

## Zonas áridas

# Hormigón con aditivos reductores de agua



En zonas áridas el hormigón requiere de aditivos reductores de agua para mantener intactas sus cualidades, pero el más mínimo error de cálculo provoca porosidades. El estudio realizado en México, sirve como referencia para las obras que se ejecutan en las regiones desérticas de nuestro país.

Zapata Gómez<sup>1</sup>, Almeraya Calderón<sup>1</sup>,  
Reyes Valdes<sup>2</sup>, Martínez Villafaña<sup>1</sup>, M. Baltazar<sup>1</sup>, Gaona Tiburcio<sup>1</sup>.

<sup>1</sup>Centro de Investigación en Materiales Avanzados S.C.,  
Departamento de Física de Materiales / Grupo Corrosión.  
<sup>2</sup>Corporación Mexicana de Investigación de Materiales (COMIMSA).

Las condiciones climáticas en zonas áridas de México motivan la utilización de aditivos reductores de agua a fin de darle trabajabilidad al hormigón hidráulico sin sacrificar sus restantes propiedades durante la aplicación, ni sus características cuando se endurece. Sin embargo, en la etapa de colocación en algunas ocasiones no se alcanzan los resultados esperados, construyendo estructuras de hormigón reforzado con mayor contenido de poros en la masa interna y externa provocando una alta probabilidad de corrosión a temprana edad, reduciendo así la vida útil de las estructuras. Para tal caso, se realizaron pruebas de porosidad, carbonatación y densidad del hormigón hidráulico, así como pruebas de resistencia en probetas. El presente estudio describe la importancia de los factores climáticos cuando resulta necesaria la utilización de aditivos del tipo reductores de agua, a través de las conclusiones que arrojan las pruebas y ensayos descritos anteriormente. La recomendación consiste en desechar aquellos elementos que presenten el mayor contenido de porosidad, y en el resto de los elementos aplicar capas protectoras de resina o pinturas que inhiben el paso de agentes agresivos con la finalidad de darle mayor durabilidad a las estructuras.

Fig. 1 y 2

Pérdida de plasticidad del hormigón provoca juntas frías.



Fig. 3 y 4.  
Aparición a temprana edad  
de grietas y porosidades.



## Introducción

La aplicación del hormigón en cualquier elemento estructural resulta de vital importancia, en especial en condiciones climáticas desérticas por la complejidad que encierra obtener una adecuada trabajabilidad por la rápida pérdida del agua contenida en el hormigón, una situación que provoca porosidades, fisuras y agrietamientos por retracción. Por tal razón, se debe emplear aditivos reductores de agua del tipo superplastificantes que aumenten el revenimiento del hormigón para obtener una mezcla de mayor fluidez que se distribuya con cierta facilidad sobre toda el área de la estructura, evitando las juntas frías por la pérdida de plasticidad del hormigón (James et al., 1993). Además, se busca asegurar la obtención de resistencias satisfactorias a la compresión con porosidades relativamente bajas. Sin embargo, la falta de un diseño previo de acuerdo a la compatibilidad de los aditivos con los áridos no ha sido del todo favorable, lo que se suma a las condiciones climáticas adversas como temperatura ambiente, velocidad del viento, humedad relativa y calor de hidratación de la pasta del cemento debido a una proporción rica en cemento Portland del tipo compuesto (CPC 40). Si a esto agregamos un proceso de mal curado del hormigón en tiempo y forma no puede inhibir la aparición de grietas por retracción y porosidades dentro y

fuera de la masa del hormigón, Neville, A. (1997). En este trabajo se muestran las deficiencias que se pueden presentar en las estructuras de hormigón reforzado debido a la influencia de parámetros ambientales durante la aplicación cuando se emplean aditivos del tipo reductores de agua de alto rango superplastificantes.

## Desarrollo experimental

Se obtuvieron datos representativos de los factores que influyeron durante la aplicación del hormigón fresco de ocho trabes colocadas en diferentes días, tales como humedad relativa, velocidad de los vientos dominantes, temperatura del concreto fresco según ASTM C 1064, y temperatura ambiente. A estos datos asentados en bitácora durante el proceso constructivo de las estructuras de hormigón reforzado, se suman la cantidad aproximada de aditivo tipo reductor de agua de alto rango superplastificante (3.0 a 7.0 cm<sup>3</sup> por kilo de cemento Portland), y consistencia del concreto fresco ASTM C143. A continuación se realizó la inspección visual de los elementos terminados y la extracción de testigos del hormigón endurecido, con la finalidad de determinar su resistencia a la compresión y pruebas complementarias para evaluar la profundidad de carbonatación. Es importante mencionar que las resistencias

mecánicas de los elementos analizados cumplieron con el mínimo de proyecto, aún cuando la plasticidad del hormigón fresco en algunas trabes fue deficiente (ver figuras 1 y 2). Sin embargo, debido a la aparición de porosidades y grietas en los elementos (ver figuras 3 y 4), se hicieron pruebas complementarias de absorción capilar y porosidad (Trocónis de Rincón O. et al 1997).

