

HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES: ESTADO DEL ARTE EN ARGENTINA

Gastón Fornasier*, Humberto Balzamo **

Palabras claves: HAC, Hormigón Elaborado, Premoldeados, Encofrados, Estanqueidad.

RESUMEN

El hormigón autocompactante (HAC) es uno de los materiales más innovadores y con mayor proyección en la industria de la construcción de la última década. A partir de 2004 se ha incrementado el uso de HAC en Argentina tanto en hormigón elaborado como premoldeado, ya sea por cuestiones arquitectónicas, técnicas-operativas y económicas. Sin embargo, a pesar de sus ventajas, la penetración en el mercado del hormigón ha sido limitada. De acuerdo con algunas encuestas a nivel mundial, la principal razón de su bajo porcentaje de uso es la falta de conocimiento de parte de los especificadores de pliegos técnicos. También influyen el mayor costo por metro cúbico respecto del hormigón convencional y la necesidad de un mayor control para su elaboración.

En este trabajo se presentan 25 obras realizadas en distintos lugares de nuestro país empleando materiales de la zona con excelentes resultados, se describen las propiedades de los HAC en estado fresco y las claves para un proceso exitoso: capacitación, coordinación con la obra, control de materias primas y estanqueidad de los encofrados. Esto permitirá que los HAC se conviertan en una alternativa válida, evitando que sólo se lo considere como un "hormigón especial" de aplicaciones limitadas.

* Ingeniero Civil (UBA), Docente UBA, Líder de Producción, Hormigones LOMAX

** Ingeniero Civil (UBA), Docente e investigador UBA, Responsable División Hormigones, BASF Argentina

ABSTRACT

Self Compacting Concrete (SCC) was probably the most interesting material developed for the construction market around the world. Since 2004 the use of SCC was growing up in Argentina either in the ready-mix concrete industry than in the precast concrete industry. Aesthetics, operation, homogeneity and economics were the key factors for this behaviour. However, despite this advantages, the market penetration of this type of concrete is limited. According to different surveys, the main factor would be the project designers lack of knowledge in this kind of products. Also would be important the more cubic meter cost in comparison with a conventional concrete of similar strength level and the more expensive quality control process.

In this paper will be presented 25 construction cases in different places in Argentina. All of this was used different raw materials with excellent results. Fresh properties of SCC and keynotes for a succesfull process were presented: training, on-site coordination, raw materials quality control and formwork conditions. The main

goal: SCC would be considered like a possible solution, avoiding that this type of concrete is only an special concrete with limited application.

* Ingeniero Civil (UBA), Docente UBA, Líder de Producción, Hormigones LOMAX

** Ingeniero Civil (UBA), Docente e investigador UBA, Responsable División Hormigones, BASF Argentina

INTRODUCCIÓN

Los HAC son diseñados para ser colocados dentro de los encofrados sin necesidad de compactación interna ni externa, sorteando los obstáculos (armaduras, cambios de forma) y evitando la segregación de sus materiales componentes ^{1, 2, 3}. Para lograrlo es necesario elaborar un hormigón con una elevada fluidez y moderada viscosidad plástica de forma tal que su estabilidad en estado fresco no genere riesgos de segregación o de bloqueo.

La evolución de los HAC en los últimos años ha cambiado el enfoque respecto de lo establecido a principios de su desarrollo en Japón hacia fines de la década del 80 ⁴. Según Constantiner et al. ⁵, los HAC deberán diseñarse de acuerdo con el tipo de estructura que se quiere hormigonar. Esto implica, por ejemplo, que los parámetros reológicos de un HAC a ser colocado en un tabique muy densamente armado y con requisitos de muy buena terminación superficial son diferentes de los parámetros de diseño de un HAC destinado a un elemento horizontal tipo losa o piso industrial.

El manual redactado por la EFNARC ⁶ también impone una clasificación por clases dependiendo del tipo de estructura a hormigonar. En general, la clasificación se realiza adoptando tres ensayos que intentan medir diferentes propiedades:

