

EFEECTO DEL CURADO EN LOS HORMIGONES DE ALTA PERFORMANCE

Oscar A. Cabrera - Horacio A. Donza – Edgardo F. Irassar
Laboratorio de Materiales - Facultad de Ingeniería
Del Valle 5737- (B7400JWI) Olavarría - Argentina
TE/Fax: (54) -2284-451055 - E-mail: lem@fio.unicen.edu.ar

Resumen

El desarrollo de resistencia de los hormigones se ve influenciado fundamentalmente en las primeras edades por la disponibilidad de agua para asegurar la hidratación del cemento. La pérdida temprana de agua, dependiendo de la forma de los elementos estructurales o de la zona de emplazamiento de la estructura, puede llevar a una disminución importante no solamente en las propiedades mecánicas sino también en las propiedades durables de las estructuras. La calidad del hormigón es otra de las variables que pueden o no afectar éstas propiedades, según sea la estructura y/o interconexión de poros del material endurecido.

En la actualidad, el desarrollo y uso de los hormigones de alta performance (HAP) plantea la revisión del efecto del curado sobre el desarrollo y posterior evolución de las propiedades del hormigón. Los HAP con arena triturada si bien no se han aplicado en obras, han mostrado en laboratorio un desarrollo de resistencia similar al de los elaborados con arena natural, y en algunos casos, superior debido al efecto filler que provoca la presencia del polvo de roca. Este mejor comportamiento también se vincula con la mejora de la interfaz “pasta-agregado fino”.

En este trabajo se analiza la problemática del uso de arenas trituradas en hormigones y los avances obtenidos en HAP con este tipo de arena. Se presentan las propiedades mecánicas obtenidas de losas moldeadas con hormigones preparados en una planta hormigonera y sometidos a distintos tipos de curados. Se comparan los resultados con los correspondientes obtenidos en probetas normalizadas hasta la edad de 90 días.

INTRODUCCIÓN

Los hormigones de alta performance son utilizados en una diversidad importante de obras y elementos estructurales, tales como columnas de edificios en altura, puentes de grandes luces, estructuras off-shore, etc., donde las sollicitaciones mecánicas y las condiciones de exposición al medio agresivo son severas o extremas. El 75 % de la aplicación de HAP en obras tiene como propósito la obtención de durabilidad y no de resistencia [1]. Los HAP son una solución tecnológica a proyectos cada vez más comprometidas estructuralmente. La dosificación, colocación y curado del hormigón son variables exclusivas de las obras donde el control de las mismas está de algún modo determinando la calidad de la estructura. En muchas ocasiones no siempre es posible la realización de un curado adecuado o extenso ya sea por las demoras en el ritmo de ejecución de obra o bien por la forma del elemento estructural que no lo permite o lo dificulta, y/o directamente por que no es práctica habitual curar el hormigón.

El curado del hormigón en obra generalmente se desarrolla durante un corto período de tiempo. Ello hace que no se pueda obtener la hidratación máxima del cemento, dado que es necesario que los capilares estén llenos de agua para que se lleven a cabo este conjunto de reacciones químicas. El tiempo de curado del hormigón está estrechamente vinculado con el tipo y finura del cemento empleado como así también, de la clase, finura y volumen de adiciones minerales que contenga. La pérdida de resistencia debida a un curado deficiente se torna más crítica en el caso de elementos estructurales esbeltos o con gran superficie de exposición al medio ambiente. En hormigones convencionales se puede obtener un importante desarrollo de productos de hidratación debido a la disponibilidad de espacios suficientes para el crecimiento de los hidratos. En cambio, en los HAP debido a los altos contenidos de materiales cementíceos y al escaso contenido de agua de mezclado, la hidratación no siempre resulta completa. Esto se vincula a la posibilidad de que un curado deficiente influya negativamente sobre la calidad final de la estructura.

La reducción de la resistencia según algunos autores resulta ser más importantes en hormigones de menor relación agua/cemento (a/c) [2]. En cambio, otros estudios realizado con HAP demostraron que para iguales condiciones de exposición estos resultan menos afectados en sus propiedades físico-mecánicas respecto a los hormigones convencionales. Las causas de este comportamiento se relacionan con la presencia de una matriz de cemento más compacta y de menor contenido de vacíos capilares [3]. Renombrados tecnólogos del hormigón afirman que el curado inadecuado del hormigón es el responsable de muchos de los problemas de durabilidad del material [1,2]. Generalmente se analiza como un factor determinante de la durabilidad de las estructuras al hormigón de recubrimiento ya que esta zona resulta ser la más expuesta a la agresividad del medio y además en ella se incluye a las armaduras. Cualquier factor que altere la calidad y fundamentalmente la porosidad de esta zona será responsable del incremento de la velocidad de ingreso de iones que ataquen a las barras de acero. Los resultados obtenidos sobre probetas moldeadas y procesadas de manera diferente al hormigón de la estructura no tendrán una correlación tan directa con el comportamiento durable de la misma, aunque aportan información relativamente relevante. Por este motivo se han desarrollado diferentes métodos para evaluar "in-situ" la calidad del hormigón de recubrimiento, y estudios basados en la medición de la permeabilidad al aire demostraron una adecuada correlación entre la mayoría de los procesos de deterioro del hormigón por agentes externos y la permeabilidad de los gases del recubrimiento [4].

