puede verse en las FIGURAS adjuntas.

En abscisas se sitúa el tiempo transcurrido (en días) y en ordenadas las pérdidas de humedad (kg/m^2) referidas a un metro cuadrado de superficie.

En cada curva de pérdidas se refleja la dotación de producto filmógeno, en gramos. Los valores numé-

TABLA PERDIDAS DE HUMEDAD EN PROBETAS CON DOTACION NORMAL DE PRODUCTO

PRODUCTO DOTACION		PERDIDA DE PESO (kg/m^2) TRAS:					
(N.º)	(g/m^2)	1 Día	3 Días	6 Días	17 Días	31 Días	100 Días
1	254	0,74	1,01	1,34	2,69	3,45	4,49
2	261	0,47	0,64	1,06	2,17	2,98	4,31
3	353	0,15	0,17	0,40	1,37	2,06	3,41
4	511	0,03	0,04	0,16	0,52	0,81	1,49
5	251	0,31	0,59	1,32	2,62	3,42	4,52
6	284	0,09	0,18	0,41	1,12	1,72	2,95
7	257	0,26	0,45	0,85	1,85	2,56	3,71
8	289	0,27	0,43	0,82	1,89	2,65	3,88
9	290	0,51	0,77	1,44	2,78	3,60	5,02
10	271	0,31	0,45	0,90	2,02	2,80	4,06
11	259	0,64	0,78	1,37	2,52	3,27	4,47
12	257	-	0,04	0,21	0,83	1,37	2,40
13	259	0,10	0,11	0,64	1,74	2,52	3,85
14	265	0,10	0,19	0,41	1,14	1,70	2,91
15	269	0,10	0,15	0,32	1,03	1,68	3,03
TESTIGOS	—	1,59	1,87	2,48	3,72	4,46	5,40

TABLA INDICES DE PROTECCION EN PROBETAS CON DOTACION NORMAL DE PRODUCTO

PRODUCTO DOTACION		INDICE DE PROTECCION (kg/m^2) TRAS:					
(N.º)	(g/m^2)	1 Día	3 Días	6 Días	17 Días	31 Días	100 Días
1	254	0,85	0,86	0,94	1,03 *	1,01	0,91
2	261	1,12	1,23	1,42	1,55 *	1,48	1,09
3	353	1,44	1,70	2,08	2,35	2,40 *	1,99
4	511	1,56	1,83	2,32	3,20	3,65	3,91 *
5	251	1,28 *	1,28	1,16	1,10	1,04	0,88
6	284	1,50	1,69	2,07	2,60	2,74 *	2,45
7	257	1,33	1,42	1,63	1,87	1,90 *	1,69
8	289	1,32	1,44	1,66	1,83 *	1,81	1,52
9	290	1,08	1,10 *	1,04	0,94	0,86	0,38
10	271	1,28	1,42	1,58	1,70 *	1,66	1,34
11	259	0,95	1,09	1,11	1,20 *	1,19	0,93
12	257	1,59	1,83	2,27	2,89	3,09 *	3,00
13	259	1,49	1,76	1,84	1,98 *	1,94	1,55
14	265	1,49	1,68	2,07	2,58	2,76 *	2,49
15	269	1,49	1,72	2,16	2,69	2,78 *	2,37

(*) Valor máximo

ricos más significativos de dichas curvas se acompañan en las TABLAS adjuntas.

Definiendo el INDICE DE PROTECCION, para una determinada fecha de curado, como el agua retenida por la película de curado (diferencia entre pérdida del testigo y pérdida de la probeta), se pueden establecer, a partir de las anteriores, dos nuevas TABLAS de índices de protección.

La dotación normal media, aplicada a las probetas, ha sido de 275 g, mientras que la dotación extra media ha sido de 415 g.

En las tablas de índices de protección se señalan expresamente los valores máximos observados en la evolución de los índices.

Conclusiones

Los ensayos, sobre 15 productos filmógenos de curado del hormigón, han mostrado una correlación excelente con los realizados en cámara climática, según la norma americana ASIM C156 (Ver cita bibliográfica correspondiente). Se advierte una perfecta proporcio-

nalidad, debido a que las condiciones ambientales no fueron tan duras como las del ensayo ASTM. Asimismo se puede comprobar con uno u otro ensayo la idoneidad en un determinado producto.