1. Fluidez: El ensayo más difundido para evaluar a un HAC es el extendido libre realizado con el cono de Abrams (Fig. 1). En general se especifican 3 rangos de extendidos. El ensayo ya se encuentra normalizado en Estados Unidos de acuerdo con la norma ASTM C1611-05. El límite inferior oscila entre 500 y 550 mm (ideal para elementos horizontales con baja densidad de armaduras) y el superior varía entre 750 y 800 mm (tabiques o elementos muy densamente armados y con gran dificultad de colocación).
2. Viscosidad: Parámetros relacionado con los ensayos que tienen como objetivo medir el tiempo que tarda el HAC en alcanzar cierto extendido o en pasar por determinada abertura. Los más difundidos son el V-Funnel y el T50 (Fig. 2). Cuando se requiera una excelente terminación superficial, se recomiendan tiempos de pasaje relativamente bajos, lo que se traduce en HAC de baja viscosidad plástica.
3. Capacidad de pasaje: Evaluada a través de los ensayos donde se pretende observar la capacidad del HAC de sortear obstáculos. Los métodos más conocidos son los ensayos de la caja "L" y "U" y el recientemente normalizado ensayo de extendido con el anillo "J-Ring" (Figs. 3 y 4), incorporado en la norma ASTM C1621-06 que evalúa el HAC por comparación con el extendido

libre. La exigencia en este tipo de ensayos puede variar desde colocar 5 barras en la ventana de la caja "U" (compatible con una estructura muy densamente armada) hasta no colocar ninguna barra (hormigón simple o una losa). En el caso del anillo J-Ring, la exigencia pasará por limitar la diferencia con el extendido libre, tal como lo propone la mencionada norma ASTM C1621.



Figura 1 - Extendido



Figura 2 – T 50



Figura 3 – J Ring



Figura 4 – L Box

INICIO Y DESARROLLO DE LOS HORMIGONES AUTOCOMPACTANTES EN ARGENTINA

Hormigón Prefabricado

Si bien se comenzaron a realizar algunas pruebas en campo a principios del 2000, recién a partir del 2004 comenzó a hacerse más incipiente su aplicación en elementos prefabricados en nuestro país; produciéndose desde placas de pocos centímetros de espesor hasta vigas pretensadas, pasando por paneles, durmientes, columnas y elementos para transporte de líquidos.

Para el mercado de los elementos prefabricados, los HAC presentan diversas ventajas: la facilidad con que estos hormigones son capaces de llenar elementos con formas muy variadas e intrincadas, la eliminación de los vibradores de inmersión o de contacto para compactar el hormigón y la resistencia inicial que adquieren (debido al alto contenido de cemento y la bajas relaciones agua / material cementíceo) que en muchos casos permite eliminar los tratamientos térmicos como el curado a vapor.

A la reducción en el costo de producción se suma el hecho que la diferencia de precios de materia prima por metro cúbico entre un hormigón convencional y un HAC es relativamente baja dado que la industria de los premoldeados emplea altos contenidos de cemento “*per se*” (entre 400 y 500 kg/m³).

A partir de las ventajas técnico-económicas mencionadas, los HAC han penetrado con gran velocidad en este tipo de industria a nivel mundial, habiéndose reportado en el último Congreso realizado en la ciudad de Chicago (2005), que más del 60% de las empresas de premoldeados habían incorporado el HAC en los Estados Unidos. En nuestro país, la inserción de este producto es considerablemente menor, si bien muchas empresas han comenzado a ver las bondades del mismo.

Hormigón Elaborado

Los primeros hormigones autocompactantes diseñados y puestos en producción en el 2001 ¹ fueron elaborados empleando material cementíceo compuesto por cemento y filler calcáreo (500 a 550 kg/m³ en total). El agregado estaba constituido por piedra partida granítica 6-12 mm y agregado fino compuesto por una mezcla de arena fina (Módulo de Finura 1,60 -1,80) y arena gruesa (Módulo de Finura 3,00-3,20). El aditivo utilizado fue un superfluidificante de última generación, base policarboxilato.

Para la industria del hormigón elaborado, donde los requisitos de resistencias iniciales y finales normalmente no es tan elevado, la penetración de los HAC se hace más difícil. Esto está asociado a que se emplean contenidos de cemento sustancialmente menores y que la evaluación de costos globales que permite analizar sus ventajas no es tan directa. Teniendo en cuenta que gran cantidad del hormigón empleado actualmente en la ciudad de Buenos Aires es de tipo H-17 hasta H-30 inclusive, los HAC presentan diferencias de costo de materia prima relativamente altas en comparación con el hormigón convencional de resistencia equivalente ^{8,9}.