Por otra parte, experiencias realizadas para determinar el número de ciclos de congelación y deshielo para alcanzar una pérdida del 25 % del peso de probetas con respecto a la duración del curado muestran que para obtener la máxima resistencia a la desintegración es necesario mantener un curado de al menos 5 a 7 días para hormigones con relaciones a/c de 0.80 a 0.45, respectivamente. La reducción de la permeabilidad con la duración del curado presenta un desarrollo similar a la pérdida de peso y el incremento de la resistencia a la congelación con largos curados es debido en parte a la disminución en la cantidad de agua absorbida por el material endurecido. Las mezclas de menor relación a/c resultaron ser más sensibles a un curado deficiente [5].

Los HAP realizados con arenas trituradas son hormigones de escasa difusión en la bibliografía internacional y experiencias propias han sido desarrolladas a escala de probetas de laboratorio donde las condiciones de curado han sido las normalizadas. Queda a definir el comportamiento de estos HAP en condiciones de obra. Por tal motivo el presente trabajo intenta ser una aproximación a esas condiciones. Para ello se estudia y analiza las características mecánicas de losas de HAP con arena granítica triturada elaborado en una planta hormigonera con diferentes condiciones de curados. Estos resultados se contrastan con valores obtenidos en probetas normalizadas.

ASPECTOS GENERALES DE LOS HAP CON ARENAS TRITURADAS

En importantes regiones de nuestro país no se cuentan con agregados finos que se encuadren dentro de los requisitos de calidad establecidos por las normas y reglamentos de construcción. Esto no impide que las construcciones civiles se realicen utilizando hormigones elaborados con agregados regionales de menor calidad. Entonces, por cuestiones técnico-económicas es necesario efectuar estudios experimentales a fin de optimizar la calidad de los hormigones y promover el incremento de la durabilidad de las estructuras. Las arenas de bajo módulo de finura, de médanos, de playa y trituradas son materiales de uso habitual a pesar de que se encuentren fuera de los estándares establecidos. La tecnología del hormigón debe presentar propuestas de soluciones para el desarrollo e incremento de los conocimientos de los hormigones con estas arenas, de modo tal que la difusión de los avances tecnológicos alcanzados puedan verse reflejados en una mayor calidad de las obras.

En un extenso relevamiento efectuado en ocho ciudades de la costa atlántica bonaerense situadas entre Punta Rasa y Bahía Blanca, se describen los problemas constructivos y de durabilidad observados en sus estructuras de hormigón armado. Una de las conclusiones a las que se arribó fue que los agregados empleados en la región, especialmente los finos, han inducido a utilizar altos contenidos de agua que han elevado la porosidad del hormigón, además la presencia de sales en los mismos ha significado concentraciones iniciales de cloruros en el hormigón fresco superior al umbral de corrosión. Los valores obtenidos sobre muestras de hormigón tomadas en estructuras corroídas, muy jóvenes y distantes del mar, corroboran estas afirmaciones [6].

En cambio en el centro de la provincia de Buenos Aires el agregado fino disponible son las arenas trituradas, que presentan características de forma, textura y contenido de polvo que en hormigones convencionales son críticas por su gran influencia sobre el consumo de agua. Este modifica la relación a/c e incide sobre la calidad de las propiedades mecánico-durables y también, sobre la interfaz "pasta-agregado". Además, la terminación y colocación del hormigón se ven afectadas por las características físicas de las partículas. La utilización de superfluidificantes ha permitido la elaboración de hormigones con relaciones a/c cercanas a 0.30 y con consistencia muy fluida, sin segregación ni exudación.

