

## ¿ES POSIBLE ELABORAR UN HORMIGÓN DE ALTA RESISTENCIA (HAR) CON UN CEMENTO EN BOLSA?

En el mercado, dependiendo de la zona geográfica considerada, es posible encontrar cementos de distintas categorías resistentes (30, 40 y 50), versiones “bolsa” o “granel”.

La resistencia mínima a compresión a 28 días, de un cemento de categoría 40, según lo indicado por la norma IRAM 50000<sup>1</sup>, debe ser mayor a 40 MPa, sin llegar a superar 60 MPa (con el propósito de acotar la variación de calidad del cemento).

En el campo práctico, el requisito normativo mencionado en el párrafo anterior queda asegurado si la resistencia media del cemento es del orden de 45 MPa, nivel que caracteriza a la mayoría de los cementos que se comercializan en bolsa. En el caso de los cementos a “granel”, sin embargo, es habitual elevar el nivel resistente a valores del orden de 50 MPa, a pesar de constituir una medida excesivamente holgada, ya que su aplicación se orienta, por lo general, a estructuras de mayor compromiso estructural.

Lo mencionado en el párrafo anterior explica el desafío que constituye lograr un hormigón de alta resistencia inicial (HAR), empleando un cemento en bolsa, ya que la lógica natural indicaría el uso de un cemento de categoría 50, “a granel”, como lo más conveniente.

De lo expuesto, se comprende la magnitud de la provocación implícita que propone el título de esta nota y obliga al planteo espontáneo de la siguiente pregunta:



## ¿Cuál será la mayor resistencia que se puede lograr en un hormigón utilizando un cemento, en bolsa, como el cemento Avellaneda CPC40?

Esta inquietud llevó al equipo técnico de CASA a organizar una competencia interna, con el objetivo de diseñar un hormigón, con cemento Avellaneda **CPC40 (Olavarría)**, en bolsa, que sea capaz de lograr la máxima resistencia a compresión, utilizando los agregados disponibles en la zona de CABA y aditivos químicos de uso comercial. Para esta experiencia, las reglas prohibían el uso de agregados artificiales, adiciones minerales (puzolanas, filler calcáreo, humos de sílice, cenizas volantes, etc.), resinas epoxis, polímeros, o fibras de cualquier origen. Dentro de los parámetros de diseño se estableció que la mezcla debía ser cohesiva, sin segregación y con un asentamiento de  $10 \text{ cm} \pm 2,0 \text{ cm}$ .

Como es de esperar, tratándose de hormigones de alto desempeño, cualquier medida que se oriente a utilizar agregados de calidad adecuada, esto es, agregados limpios (sin polvo), de forma adecuada y con un esqueleto granular compacto (figura 1), es bienvenida.

En la figura 1, se observa cómo el nivel del líquido en las probetas (que se utilizó para llenar recipientes del mismo volumen y, por ende, representa los vacíos del esqueleto granular), es constante para agregados constituidos por partículas de tamaño uniforme (monogranular), independientemente de la dimensión de las mismas (agregado fino o grueso). Sin embargo, cuando se combinan agregados de diferente granulometría, el contenido de vacíos disminuye.

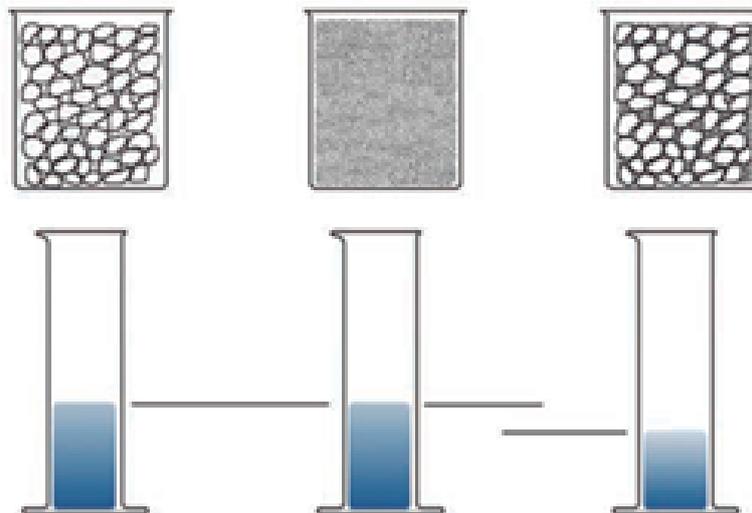


Figura 1 – Espacios vacíos en agregados.

Izquierda: Agregado grueso (AG) monogranular; Centro: Agregado fino (AF) monogranular; Derecha: combinación AG y AF.

A continuación, se detallan los agregados utilizados por el equipo que desarrolló el hormigón de mayor resistencia. Es necesario destacar que la combinación final tuvo como objetivo lograr un paquete granular compacto, con la mínima cantidad de vacíos posible.

