

# EVALUACIÓN DEL EFECTO DE UN ADITIVO CRISTALIZANTE SOBRE LA PERMEABILIDAD DEL HORMIGÓN

A. Benítez<sup>(1)</sup>, E. Köber<sup>(1)</sup>, A. Ruiz<sup>(1)</sup>, A. Stipelman<sup>(2)</sup>

abenitez@inti.gov.ar

<sup>(1)</sup> Dirección Técnica de Tecnología del Hormigón y Aglomerantes-SOCel-GOSI-INTI,

<sup>(2)</sup> Penetron Argentina SRL

**Palabras Clave:** Aditivo impermeabilizante; Hormigón; Permeabilidad; Durabilidad; Poros

## INTRODUCCIÓN

Los aditivos impermeabilizantes para condiciones de trabajo hidrostáticas, actúan bloqueando los poros mejorando algunos parámetros de durabilidad<sup>[1]</sup>.

El hormigón con aditivo fue sometido a ciclos de penetración de agua a presión y secado. Se estudió la microestructura por microscopía electrónica de barrido comparando las zonas alcanzadas por el frente de penetración de agua entre el hormigón sometido a 8 ciclos de aplicación de presión y secado respecto de un hormigón "Referencia" sin aplicar dichos ciclos.

La disminución de los perfiles de penetración de agua y la formación de cristales de gran tamaño, permite concluir que el aditivo actúa luego de varios ciclos de penetración de agua a presión y secado, promoviendo la precipitación de cristales dentro de los poros que obstaculizarían el ingreso de agua en el hormigón.

## OBJETIVOS

Evaluar, por comparación, el desempeño de un hormigón con un aditivo comercial y uno de referencia de similares características, mediante ensayos prestacionales con el propósito de demostrar la eficacia del producto.

## DESARROLLO

Se caracterizó un hormigón de referencia y un hormigón con la misma dosificación incorporando el producto ADMIX al 1% respecto de la masa de cemento tanto en estado fresco como en estado endurecido luego de 28 días de curado húmedo normal.

El desempeño del hormigón con ADMIX en lo que respecta a la penetración de agua a presión, se evaluó sometiéndolo a 8 ciclos de penetración de agua a presión y secado, para luego comparar con los resultados obtenidos sin aplicar ciclos.

## RESULTADOS

En la Tabla 1 se detallan los ensayos realizados sobre el hormigón endurecido para cada serie de probetas.

**Tabla 1. Descripción de los ensayos realizados**

Material	Ensayo
Hormigón Referencia	Resistencia a compresión Succión capilar Penetración de agua a presión Permeabilidad al aire kT Microscopía SEM
Hormigón con ADMIX (1%)	Resistencia a compresión Succión capilar Penetración de agua a presión Permeabilidad al aire kT
Hormigón con ADMIX (1%) 8 ciclos	Penetración de agua a presión Microscopía SEM

Se determinaron la resistencia a compresión y la capacidad y velocidad de succión capilar, según norma IRAM 1871. Los resultados se observan en la Tabla 2.

**Tabla 2. Succión Capilar. Resultados y análisis de variación IRAM 1871**

Material	Resistencia compresión (28d) [MPa]	Capacidad de Succión Capilar (C <sub>m</sub> ) [g/m <sup>2</sup> ]	Velocidad de Succión Capilar (S <sub>m</sub> ) [g/(m <sup>2</sup> 1/2)]
Hormigón Referencia	39,3 ± 0,8	3071 ± 251	4,4 ± 0,4
Hormigón con ADMIX (1%)	40,6 ± 1,3	2941 ± 199	4,2 ± 0,3

Se realizó el ensayo de permeabilidad al aire – kT, con equipo PermeaTorr, siguiendo los lineamientos de la normas SIA 262/1 e IRAM 1892 y las recomendaciones realizadas por el fabricante del equipo<sup>[2,3]</sup>. Los resultados se detallan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Resultados de permeabilidad al aire, kT.**

Material	kT promedio [10 <sup>-16</sup> m <sup>2</sup> ]	Clasificación Penetrabilidad IRAM 1892 <sup>[2]</sup>
Hormigón Referencia	0,036 ± 0,010	Baja
Hormigón con ADMIX (1%)	0,041 ± 0,022	Baja

Para el ensayo de penetración de agua a presión se siguieron los lineamientos de la norma EN 12390-8 e IRAM 1554 y finalmente se determinaron los perfiles de penetración de agua para cada grupo.

Los resultados de cada caso estudiado se observan en la Tabla 4.