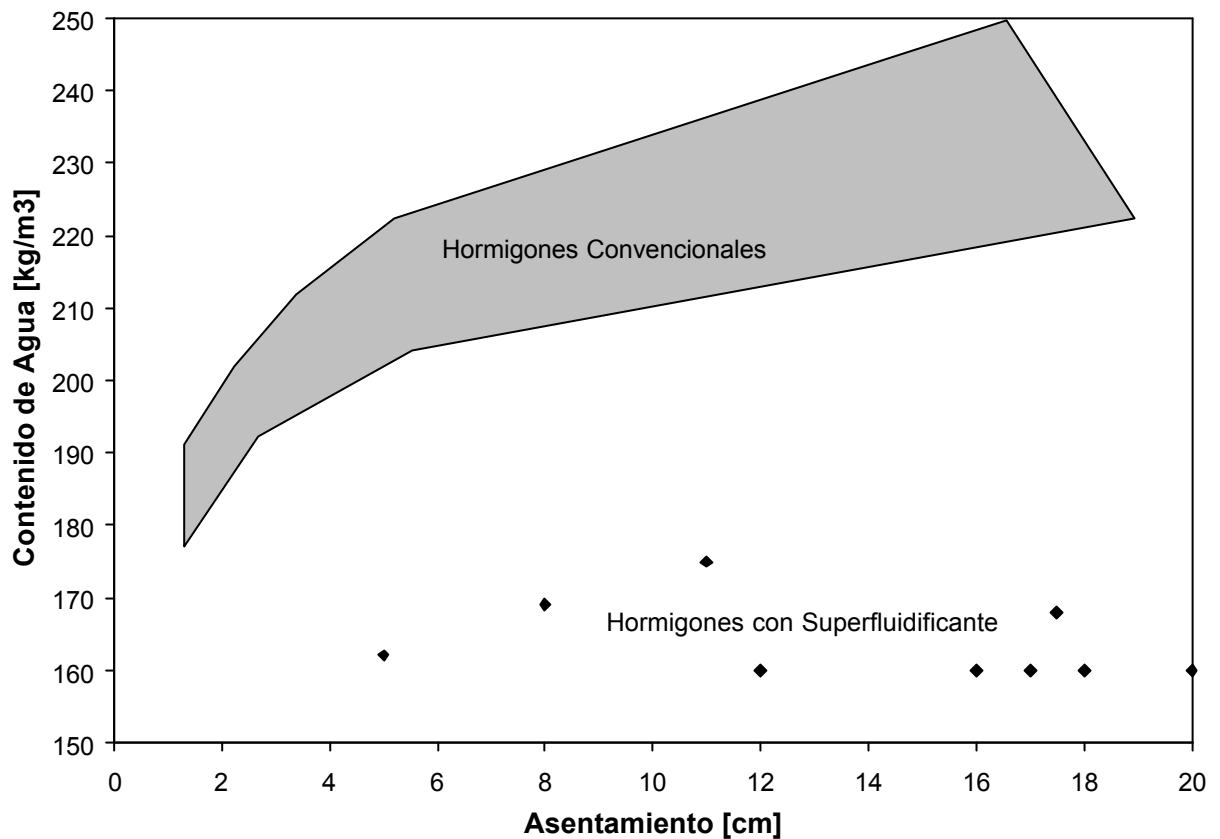


Figura 1: Asentamiento Vs. Consumo de Agua en Hormigones con Arenas Trituradas

En la figura 1 se indica la relación entre el consumo de agua y el asentamiento para hormigones convencionales elaborados con el 100 % del agregado fino triturado y para HAP utilizando diferentes tipos y dosis de superfluidificantes y granulometrías de las arenas. Los resultados obtenidos muestran la drástica reducción del contenido de agua que permiten lograr los aditivos superfluidificantes y se destaca que las dosis necesaria superan los máximos valores establecidos por los fabricantes de aditivos. El tiempo de permanencia del efecto del aditivo tiene las mismas limitaciones que en los HAP con arenas naturales.

Se realizaron experiencias con HAP, utilizando contenidos de cemento de 530, 485 y 450 kg/m³ y arena triturada granítica con módulo de finura de 2.28 (0-3 mm) y relaciones a/c de 0.30, 0.33 y 0.36, respectivamente. Otra serie con idénticos contenidos de cemento se realizó utilizando arena similar, con una finura de 3.15 (0-6 mm). Los contenidos de agua y de agregado grueso fue constante para las seis dosificaciones, 160 y 1030 Kg/m³, respectivamente. El contenido de polvo de roca proveniente del agregado fino (partículas < 75 µm) en las mezclas estuvo en el orden de 62 a 78 kg/m³ de hormigón. El contenido de aditivo superfluidificante fue de 4 % en peso del cemento, y la consistencia se mantuvo entre 12 y 17 cm. Las mezclas presentaron niveles de resistencias que los sitúan en el rango de los HAP, en la tabla I se indican los valores correspondientes a los hormigones y sus respectivos morteros obtenidos por tamizado sobre la malla de 4.75 mm. Los hormigones se identifican con el contenido de cemento seguido del tamaño comercial del agregado fino.

Los resultados indican que utilizando aditivos superfluidificantes y adecuados contenidos de cemento los efectos desfavorables que las arenas trituradas le confieren al hormigón convencional son minimizados, pudiendo obtenerse hormigones de alta calidad. Además, el tamaño de las partículas de arena influye levemente en las propiedades mecánicas de los hormigones, siendo favorable el uso de arena de menor finura.