- » Agregado fino: se utilizó arena de río, módulo de finura (MF) igual a 1,80, y arena de trituración granítica 0/6 de cantera “La Cabañita”, de Cementos Avellaneda (MF 3,80). La composición del agregado fino resultó con un MF = 3,00.
- » Agregado grueso: se utilizó piedra partida granítica 6/20 de la cantera “La Cabañita” de Cementos avellaneda.

Para minimizar los problemas de compactación, se diseñó un hormigón de alta fluidez, adoptando como guía los parámetros generales de diseño indicados por el ACI Committee Report 237R-18<sup>2</sup>.

A continuación, en la figura 2, se muestra la curva granulométrica del esqueleto granular resultante del diseño final de la mezcla.

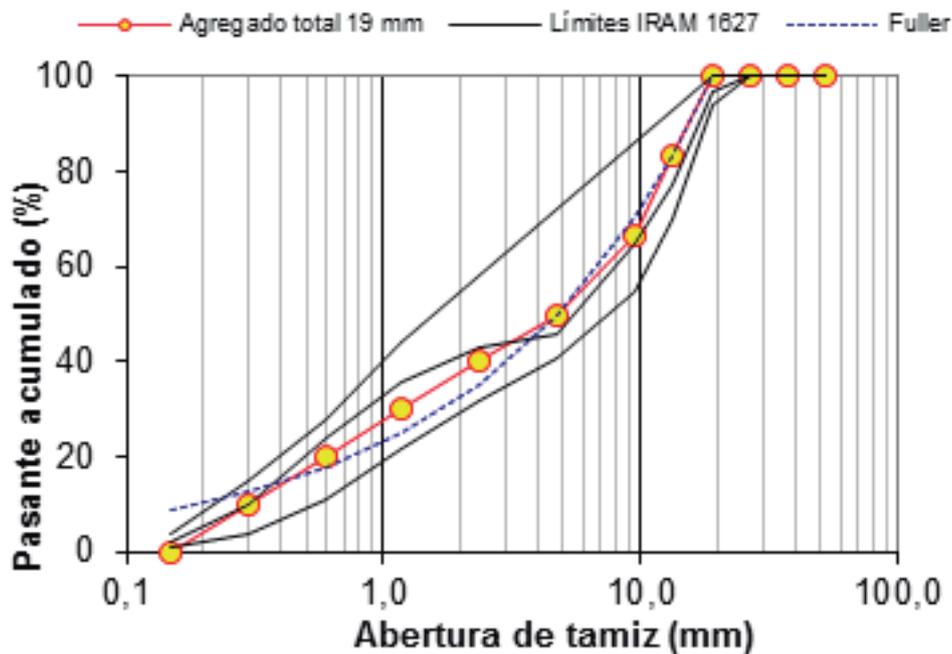


Figura 2 - Granulometría del agregado total (tamaño máximo nominal 19,0 mm) y curva Fuller.

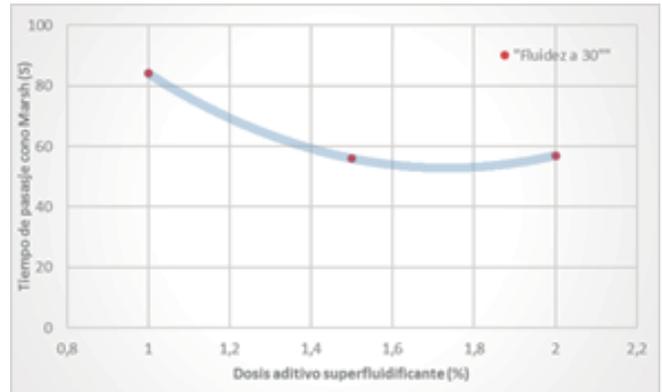
El equipo adoptó un método de dosificación por etapas, evaluando el comportamiento de los aditivos en ensayos sobre pasta, luego en mortero y la evaluación final en pastones de hormigón a escala de laboratorio.



Mezcladora "Hobart" empleada para la elaboración de los morteros.



Cono Marsh (para el estudio de pastas de cemento).



Influencia de la dosis de aditivo superfluidificante en la fluidez de la pasta.

Figura 3 - Ensayos sobre pasta

A escala de laboratorio se realizó una serie de pastones de hormigón, considerando que, si bien los estudios sobre pastas verifican la compatibilidad entre el cemento y el aditivo, se ha observado en ocasiones que en hormigones es necesario modificar la dosis de aditivo utilizado.

La mezcla resultante se elaboró a partir del uso de un aditivo superfluidificante (policarboxilato) y un aditivo retardador de fragüe, con una relación agua/cemento final igual a 0,25. El extendido de la mezcla resultante fue igual a 74 cm (figura 4).