## Resultados

Con base a los datos obtenidos en campo, bajo las condiciones en las cuales se aplicó el hormigón, y empleando el nomograma de Menzel (Steven y William 1992), donde se indica el efecto que produce las temperaturas del aire y del hormigón fresco, se deduce que el 75% de las trabes coladas presentaron una pérdida de evaporación del agua a una velocidad mucho mayor que la recomendada para este tipo de condiciones, sumado a un mal curado de los elementos. En la tabla 1 y figura 5 se muestran los datos promedio de las condiciones climáticas para el colado del hormigón.

De acuerdo con la norma ASTM C 642, se obtiene la siguiente interpretación: Los pesos volumétricos del hormigón endurecido corresponden a uno de alta densidad y por ende a un rico contenido de cemento Portland, por lo tanto este parámetro se considera aceptable.

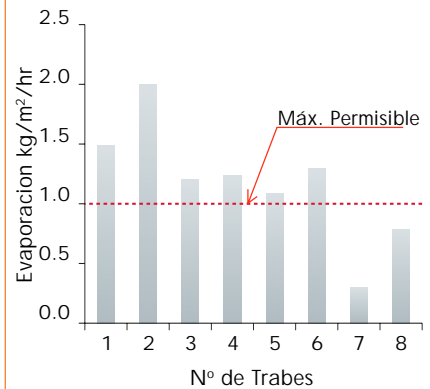
Tabla 1

CONDICIONES AMBIENTALES OBTENIDAS DURANTE EL COLADO DEL HORMIGÓN FRESCO

Nº Trabe	Temperatura ambiente °C	Humedad relativa %	Temperatura del hormigón °C	Velocidad del viento km/hr	Velocidad de evaporación kg/m <sup>2</sup> /hr
1	25	25	37	15	1.5
2	28	22	40	20	2.0
3	24	20	34	10	1.2
4	27	25	35	10	1.3
5	22	25	36	8	1.1
6	25	20	34	10	1.3
7	22	15	32	0	0.3
8	25	18	33	5	0.8

Figura 5

VELOCIDAD DE EVAPORACIÓN DEL AGUA EN EL HORMIGÓN



Con respecto a la porosidad total evaluada a los especímenes de cada una de las trabes analizadas, se aprecia que únicamente la trabe N° 2 indica un hormigón de moderada calidad, debido a que presenta un porcentaje de porosidad total entre el 10% y el 15 por ciento. El resto de las trabes se considera de buena calidad y compacidad (ver figuras 6 y 7), (Trocónis de Rincón O. et al 1997).

Los resultados obtenidos a través de los coeficientes del Ensayo de Absorción Capilar (figura 8), y de acuerdo al procedimiento de Fagerlund, se interpreta que para el espesor de recubrimiento (30 mm) de los elementos colados y condiciones atmosféricas a las que estarán sometidas durante su vida útil, se considera únicamente que la trabe N° 2 no cumple con el parámetro de absorción capilar (máximo 10<sup>-4</sup> m/s<sup>1/2</sup>).

Con relación a la profundidad de carbonatación, esta prueba se realizó al hormigón endurecido una vez que transcurrió un mínimo de seis meses de edad del elemento, encontrándose que hasta la fecha no presenta indicios de carbonatación.

**Conclusiones**

Se concluye que las condiciones climáticas no fueron las más apropiadas para la adecuada aplicación del hormigón, sumado a la utilización de aditivos reductores de alto rango superplastificante en proporciones inadecuadas cercanas al límite inferior recomendado por la ficha técnica, así como a un curado deficiente. De esta forma, se produjo la aparición de porosidades, fisuras y grietas mayormente en la trabe N° 2, que presentó parámetros de evaluación más adversos.

Como se observa en las gráficas anteriores, aunque se trata de un hormigón de alta densidad o peso volumétrico con suficientes resistencias mecánicas, los resultados obtenidos de la pruebas complementarias nos demuestran que la porosidad total y la absorción capilar constituyen factores que debemos considerar con la finalidad de tomar las medidas necesarias de reparación o protección para prolongar la vida útil de los elementos de hormigón reforzado.