Tabla I: Propiedades Mecánicas de Morteros y Hormigones, a 28 días (MPa)

MEZCLA	530-06	485-06	450-06	530-03	485-03	450-03
Compresión Hormigón	65	62	54	67	61	58
Tracción Hormigón	3.3	3.8	3.6	3.4	3.8	3.5
E Hormigón [GPa]	35.4	34.7	34.2	38.5	34.7	34.8
Flexión Mortero	11	12	10	13	11	11
Compresión Mortero	74	68	59	68	68	66

El uso de hormigones con AT en la actualidad se limita a obras de pequeña a mediana envergadura, en obras de mayor importancia se emplean mezcla de arenas naturales y trituradas o las mezclas se realizan utilizando aditivos. El empleo de estas arenas se debe a su disponibilidad y al bajo costo que tienen en comparación con las arenas naturales.

EFFECTO DEL CURADO EN HAP CON ARENAS TRITURADAS

Materiales

Cemento Portland: Se empleó un cemento portland comercial en bolsas rotulado como de alta resistencia inicial ARI (tipo III según ASTM) cuya composición potencial y características mecánicas se indican en la tabla II.

Tabla II: Propiedades Físicas y Químicas del Cemento Portland.

Composición Potencial Compuesto [%]		Edad [Días]	Resistencia a Compresión [MPa]
C ₃ S	50.7	2	20.0
C ₂ S	24.1	7	30.8
C ₄ AF	14.9	28	40.7
C ₃ A	2.1	90	50.3

Agregados: El agregado fino empleado es una arena granítica triturada lavada en cantera y disponible en el mercado local. Sus características se muestran en la tabla III. El agregado grueso empleado, una piedra partida granítica de tamaño nominal 6-20 mm es procedente de la misma cantera.

Tabla III: Distribución Granulométrica de la Arena Triturada

Tamiz IRAM	% Retenido Acumulado
4 (4.75 mm)	3
8 (2.26 mm)	41
16 (1.18 mm)	63
30 (600 µm)	81
50 (300 µm)	91
100 (150 µm)	99
% Retenido Tamiz N° 200	1
Módulo de Finura	3.78

Tabla IV: Proporción de los Materiales, en Kg/m³

Material	Cantidad
Cemento Portland ARI	485
Piedra partida 6-20 mm	1030
Arena triturada lavada	698
Aditivo superfluidificante	14
Agua	160
Relación "agua/cemento", en peso	0.33
% de aditivo sólido respecto del cemento	0.64
% de Material sólido del aditivo	3.1
Asentamiento, en mm	180

Aditivo Superfluidificante: Se empleó un aditivo superfluidificante comercial cuya base pertenece al grupo de condensados de melamina sulfonato formaldehído (SMF). Entre sus características físicas y químicas puede destacarse que posee un residuo sólido del 22.1%, pH = 7.5 y una densidad de 1.134 g/cm³.

Dosificaciones y Metodología de Trabajo

El hormigón fue dosificado en una planta hormigonera, (a 10 km. del laboratorio), con las proporciones de materiales que se indica en la tabla IV. Al llegar el camión mezclador al laboratorio le fue agregado el aditivo superfluidificante hasta alcanzar un asentamiento de 18 cm.

Con el hormigón dosificado (aproximadamente 1 m³) se moldearon treinta probetas cilíndricas de 10 x 20 cm para evaluar la resistencia a rotura a la compresión y el módulo de elasticidad y además, cinco losas de 80 x 90 x 19 cm para determinar el efecto del curado en muestras de hormigón de dimensiones similares a elementos reales de obra. Cada losa fue sometida a un ciclo de curado diferente entre los meses de enero y febrero con temperaturas ambiente del orden de los 30 °C. Durante el curado húmedo las losas se cubrieron con arpilleras húmedas y mediante un film de polietileno se evitó la pérdida de agua. Finalizado el período de curado las losas se elevaron del nivel de piso de modo tal que sus seis caras estuviesen expuestas al aire. Los tipos de curados fueron designados con la siguiente nomenclatura:

1. **CA:** El hormigón de losas y probetas se protegió las primeras 24hs y luego, se desmoldo y expuso al ambiente de laboratorio.
2. **2H:** Se mantuvo el hormigón húmedo en el encofrado por dos días y a partir de allí se lo expuso al ambiente de laboratorio.
3. **3H:** Idem anterior por tres días.
4. **7H:** Idem por siete días.
5. **28H:** Idem por 28 días.
6. **CN:** Curado normalizado de probetas durante 28 días.

A las edades preestablecidas (3, 7, 28 y 90 días) se calaron con una broca de $\phi = 100$ mm, tres testigos de cada uno de los bloques y se los mantuvo en ambiente de laboratorio al menos durante 4 horas antes del ensayo. La esbeltez de los testigos es próxima a 2. Por otra parte, a las probetas moldeadas se le efectuaron dos tipos de curados: uno completamente al aire a partir de las 24 hs. de moldeadas y el segundo, un curado normalizado en cámara húmeda. Las edades de ensayo fueron las mismas que en el caso de los testigos.