Es así que las aplicaciones en obra del HAC desde el 2003 en adelante incorporaron algunas modificaciones respecto de la experiencia inicial. Esto originó la necesidad de desarrollar nuevas mezclas, haciendo más hincapié en el aspecto económico. Estos cambios implicaron:

- Utilización de escoria de alto horno (EAH) como adición mineral en reemplazo del filler calcáreo.
- Reducción del contenido unitario de material cementíceo (420 – 500 kg/m³)
- Reemplazo de la arena de trituración por arena gruesa natural de río.
- Incorporación de aire en forma intencional.
- Empleo de mezclas con mayor tamaño máximo del agregado, obtenido a partir de la combinación de piedra partida 6-12 mm y piedra partida 6-20 mm.

En la actualidad, la demanda del producto es cada vez mayor, si bien el porcentaje respecto de la producción total es muy bajo. Actualmente se encuentran en ejecución proyectos donde se han especificado hormigones autocompactantes clase H60 y H80.

DESCRIPCIÓN DE TRABAJOS REALIZADOS

Hormigón elaborado

Las primeras obras y elementos estructurales en los cuales se requirió el empleo de HAC tienen diferentes orígenes. En la Tabla 1 se detalla la tipología estructural, el método de colocación, la resistencia especificada y algunos datos de interés adicionales. Las obras 1, 2 y 3 corresponden a hormigón elaborado, llevada a cabo en 2001 ⁷. Luego de esta primera etapa, la crisis económica de nuestro país generó un período de casi 2 años hasta que se empleó HAC en la obra 4. Durante esta transición fue necesario desarrollar mezclas que permitieran reducir el fuerte impacto de la devaluación monetaria en el costo de las materias primas (por

ejemplo, los aditivos, fabricados con componentes importados). La incorporación de aire en forma intencional se realizó con este objetivo.

Evidentemente, las mejores condiciones respecto del crecimiento de la economía (en particular de la industria de la construcción) se ven plasmadas en una aceleración en el empleo de HAC. En efecto, las 10 obras restantes se han realizado en el período comprendido entre fines de 2004 y 2006, implicando un volumen superior a los 20.000 m³ de HAC colocados.



Figura 5. Tabique con ventana (Obra 6)



Figura 6. Aspecto (Obra 5)

Tabla 1 – Detalle de las obras donde se utilizó HAC

Obra	Tipo Obra	Elemento Estructural	f'c [MPa]	Método Colocación	Observaciones
1	Silos almacenaje	Tabique Espesor 25 cm	30	Bombeo desde arriba	Transporte 60 minutos
2	Bóveda de caudales	Tabique Espesor 45 cm	30	Bombeo desde arriba	Elevada densidad de armaduras
3	Edificio Gran Altura	Columnas	47	Bombeo desde arriba	Menor presión de bombeo
4	Vivienda	Pilotes 40 cm diámetro y 11 m prof	30	Bombeo	Armadura colocada a posteriori
5	Edificio Torre	Columnas, Tabiques y Losas	47	Bombeo	Solo en elementos vistos
6	Edificio Torre	Tabique Visto	30	Balde 300 lts	Con ventana incluida
7	Edificio Torre	Columnas Planta Baja	30	Bombeo desde arriba	--
8	Elementos premoldeados	Escamas	--	Directa	10 MPa a 24 horas
9	Monumento	Columnas premoldeadas	47	Directa por gravedad	Encofrado Tradicional
10	Planta industrial	Tabique	30	Bombeo desde arriba	Con ventana incluida
11	Edificio Gran Altura	Losa	47	Bombeo a gran altura	--
12	Elementos premoldeados	Divisores de tránsito	30	Directa	--
13	Ampliación estación subterránea	Vigas bajo nivel de vereda	30	Bombeo por troneras desde nivel de vereda	--
14	Edificio	Cartel con letras bajo relieve	--	Gravedad desde la parte inferior	--
15	Edificio - Hotel	Tabique en zona sísmica	30	Bombeo desde arriba	Muy alta densidad de armaduras

Hormigón premoldeado

Los primeros elementos premoldeados de HAC realizados a principios del 2001 correspondieron a tabiques de poco espesor (2 – 3 cm) y placas para revestimiento. A partir del 2004 comenzaron a aplicarse en elementos de mayor envergadura, como por ejemplo, las piezas tipo “U” de 3 metros de base por 3,5 metros de altura empleado para conducir líquidos (Fig. 7).

