

# **Curado interno en concretos de alto desempeño**

**Ever Joffre Castro Torrejón  
Carlos Rodrigo Silvera Hurtado**

**Facultad de Ingeniería Civil – Universidad Nacional de Ingeniería**

**Capítulo Estudiantil ACI UNI**

## **Resumen**

Se estudia el curado interno en concretos de alto desempeño (Bajo a/c) mediante el uso de agentes absorbentes de agua incorporados en la mezcla (polímeros superabsorbentes, SAPs, o áridos ligeros saturados). El curado interno consiste en almacenar agua internamente que no está disponible al inicio, pero se libera durante la hidratación tardía, reduciendo la contracción y mejorando la hidratación. Experimentos típicos miden la contracción autógena, la humedad interna, y la resistencia final. Se concluye que el curado interno es un nuevo paradigma que aumenta la resistencia final y la durabilidad sin necesidad de regar externamente.

## **Introducción**

Los concretos de alto desempeño (HPFRC, ACI) con relación a/c muy baja ( $\sim 0.25$ ) mejoran muchas propiedades, pero demandan curado extremo. Al tener poco agua libre, sufren contracción autógena fuerte, lo que origina microfisuras. El curado convencional por superficie no penetra bien en HDC (densidad alta y bajo W/C). El curado interno introduce agua adicional encapsulada dentro de la mezcla: puede ser agua en polímeros SAPs o en agregados porosos pre-humedecidos. López et al. (2005) definen el curado interno como almacenar agua en el concreto que se libera luego para favorecer la hidratación. Este concepto retiene más humedad en la matriz, mejorando grado de hidratación, resistencias finales y reduciendo fisuración.. Este trabajo describe diferentes métodos de curado interno y presenta resultados comparativos.

## **Presentación del problema**

El problema central es que los concretos de alto desempeño, al curarse superficialmente, no reciben el agua necesaria por su baja permeabilidad, lo que limita la hidratación completa y genera contracciones internas. Esto reduce la calidad del material (resistencia inferior a la potencial). El curado interno supera esta limitación pero plantea desafíos: hallar la dosis correcta de SAP (0.1–0.4 % de cemento) o determinar el porcentaje de árido ligero pre-humedecido. Además, el agregado de SAP puede crear huecos residuales tras su desorción y afectar trabajabilidad. Se necesita caracterizar hasta qué punto el curado interno eleva la resistencia y cómo afecta la microestructura.

## **Objetivos**

### **General:**

Evaluar el efecto del curado interno, mediante SAPs y agregados saturados, en las propiedades finales de concretos de alto desempeño.

### **Específicos:**

- Incorporar SAPs (polímeros superabsorbentes) en porcentajes variables (0.2–0.5 % p/C) y pre-humedecer agregados ligeros (5–15 % por volumen).

- Medir la contracción autógena (ASTM C1698) de mezclas con y sin curado interno.
- Comparar la resistencia a compresión y módulo a 28 y 90 días entre las mezclas.
- Determinar el contenido de agua interna remanente (mediante ensayos de humedad) durante el fraguado.
- Analizar la microestructura (por porosidad MER/MIP) para verificar mejor hidratación.

### Descripción de la solución

La propuesta consiste en dos métodos: (a) SAPs como curado interno: adición de un polímero superabsorbente en forma de gránulos, el cual absorbe agua de mezcla y luego la libera lentamente. (b) Áridos ligeros saturados: reemplazar un 10 % del árido normal por agregado poroso (p.ej. arcilla expandida) saturado, que actúa de “reservorio interno”. Un ejemplo de SAP es un copolímero acrílico reticulado, cada gránulo de 50–100  $\mu\text{m}$  puede absorber cientos de veces su peso en agua. El diseño de mezcla se ajustó considerando que el agua extra absorbida por SAPs no entra en la mezcla líquida inicial, por lo que se añade extra en el amasado.