Figura 4 - Extendido del hormigón final.

El lector, a esta altura de la nota, se preguntará:

—¿Y cuál fue la resistencia que alcanzó el hormigón con el cemento Avellaneda “en bolsa”?

## ¡La resistencia media alcanzada por el hormigón fue igual a 78 MPa!

Para comprender la verdadera dimensión del nivel resistente alcanzado por el hormigón experimental (con cemento Avellaneda CPC40, en bolsa) basta recordar las especificaciones del Reglamento Argentino de Estructuras de Hormigón CIRSOC 201-2005<sup>3</sup>.

Este reglamento clasifica a los hormigones en “clases” (H-20 a H-60), designándolos con una letra “H” seguida de un número, que representa la resistencia característica a compresión ( $f'c$ ), a la edad de diseño (en general, 28 días), expresada en MPa.

Cuando no se conoce la desviación estándar del proceso de elaboración del hormigón, el reglamento permite estimar la resistencia media de éste como la resistencia característica ( $f'c$ ) más 10 MPa (para hormigones de clase H-35 o superior).

En base a estos datos, la figura 5 ilustra, claramente, que el nivel resistente alcanzado por el hormigón elaborado con cemento Avellaneda CPC40, en bolsa ( $\approx 80$  MPa) cumpliría holgadamente los requisitos que establece el CIRSOC 201-2005, para un hormigón de la máxima categoría resistente (H-60).

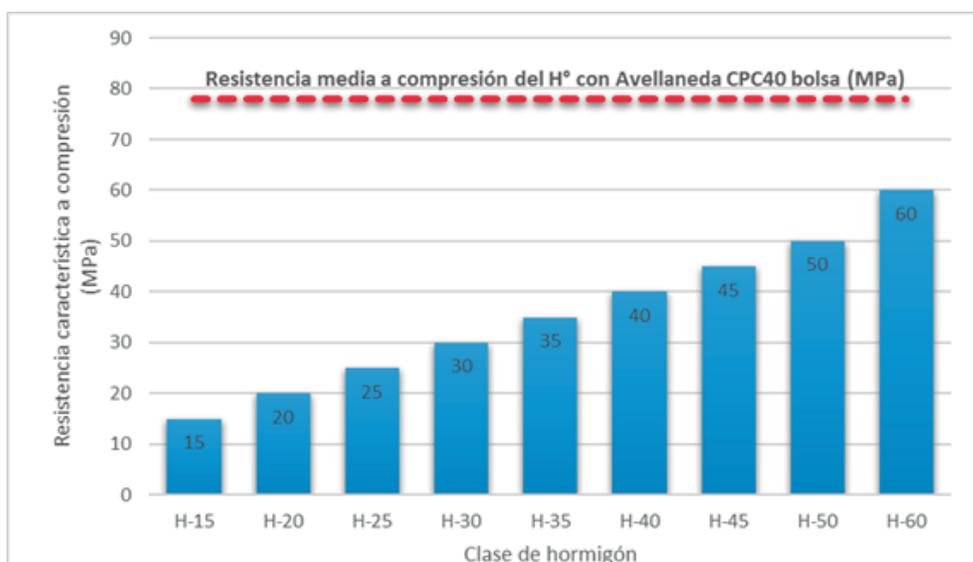


Figura 5 - Comparación entre la resistencia alcanzada por el hormigón experimental (con cemento CPC40 en bolsa) y los niveles resistentes que especifica el Reglamento CIRSOC 201-2005



Nótese que hormigones de alta resistencia, como el obtenido a nivel experimental por el equipo de técnicos de CASA, son utilizados principalmente en las columnas de los edificios de mayor altura que se construyen en el país, lo que permite minimizar la superficie ocupada por las columnas en las plantas inferiores, con el consecuente beneficio económico y arquitectónico.

## Consideraciones finales

---

En resumen, esta experiencia pone de manifiesto, una vez más, que el logro de altos niveles de resistencia en el hormigón es hoy posible, gracias a la disponibilidad de materiales componentes de alta calidad y tecnología avanzada, como el cemento Avellaneda **CPC40** (que combina el efecto benéfico del filler calcáreo, a edad temprana, con la acción puzolánica, a largo plazo), cuando estos se combinan de manera inteligente (dosificación).

1 - IRAM (2017): Cementos. Cementos para uso general. Composición y requisitos. Norma Argentina IRAM 50000, 4ª edición, 2017-07-12

2 - ACI - American Concrete Institute - Committee Report 237R-18 - Self-Consolidating Concrete

3 - CIRSOC 201, REGLAMENTO ARGENTINO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN, Argentina, Julio 2005.

Información adicional en la ficha  
técnica del producto

[cementosavellaneda.com.ar](http://cementosavellaneda.com.ar)