A ello le siguió la fabricación de elementos estructurales como vigas de hasta 12 metros de luz, columnas de 8 metros de altura y paneles de cerramiento superior donde se combinó hormigón autocompactante (colocado en los nervios de 2,5 cm de espesor) con hormigón convencional de bajo asentamiento, con el fin de lograr la curvatura necesaria del techo. En la actualidad se emplea en la elaboración de vigas de grandes luces (25 – 30 metros aprox.) donde los tiempos de colocación y el

personal empleado para dicha tarea se ha reducido notoriamente (Fig. 8). En la Tabla 2 se enumeran las obras antes mencionadas con sus características particulares continuando con la numeración de la tabla 1.

Tabla 2 – Detalle de las obras donde se utilizó HAC (Premoldeados)

Obra	Tipo Obra	Elemento Estructural	f'c [MPa]	Observaciones / Requerimientos
16	Polideportivo	Placas de 2-3 cm de espesor	30	Hormigonado en horizontal Muy buena terminación superficial
17	Piscina de natación	Placas de 12 cm de espesor	30	Escasa separación de armaduras Muy buena terminación superficial
18	Transporte ferroviario	Durmientes de hormigón pret.	47	Buena terminación superficial Alta resistencia inicial para destesado
19	Acueducto	Elementos en U de 3 x 3,5 mts	35	Buena terminación superficial Alta rotación de encofrados
20	Nave industrial	Vigas pret. de 12 mts de luz	38	Colado en horizontal Buena terminación superficial
21	Nave industrial	Columnas de 8 mts de altura	38	Muy buena terminación superficial
22	Puente carretero	Vigas postesadas de 28 mts de luz	47	Buena terminación superficial Alta resistencia inicial
23	Nave industrial	Cerramiento superior	30	Adecuada terminación superficial Elemento de poco espesor
24	Puente carretero	Vigas postesadas de 26,5 mts de luz	38	Buena terminación superficial Alta resistencia inicial
25	Edificio	Paneles arquitectónicos	30	Muy buena terminación superficial



Figura 7 (Obra 19)



Figura 8 (Obra 24)

Características de las mezclas en estado fresco

En la Tabla 3 se enumeran algunos de los aspectos más relevantes de dichas obras. Teniendo en cuenta la tendencia mencionada en el diseño de HAC, es importante destacar que las tres primeras obras fueron ejecutadas con la misma mezcla a pesar de tener características diferentes. Con el criterio actual, en la Obra 1 se hubiese requerido especificar un extendido menor debido a la extensa longitud del tabique y su baja densidad de armaduras. Esto hubiese evitado que el hormigón se desplazara distancias superiores a los 10 metros, aumentando la probabilidad de formación de juntas frías.

En el mismo sentido y a pesar de un resultado satisfactorio, la Obra 2 hubiese requerido un extendido mayor por la gran congestión de armaduras. Respecto de la Obra 3, el bombeo a grandes alturas requería un extendido del orden de 700-720 mm al pie de la bomba, lo cual generó una presión de bombeo 20% inferior en comparación con un hormigón convencional de 18-20 cm de asentamiento. Con este hormigón se bombearon hormigones hasta 150 metros de altura (Edificio Repsol YPF y Torres Mulieris).

Tabla 3 – Características de los HAC utilizados

Obras	Contenido unitario cemento + adición mineral [kg/m ³]	Extendido [mm]	Tipo de Adición Mineral	Observaciones
1-2-3	610	700 ± 30	Filler Calcáreo	----
4-6-7-10 12-13	400-420	670 ± 30	Escoria de Alto Horno	Aire incorporado 5 ± 1%
5-9-11	500	670 ± 30	Escoria de Alto Horno	En losas 550 ± 30 mm
8	520	650 ± 30	Escoria de Alto Horno	El contenido de EAH fue de 10%
14	550	750 ± 30	Escoria de Alto Horno	----
15	490	600 ± 30	No	Cemento puzolánico
16-17	500	650 ± 30	Filler calcáreo	Contenido de filler: 30 %
18	500	620 ± 20	Filler calcáreo	Contenido de filler: 30 %
19	500	700 ± 30	No	----
20-21	600	620 ± 30	Filler calcáreo	Contenido de filler: 30 %
22	480	620 ± 30	No	Corrección con arena muy fina
23	500	650 ± 30	No	Contenido de filler: 30 %
24	650	750 ± 30	Filler calcáreo	Contenido de filler: 35 %
25	500	550± 30	No	Hormigón arquitectónico

En las obras 16 a 20 se obtuvieron buenos resultados a pesar de que no se realizaron los ajustes pertinentes para el tipo de elemento que se estaba hormigonando.