**Tabla 4. Resultados de penetración de agua a presión**

Material	N° Ciclos	Penetración máxima [mm]	Penetración promedio [mm]
Hormigón Referencia	1	104	74 ± 6
Hormigón con ADMIX (1%)	1	102	70 ± 10
Hormigón con ADMIX (1%)	8	64	39 ± 3

En la Figura 1 se comparan los perfiles de penetración de agua de una probeta de referencia y una probeta con ADMIX 1% luego de 8 ciclos y las zonas seleccionadas para observación de la microestructura por microscopía SEM.

En la Tabla 5, micrografía C, cuya magnificación es de 5000x y el valor del segmento de 2 µm, se aprecia la diferencia en los tamaños de los cristales en forma de agujas respecto de la micrografía B, del hormigón con ADMIX al 1%, zona D, cuya magnificación es de 1000x y el valor del segmento de 10 µm.

### DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

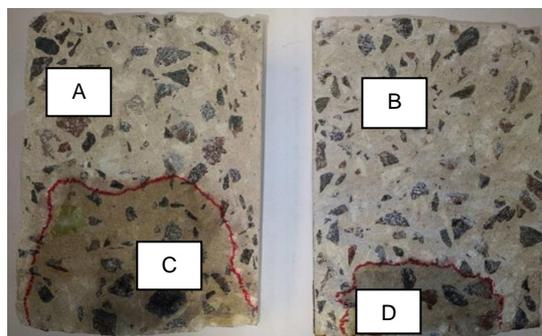
Las probetas del hormigón de referencia y hormigón con ADMIX 1% a la edad de 28 días presentaron características similares de acuerdo con los resultados en estado fresco y de resistencia a compresión, succión capilar, coeficiente de permeabilidad al aire kT y penetración de agua a presión.

De acuerdo con los resultados de los 8 ciclos de penetración de agua a presión-secado, se comprobó que los mismos promueven la precipitación de cristales dentro de los poros, obstaculizando el ingreso de agua en el hormigón.

Esto se ve claramente en la disminución del perfil de penetración de agua comparando las probetas con ADMIX al 1 % luego de los 8 ciclos tanto respecto de las probetas de referencia como las que contenían ADMIX al 1 % que fueron ensayadas a los 28 días.

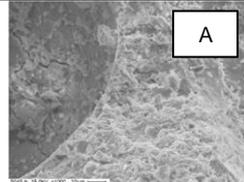
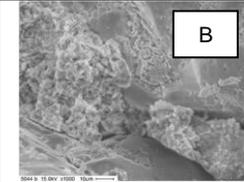
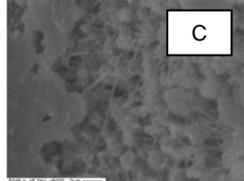
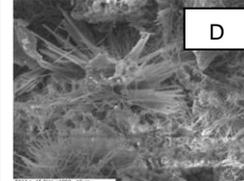
Asimismo las imágenes de microscopía electrónica claramente denotan la formación de cristales de gran tamaño comparando las

zonas sometidas a 8 ciclos de penetración de agua respecto de la misma zona en las probetas de referencia, teniendo en cuenta que el aumento en estas últimas es mucho mayor.



**Figura 1. Comparación perfil de penetración de agua a presión entre la probeta de referencia y con ADMIX 1% con 8 ciclos. Zonas seleccionadas A, B, C y D para microscopía SEM.**

**Tabla 5. Diferencias en el tamaño de los cristales entre el hormigón de referencia y el hormigón con ADMIX por encima y por debajo de la línea de penetración de agua**

Por encima del nivel de penetración de agua	
Hormigón de referencia	Hormigón ADMIX 1% 8 ciclos
	
Por debajo del nivel de penetración de agua	
Hormigón de referencia	Hormigón ADMIX 1% 8 ciclos
	

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ACI 212.3R-16. Report on Chemical Admixtures for Concrete. ISBN: 978-1-942727-80-4.
- [2] R. Torrent, Civil Eng. SIA, Ph.D. Technical Director, Materials Advanced Services, Buenos Aires, Argentina. Unofficial translation into English of the Sections of Swiss Standard SIA 262/1:2013 referring to in Situ Air-Permeability Tests. Section 4.3.4: Indicative limit values of Air-Permeability for different concrete types (exposure classes) • Section 4.3.5: Conformity conditions • Annex E: "Air-Permeability on the Structures", description of test method. v1.1, July 2014
- [3] Norma IRAM 1892. Hormigón. Método para la determinación del coeficiente de permeabilidad al aire (kT) del hormigón endurecido