HORMIGÓN EN ESTADO FRESCO

El hormigón utilizado en estas experiencias, con el contenido de agua indicado y empleando arenas trituradas, aplicando la tecnología de los hormigones convencionales harían inviable el mezclado y la colocación del material. En nuestro caso la presencia del aditivo superfluidificante, a pesar del pequeño volumen del pastón y de la baja relación a/c, permitió que el mixer pueda efectuar un mezclado adecuado lográndose un asentamiento de 180 mm. El material presentó buena terminación, cohesión y resultó prácticamente autocompactante. Si bien el tiempo de colocación en los moldes se demoró aproximadamente una hora y media el hormigón mantuvo siempre las características mencionadas.

La figura 2 muestra la uniforme distribución del agregado grueso que presenta un testigo, lo cual indica que no hubo segregación a pesar del alto asentamiento que presentaba la mezcla durante el momento de la colocación, ni oquedades. Tampoco se observó sobre la superficie de las losas el fenómeno de exudación.

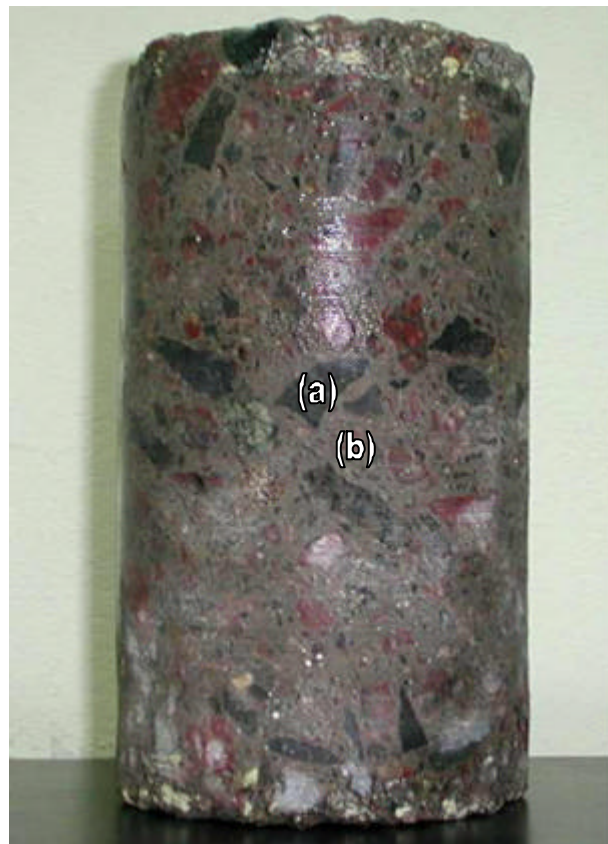


Figura 2: Fotografía de un Testigo: (a) Partículas de Agregado Grueso, (b) Mortero

HORMIGÓN EN ESTADO ENDURECIDO

Las propiedades mecánicas del hormigón obtenidas en probetas y testigos para evaluar el efecto del curado sobre los HAP con arena triturada se detallan en la tabla V. En la figura 3 puede observarse la evolución en el tiempo de la resistencia a rotura por compresión de los testigos para los tipos de curado estudiados. Las curvas correspondientes a los curados al aire y normal demarcan la zona en la que se encuentran las restantes variantes de curados, la diferencia entre los extremos de resistencia tanto a los 28 como a los 90 días es del orden del 6 % (Tabla V). A los tres días los valores de resistencia son prácticamente coincidentes y la evolución entre los 7 y 28 días tiene una tasa de incremento similar para todos los curados. A partir de los 28

Tabla V: Propiedades Mecánicas de Hormigones con Diferentes Curados

Tipo de Curado	Curado al aire		Curado Húmedo		2H	3H	7H	
	Probeta	Testigo	Probeta	Testigo	Testigos			
Resistencia a Compresión [MPa]	7 d.	39.0	41.8	42.9	44.9	44.0	44.3	44.9
	28 d.	49.8	48.2	53.2	50.7	48.8	50.9	50.8
	90 d.	51.4	48.9	57.7	52.1	49.0	51.2	51.0
Módulo de Elasticidad [GPa]	7 d.	-----	35.8	-----	36.4	36.3	34.7	36.4
	28 d.	-----	39.4	-----	41.6	38.8	38.4	41.1
	90 d.	-----	44.7	-----	44.1	42.4	41.9	44.3

días la resistencia no muestra variaciones significativas. Los curados al aire y “2H” otorgan los menores valores de resistencia a compresión. El hecho destacable de esta experiencia es la coincidencia de valores de resistencia cuando se ha efectuado un curado húmedo de 3, 7 y 28 días. Esto indicaría, sobre la base de un criterio estrictamente de resistencia, que para los HAP con arena triturada, no sería necesario prolongar el tiempo de curado húmedo más allá de los tres primeros días. Por su parte, el reglamento CIRSOC 201 (7) establece que el tiempo mínimo de curado debe ser de al menos 4 días si se trata de un cemento ARI e indica que éste puede suspenderse cuando la resistencia de probetas curadas del mismo modo que la estructura alcanzan el 75 % de la resistencia característica o al menos han transcurrido 3 días. Si se comparan los valores obtenidos en este trabajo con el curado húmedo hasta los 28 días, ya a los tres días e independientemente del tipo de curado se ha alcanzado el mencionado porcentual. Este comportamiento puede relacionarse con una estructura de poros de la pasta de cemento muy compacta que dificultaría el movimiento de agua desde y hacia el medio ambiente. En cambio no podríamos extender esta conclusión hacia el proceso de contracción por secado del hormigón, dado que este fenómeno está relacionado con la pérdida de agua de los capilares más pequeños.