Las restantes obras (4 a 14 y 21 a 25) fueron ejecutadas con HAC que tuvieron en cuenta el tipo de estructura. Para ello resulta necesario coordinar mejor la provisión de hormigón y verificar con el personal de obra aspectos constructivos tales como: tipo de encofrado, velocidad de llenado, presión sobre los mismos, altura de caída, tipo de desencofrante, etc. Esto también exige la capacitación del personal de la obra ya que el vibrado o la mala manipulación de este tipo de hormigones es perjudicial para su desempeño durante el hormigonado.

En las Figuras 9 y 10 se muestran vistas de las Obras 7 (Columnas planta baja de un edificio) y 9 (Monumento con tres obeliscos premoldeados de acero revestidos por hormigón).



Figura 9. Columnas (Obra 7)



Figura 10. Monumento (Obra 9)

Aspectos que pueden perjudicar el desempeño de los HAC

Como toda nueva tecnología, la puesta en obra de estos hormigones origina diferentes tipos de dificultades. Las Obras 7 y 24, por ejemplo, generó algunos inconvenientes que, de tenerse en cuenta en el futuro, permitirán que los HAC se vuelvan visualmente más atractivos. Los inconvenientes de esta obra en particular así como también algunas otras consideraciones se pueden enumerar en:

1. Falta de estanqueidad en los encofrados (Ver Figs. 9 y 10). Esto también genera dificultades cuando se emplean encofrados tradicionales (Obra 9), donde el espacio mínimo entre tablas se convierte en un punto de escape de la lechada cementícea.
2. Presión sobre los encofrados. Sin duda se ha convertido en un tema central para este tipo de hormigones. En general la mayor presión sobre los encofrados se asocia con una mayor velocidad de hormigonado, dado que los HAC tienden a colocarse en el menor tiempo posible por no necesitar de vibración. En este sentido, el comité ACI 237 "Self Consolidating Concrete" en conjunto con el comité ACI 347, detalla los cuidados que se deben tener al respecto. En el Figura 11 se observa cómo varía la presión en los encofrados en función de la velocidad de llenado ¹⁰
3. El arrastre del agua de lluvia o suciedad no evacuada antes del hormigonado ha llevado a la obtención de una terminación superficial de peor calidad. El tipo de desencofrante y el material con que está construido el encofrado (En las Obras 8, 12, 22 y 24 se utilizó un encofrado metálico) son determinantes por su tendencia a atrapar burbujas de aire. Es importante utilizar cañerías o mangas que dirijan el flujo de hormigón, evitando la caída libre del material

(Fig. 16). En elementos verticales es óptimo el llenado por bombeo desde la parte inferior del molde, asegurando una excelente terminación superficial¹

4. Es muy importante adoptar una adecuada secuencia de hormigonado, de forma de evitar que el aire no se elimine correctamente, aumentando el riesgo de generar un defecto de compactación en lugares de difícil acceso. En la Obra 13 (Fig. 12) el llenado de las vigas se realizó por troneras ejecutadas sobre el pavimento y el bombeo se realizó en la secuencia indicada de forma tal que el aire escape sin problemas por el punto 5. Este proceso fue realizado a metros del Obelisco con mínimas consecuencias para el tránsito vehicular. Respecto de las obras 6 y 10, se construyeron tabiques con ventanas incluidas, observándose en la Figura 13 la secuencia de hormigonado adoptada. El objetivo al adoptar esta secuencia de hormigonado consistió en colar el HAC por el punto 1 hasta observar desde la parte superior que el hormigón alcanzó los puntos denominados A y B. Una vez que el material cubrió estos puntos, el hormigonado continúa por los puntos de descarga 2 y 3.