El colado de elementos de hormigón reforzado bajo condiciones climáticas en zonas áridas debe ser supervisado con gran rigurosidad y evaluado con criterios de durabilidad, ya que no es suficiente el ensayo a compresión simple de los testigos. A esto se debe agregar el adecuado curado en tiempo y forma de cada uno de los elementos de concreto reforzado, siendo necesari-

Figura 6

**PESO VOLUMÉTRICO OBTENIDOS**

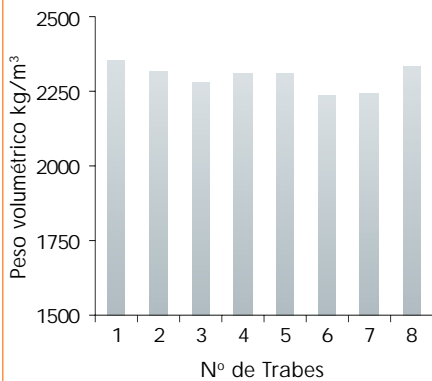


Figura 7

**POROSIDAD TOTAL**

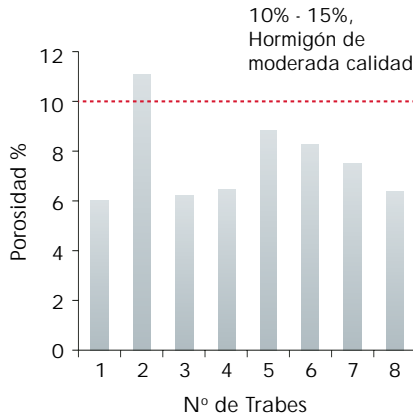
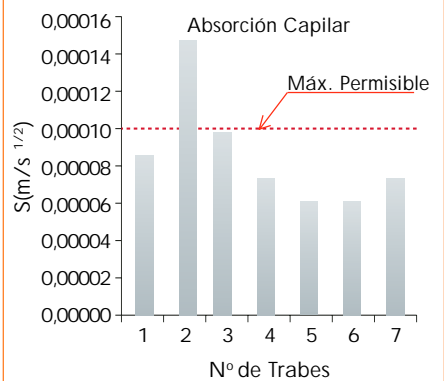


Figura 8

**RESULTADOS DE ABSORCIÓN CAPILAR**




ria la utilización de elementos que protejan del viento y el empleo de agua fría mediante la adición de hielo a fin de disminuir el calor de hidratación del hormigón fresco.

Se debe considerar que en este tipo de climas es conveniente realizar estudios previos de compatibilidad y comportamiento de los materiales que se utilizarán en la obra. Esto se puede efectuar a través de mezclas a pequeña escala con el fin de realizar las correcciones pertinentes en su momento, en especial en la fluidez del hormigón fresco, ya que bien aplicado reducirá la aparición de deficiencias a temprana edad.

Por lo tanto, resulta conveniente mantener un estricto control en las dosificaciones de los materiales, además de tomar en cuenta los factores ambientales cuando se vayan a construir elementos de hormigón reforzado.

**Recomendaciones**

Una vez evaluados los parámetros obtenidos del hormigón fresco y del endurecido, se determinó desechar la trabe Nº 2 y reconstruir otra con los requerimientos mínimos de calidad que marca el proyecto, así como cuidar los parámetros climáticos y del hormigón fresco durante la aplicación.

Para el resto de las trabes construidas se recomendó aplicarle pinturas y/o resinas epóxicas del tipo hidrófugas con la finalidad de evitar el «encapsulamiento» en el interior de las fisuras y grietas. En caso de utilizar otro tipo de resinas que no sean las adecuadas para evitar la infiltración de agua-oxígeno, puede originar resultados adversos como despasivar el acero de refuerzo. 

[fzapatag@sct.gob.mx](mailto:fzapatag@sct.gob.mx)

**Referencias**

- James L. COPE et al. Guía práctica para la Colocación del Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. 1993.
- Neville A. M. Metodología del Concreto. Tomo I. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. 1977.
- Oladis Trocónis de Rincón y Miembros de la Red DURAR. «Manual de Inspección, Evaluación y Diagnóstico de Corrosión en Estructuras de Hormigón Armado». CYTED. ISBN 980-296-541-3 Maracaibo, Venezuela. 1997(1era. Edición). 1998 (2da. Edición).
- Steven H. Kosmatka y William C. Panarese. Diseño y Control de Mezclas de Concreto. Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A. C. 1992.
- Crespo Villalaz, Carlos. Vías de Comunicación. Caminos, Ferrocarriles, Aeropuertos, Puentes y Puertos, Editorial Limusa primera edición. 1980.

**Agradecimientos**

Se agradece el apoyo brindado al Centro SCT Coahuila, en especial al Ingeniero Omar Ortiz Ramirez.