Similares comportamientos se observaron en hormigones convencionales con curados húmedos a 7 y 28 días, en experiencias realizadas en nuestro laboratorio, cuando el contenido unitario de cemento, de similares características que el de tabla II, fue de 350 kg/m³ [8].

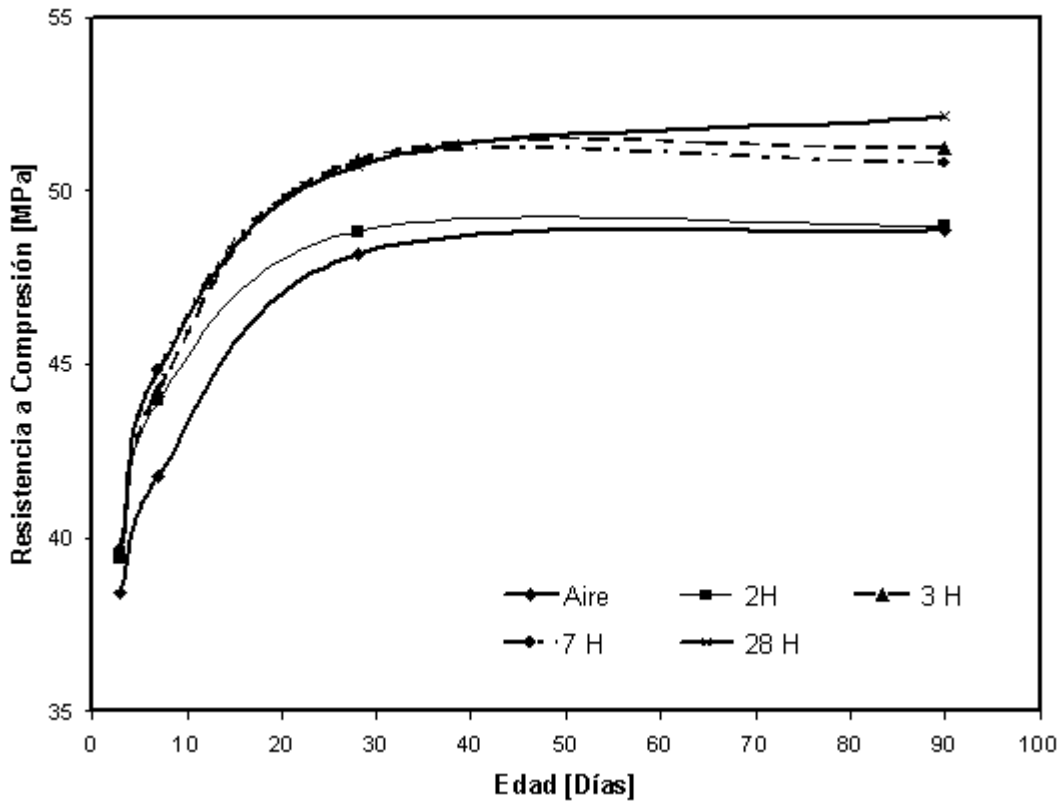


Figura 3: Resistencia a compresión de testigos con diferentes curados

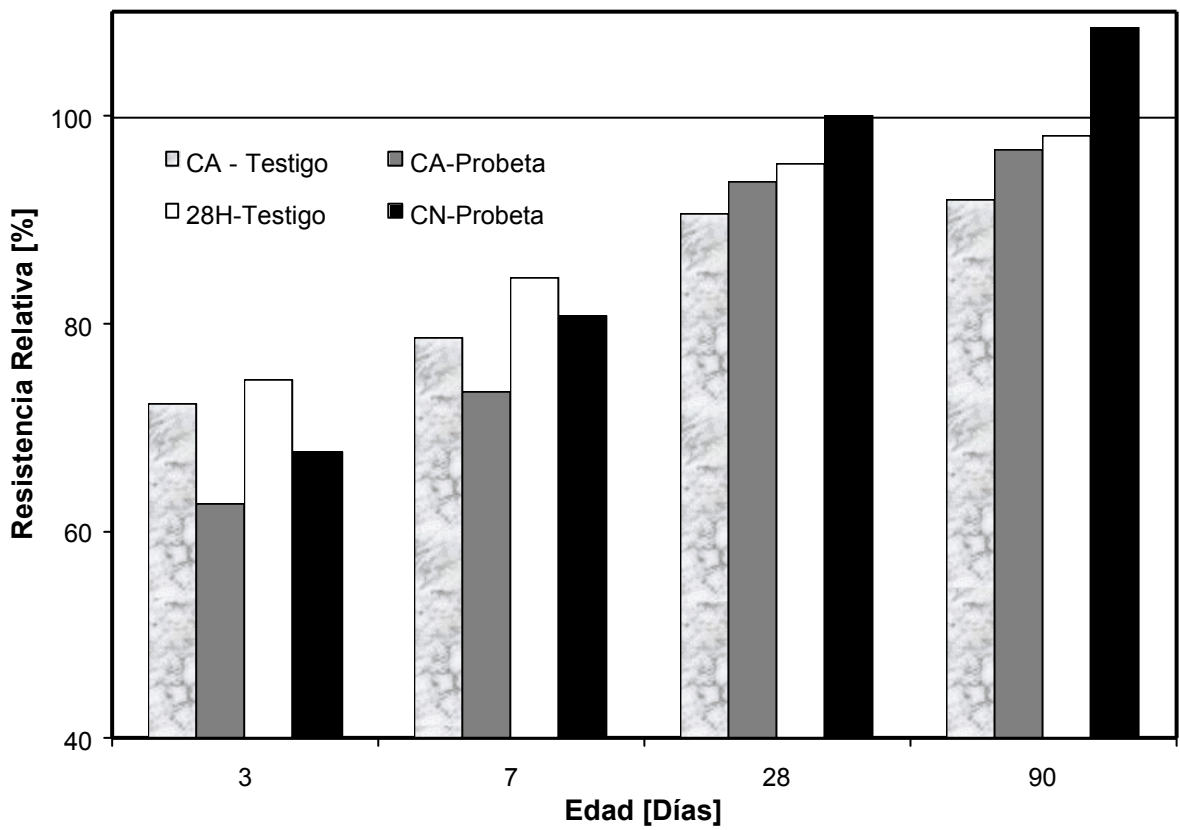