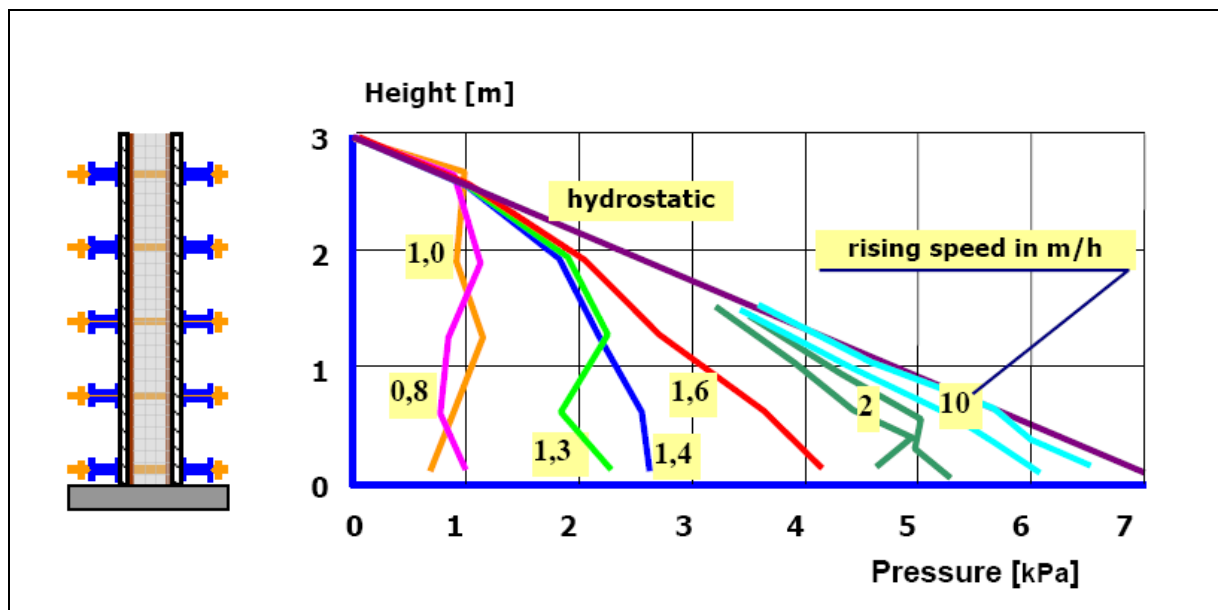


Figura 11 – Presión en los encofrados en función de la velocidad de llenado

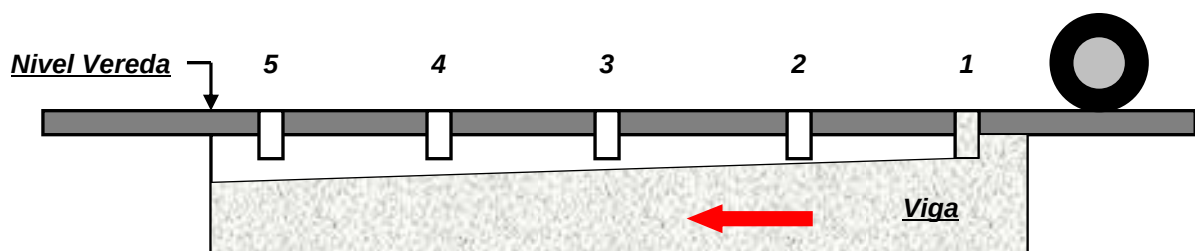


Figura 12. Secuencia llenado Obra 13 (Fig. 6).

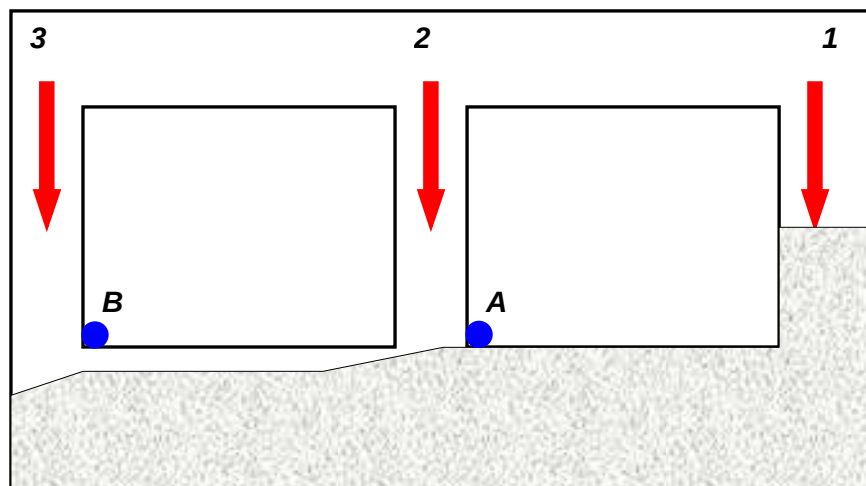


Figura 13. Secuencia llenado Obras 6 y 10.