Ha resultado de mucho interés el poder observar la evolución de los **INDICES DE PROTECCION** de cada producto. Estos índices siguen una curva ascendente mientras el producto de curado permanece efectivo. De esta forma el momento en que el índice alcanza el máximo da una idea del periodo de eficacia del producto. Así se han podido observar comportamientos activos del producto durante un día, tres días, una semana, una quincena, un mes e incluso superiores. Cuando el producto inicia su degradación el índice de protección comienza a disminuir claramente.

También parece confirmarse en el ensayo la significación de los valores obtenidos al transcurso de las 24 primeras horas, marcando una pauta importante en la idoneidad o no de un producto.

Otra conclusión del ensayo es que una dotación mayor de un cierto producto mejora la retención de humedad de la película y prolonga el periodo efectivo de curado. Esta es la regla general, pero si el producto se deposita en una sola aplicación puede registrarse algún caso en que el producto tienda a formar escamas, de forma que una dotación mayor puede resultar contraproducente.

Bibliografía

1. *III Jornadas sobre pavimentos de hormigón*. IECA y ASOCIACION TECNICA DE CARRETERAS. Madrid. Octubre 1987.
2. *Productos filmógenos de curado de hormigón. Normativa*. F.J. SAINZ DE CUETO TORRES, y A.R. LÓPEZ GARCIA. Revista Rutas N.º 14. Asociación Técnica de Carreteras. Julio 1989.
3. *Experimentación en cámara climática de los productos filmógenos para curado del hormigón. Ensayo ASTM*. F.J. SAINZ DE CUETO TORRES Y A.R. LÓPEZ GARCIA. Revista Rutas N.º 15. Asociación Técnica de Carreteras. Octubre 1989.

TABLA PERDIDAS DE HUMEDAD EN PROBETAS CON DOTACION EXTRA DE PRODUCTO

PRODUCTO (N.º)	DOTACION (g/m ²)	PERDIDA DE PESO (kg/m ²) TRAS:					
		1 Día	3 Días	6 Días	17 Días	31 Días	100 Días
1	415	1,13	1,47	2,09	3,35	4,11	5,07
2	419	0,15	0,19	0,32	0,86	1,39	2,78
3	454	0,16	0,17	0,33	1,35	1,98	3,19
4	556	-	-	0,05	0,33	0,34	1,08
5	404	0,48	0,74	1,46	2,71	3,47	4,54
6	403	-	0,02	0,17	0,61	1,02	1,99
7	409	0,11	0,21	0,49	1,27	1,86	2,89
8	408	0,24	0,38	0,76	1,81	2,56	3,86
9	562	0,16	0,32	0,85	2,28	3,15	4,37
10	400	0,22	0,31	0,72	1,81	2,56	3,82
11	411	0,65	0,78	1,37	2,44	3,21	4,36
12	427	-	-	-	0,34	0,75	1,63
13	409	0,03	0,03	0,16	1,07	1,73	2,94
14	405	0,04	0,08	0,25	0,81	1,29	2,44
15	408	0,05	0,09	0,20	0,70	1,18	2,41
TESTIGOS	-	1,59	1,87	2,48	3,72	4,46	5,40

TABLA INDICES DE PROTECCION EN PROBETAS CON DOTACION EXTRA DE PRODUCTO

PRODUCTO (N.º)	DOTACION (g/m ²)	INDICE DE PROTECCION (kg/m ²) TRAS:					
		1 Día	3 Días	6 Días	17 Días	31 Días	100 Días
1	415	0,46 *	0,40	0,39	0,37	0,35	0,33
2	419	1,44	1,68	2,16	2,86	3,07 *	2,62
3	454	1,43	1,70	2,15	2,37	2,48 *	2,21
4	556	1,59	1,87	2,43	3,39	3,92	4,32 *
5	404	1,11	1,13 *	1,02	1,01	0,99	0,86
6	403	1,59	1,85	2,31	3,11	3,44 *	3,41
7	409	1,48	1,66	1,99	2,45	2,60 *	2,51
8	408	1,35	1,49	1,72	1,91 *	1,90	1,54
9	562	1,43	1,55	1,63 *	1,44	1,31	1,03
10	400	1,37	1,56	1,76	1,91 *	1,90	1,58
11	411	0,94	1,09	1,11	1,28 *	1,25	1,04
12	427	1,59	1,87	2,48	3,38	3,71	3,77 *
13	409	1,56	1,84	2,32	2,65	2,73 *	2,46
14	405	1,55	1,79	2,23	2,91	3,17 *	2,96
15	408	1,54	1,78	2,28	3,02	3,28 *	2,99

(*) Valor máximo

Suscríbete a la revista "RUTAS" la mejor revista para técnicos y profesionales. Boletín de suscripción en pág.105