Figura 4: Resistencia Relativa a Compresión de Probetas y Testigos

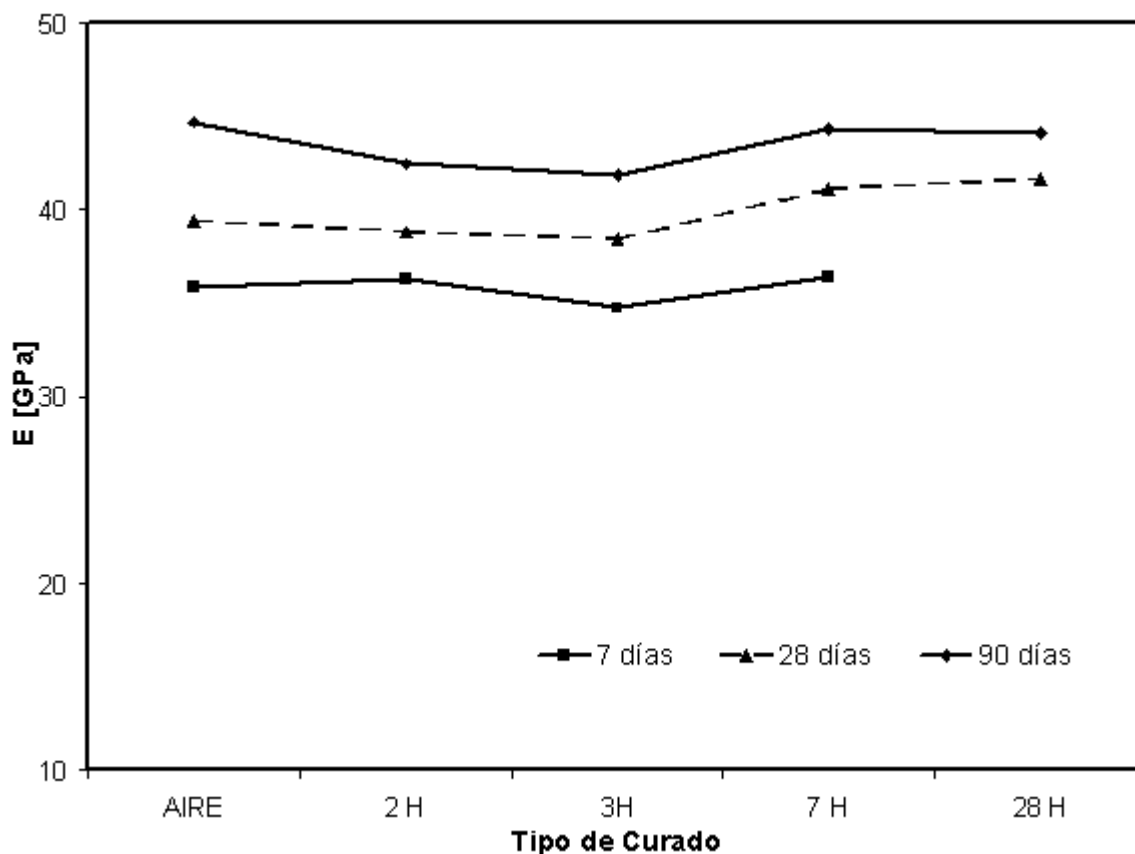


Figura 5: Efecto del Curado sobre el Desarrollo del Módulo de Elasticidad en Testigos

Los desarrollos relativos de resistencia de probetas y testigos se indican en la figura 4. En la misma se ha tomado como 100 % al valor de resistencia en probetas correspondiente a 28 días de edad con curado normal.