Fig. 14. Falta de estanqueidad



Fig. 15. Llenado Obra 13



Fig. 16. Llenado desde arriba



Fig. 17. Falta de estanqueidad

- 5 Por último, el aspecto económico se convierte en un punto clave para que los HAC dejen de ser sólo hormigones especiales de aplicaciones limitadas. A nivel mundial, los esfuerzos se han volcado en demostrar que si bien el metro cúbico de HAC es más caro que el del hormigón convencional de similar nivel de resistencia, el costo global del hormigón colocado en la estructura es menor.
- Esto debe analizarse teniendo en cuenta la optimización de la mano de obra, la reducción de energía por vibración, la velocidad constructiva, los ahorros en “maquillaje” por defectos de terminación, además de la menor contaminación sonora y el menor riesgo para los operarios que deben exponerse al uso de vibradores de alta frecuencia.

ULTIMOS AVANCES EN HAC

En el 1º Congreso Español del HAC realizado en Valencia, los investigadores sobre este tópico han volcado sus esfuerzos al estudio de dos grandes temas:

Mejora en la robustez de los HAC: Los investigadores están evaluando cuáles son los factores que hacen más sensibles a este tipo de hormigones (variación en la humedad y tipo de agregados empleados, la cantidad de agua, la dosis de aditivo hiperfluidificante, etc). Con este conocimiento, se busca desarrollar métodos de dosificación que contemplen estos factores y permitan elaborar HAC más estables y robustos ¹¹.

HAC con bajo contenido de polvo: Como mencionamos al comienzo del trabajo, existen claros beneficios en el mercado del hormigón prefabricado, vinculados con la reducción del costo de la mano de obra y con la eliminación de la compactación y del curado a vapor. Esta situación se suma a que la diferencia de costos de materia prima por metro cúbico entre un hormigón convencional y un HAC es relativamente baja dado que normalmente se emplea altos contenidos de cemento (entre 400 y 500 kg/m³).

Para la industria del hormigón elaborado, las ventajas no son tan apreciables ya que se emplean contenidos de cemento sustancialmente menores y que la evaluación de costos globales que permite analizar sus ventajas (reducción de la mano de obra, por ejemplo) no es directa.

Considerando que gran cantidad del hormigón empleado actualmente en la Argentina se encuentra entre H-17 y H-30 inclusive, los HAC presentan diferencias de costo de materia prima relativamente altas en comparación con el hormigón convencional de resistencia equivalente. La Figura 18 muestra un gráfico teórico que intenta explicar conceptualmente estos aspectos.

Tanto en nuestro país como en el resto del mundo ^{12, 13}, se han llevado estudios sobre HAC con bajo contenido de material pulverulento (entre 330 y 420 kg/m³), transformándolo así en un producto más competitivo frente a los hormigones convencionales de niveles resistentes H17-H30, que son los más solicitados en el mercado del hormigón elaborado.

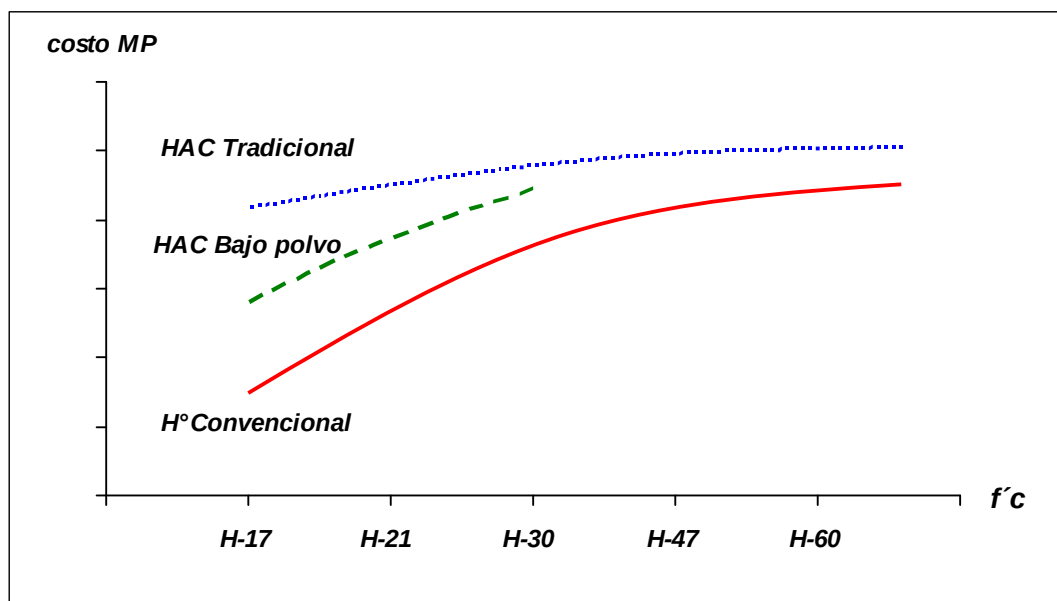


Figura 18 – Comparativa Teórica Costo Materia Prima vs. $f'c$

CONSIDERACIONES FINALES

Analizando el presente y futuro de los HAC en nuestro país y basando el análisis en varios casos de aplicación en una variada gama de estructuras, pueden enumerarse las siguientes consideraciones:

- Un HAC debe diseñarse con el objetivo de obtener en estado fresco un determinado comportamiento. Dicho comportamiento dependerá principalmente del tipo de estructura a hormigonar, su densidad de armadura, la necesidad de una buena terminación superficial, etc.
- Las guías para el diseño y utilización de HAC deberán especificar requisitos de recepción del hormigón en obra en términos de ensayos tecnológicos que nos permitan medir directa o indirectamente la capacidad de pasaje, la viscosidad plástica y el nivel de fluidez de este tipo de hormigones. Estos ensayos ya forman parte del cuerpo normativo en algunos países, hecho que permitirá que los HAC se conviertan en un hormigón de mayor utilización, más versátil y de aplicaciones bien diversificadas.
- Respecto de los 14 casos de aplicación, la tendencia es una mayor participación del proveedor de hormigón elaborado en el proceso constructivo, involucrándose en los aspectos de obra donde los HAC pueden generar diferencias respecto de un hormigón convencional vibrado. Vale destacar el hecho de la existencia de proyectos donde se ha especificado HAC en resistencias características de 60 y 80 MPa.

REFERENCIAS

- ¹ Fornasier G., Fava C., Zitzer L. (2001), "Desarrollo y Caracterización de Hormigones Autocompactantes". XIV Reunión Técnica AATH. Olavarría. Tomo I, pp 275-284.
- ² Fernández Luco L., Torrent R. (2001), "Diseño y Comportamiento Reológico de Hormigones Autocompactantes" . XIV Reunión Técnica AATH. Olavarría. Tomo I, pp 265-274.
- ³ Fornasier G., Fava C., Zitzer L. (2001). "Self Compacting Concrete in Argentina: The First Experience". Second International Symposium on SCC. Japón, pp 309-318.
- ⁴ Okamura H., Ozawa Y. y Kazumasa H. (1995), "Mix Design for Self-Compacting Concrete". Concrete library of JSCE N°25, pp 107- 120.
- ⁵ Constantiner D., Dackzo J. (2002), "Not All Applications are Created Equal: Selecting The Appropriate SCC Performance Targets" First North American Conference on the Design and Use of Self Consolidating Concrete. Chicago, USA, pp. 179-184.
- ⁶ EFNARC. (2005), "The European Guidelines For Self Compacting Concrete: Production And Use".
- ⁷ Fornasier G., Giovambattista P, Zitzer L. (2002), "Self Consolidating Concrete in Argentina: Development Program & Applications" First North American Conference on the Design and Use of Self Consolidating Concrete. Chicago, USA., pp. 439-445.
- ⁸ Grunewald, Walraven. "The Effect of Viscosity Agents on The Characteristics of SCC". Second North American Conference and Fourth International RILEM Symposium SCC. USA. (2005). pp 9-15.
- ⁹ Terpstra. "Stabilizing Low Viscous Self Compacting Concrete". Second North American Conference and Fourth International RILEM Symposium on SCC. Chicago, USA. (2005). pp 47-54.
- ¹⁰ J.C. Walraven. "Self Compacting Concrete: Challenge for designer and researcher", 1º Congreso Español del HAC. Valencia, España (2008), pp. 15-30.
- ¹¹ R Gettu, S. Nawaz Shareef, K.J.D. Ernest. "Evaluation of the Robustness of SCC", 1º Congreso Español del HAC. Valencia, España (2008), pp. 59-68.
- ¹² M. Corradi, R.S.Khumara, R. Margarotto, J. Roncero. "Low fines content in Self Compacting Concrete", 1º Congreso Español del HAC. Valencia, España (2008), pp. 215-222.
- ¹³ D. Mantenga, G. Fornasier, C. Hernández, H. Balzamo. "Optimización de HAC con bajo contenido de polvo", 1º Congreso Español del HAC. Valencia, España (2008), pp. 289-298.