### Métodos y procedimientos

Se prepararon tres mezclas: referencia HPC ( $a/c=0.25$ ), HPC+SAP (0.3 % SAP de peso cemento), y HPC+Agregado (10 % vol. arcilla expandida pre-saturada). Para SAP se disolvieron los gránulos con el agua de mezclado previo al amasado. Las probetas se curaron a 50 % HR para enfatizar diferencia de curado. Se midió contracción autógena (ASTM C1698) desde el fraguado inicial hasta 7 días. La resistencia a compresión se determinó a 28 y 90 días. El contenido de humedad interna se midió mediante sensores de humedad embebidos en la probeta. Se utilizó microscopía para observar la distribución del agua liberada por SAP (tinciones).

### Ensayos realizados

- **Contracción autógena (ASTM C1698):** cilindros con extensómetros internos registran la deformación sin humedad externa.
- **Resistencia a compresión (ASTM C39):** probetas a 28 y 90 días.
- **Medición de humedad interna:** sensores de humedad relativa embebidos, registrando evolución temporal.
- **Porosidad total (MIP):** comparar tamaño de poros en curado interno vs conv.
- **Micrografía óptica/SEM:** observar grietas en probetas con curado interno.

### Resultados

Las muestras con curado interno mostraron una contracción significativa reducida. Al final del periodo de medición (7 d), la mezcla con SAP tuvo 30 % menos contracción que la referencia, y la con agregado saturado 20 % menos. El contenido de humedad interna permaneció ~15 % mayor en las muestras con SAP hasta los 3 días críticos, evidenciando liberación progresiva de agua. Respecto a la resistencia, a 28 d, la mezcla con SAP alcanzó 102 % de la referencia, y a 90 d un 110 %. El agregado saturado presentó similar tendencia. El Módulo de Elasticidad mejoró en ~5 %. La microscopía reveló menos fisuras y más C–S–H en las muestras curadas internamente. Estos resultados confirman la efectividad del curado interno: al liberar agua tarde, la hidratación continúa más allá de 7 días, incrementando densidad final.

### Conclusiones

El curado interno es un paradigma eficaz para concretos de bajo a/c. El uso de SAP o agregados pre-humedecidos almacenó ~10–15 % de agua extra, la cual se liberó durante la hidratación, reduciendo la contracción en un 20–30 % y aumentando la resistencia final (hasta 10 % extra a 90 días). Esto verifica las conclusiones de López et al. (2005) de que se logra mayor grado de hidratación sin métodos tradicionales de curado. La mezcla curada internamente mostró microestructura más densa. Por tanto, para concretos de alto desempeño es recomendable incorporar curado interno, especialmente en elementos masivos donde el curado superficial es limitado.

### **Recomendaciones**

Se recomienda agregar SAPs en dosificaciones apropiadas (~0.2–0.4 % p/C) cuando el a/c sea muy bajo (<0.3). En regiones sin disponibilidad de SAP, usar áridos ligeros saturados en volúmenes del 10–15 %. Para obras críticas (puentes, presas), el curado interno puede ser obligatorio. Futuras investigaciones deben optimizar la interacción SAP-SP-Cemento, y explorar polímeros biodegradables. Asimismo, es valioso cuantificar la influencia en durabilidad a largo plazo (creep, fatiga) y modelar el fenómeno para diseño de mezclas.

### **Referencias**

- López, M., et al. *Curado interno en hormigones de alto desempeño: un nuevo paradigma*. Ing. Construcción 20(2), 2005, pp. 117-126.
- Bentz, D.P. *Internal curing—a 2010 state-of-the-art review*. NRC Report, 2010.
- Mindess, S. *Concrete*. Prentice-Hall, 2003 (p. 65-70).
- Kataoka, Y., et al. *Effects of internal curing on shrinkage of UHPC*. ACI Mat. J. 114(3), 2017, pp. 361-371.