A las primeras edades, 3 y 7 días, existe un mayor desarrollo de resistencia de los testigos respecto al alcanzado por las probetas. Esta diferencia a los 3 días alcanza valores relativos del 10 y 7 % a favor de los testigos curados al aire y húmedos respectivamente, siendo en valores absolutos un 15 y 10 % mayores. En el caso de curado al aire esta diferencia se puede deber a la mayor distancia que debe recorrer el agua durante el secado, 50 mm en las probetas y 90 mm en las losas. Para el curado húmedo el mayor porcentaje de resistencia se puede vincular con la mayor temperatura de estacionamiento a que estuvieron las losas y al mayor volumen de hormigón de las mismas que puede haber incrementado la temperatura por el calor de hidratación desarrollado.

El comportamiento observado indica una mayor sensibilidad de los valores de resistencia obtenidos en probetas para los curados estudiados.

A la edad de 28 días las diferencias de valores entre testigos y probetas no son significativas para un mismo tipo de curado. En cambio, a los 90 días la resistencia de las probetas con curado normal muestra un importante incremento respecto del resto de los valores, ya que son las únicas que han sido mantenidas en contacto con agua.

La variación del módulo de elasticidad respecto al curado se indica en la figura 5, donde se observa una leve diferencia entre los valores que no superan el 8 % a los 28 días. A los 90 días, el comportamiento es similar con una diferencia entre los valores extremos del 7 %. Aquí como en el caso de la resistencia, el curado de los HAP no parece tener una gran influencia sobre el módulo de elasticidad mas allá de los tres días de curado.

Los estudios realizados indican que es posible obtener hormigones con resistencias del orden de los 50 MPa utilizando arenas trituradas sin ningún proceso corrección de la granulometría o del contenido de polvo. Estos hormigones pueden ser dosificados en plantas elaboradoras, colocados y compactados en obra con relativa facilidad, sin exudación ni segregación. Además, y a diferencia de los hormigones convencionales, la presencia de una matriz más cerrada y compacta hace que el efecto del curado sobre el desarrollo de las propiedades mecánicas no tenga una marcada influencia. Los resultados obtenidos muestran que el curado debiera prolongarse al menos tres días.

La calidad final de las estructuras construidas con este tipo de HAP dependerá no solo del material sino también del grado de control en el diseño y en la ejecución de la misma.

CONCLUSIONES

Los estudios y experiencias realizadas sobre probetas y losas de hormigón con arena triturada permiten establecer las siguientes conclusiones:

Las arenas trituradas pueden ser utilizadas como agregados finos en HAP empleando contenidos adecuados de cemento y aditivos superfluidificantes. La reducción del contenido de agua por el uso de estos aditivos es del orden de 50 kg/m³.

Los valores de resistencias obtenidos en probetas resultan ser más sensibles a los efectos del curado que los correspondientes a testigos de similar forma y dimensión.

La duración del curado en los HAP con arenas trituradas, bajo un criterio exclusivo de resistencia, debería prolongarse por lo menos durante los tres primeros días.

El módulo de elasticidad prácticamente no sufre variaciones significativas con los tipos de curados estudiados.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen el apoyo recibido por parte de la Secretaria de Ciencia y Técnica de la U.N.C.P.B.A..

BIBLIOGRAFÍA

1. Mehta, P. K., 1996 "High-Performance Concrete Technology for the Future" Proc. International Congress on High-Performance Concrete, and Performance and Quality of Concrete Structures, Florianópolis, Brasil, pp. 1-14.
2. Neville, A. "Tecnología del Concreto" Tomo 2 - Ed. Limusa, 1988
3. Giaccio G. Zerbino R. "Condiciones de Curado en Hormigones de Alta Performance" Memorias XII Reunión Técnica AATH Junio de 1995 pp 45-54
4. Torrent, R. "Un Enfoque Innovador para Asegurar la Durabilidad de las Estructuras" Proceeding 1er. Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón, pp. 253- 266, 1998.
5. Murdock, L.- Brook, K. "Concrete Materials and Practice" Ed. E. Arnold Ltd., 1979.
6. González, M. - Cabrera, O. – Rahhal, V. "Comportamiento de Estructuras de Hormigón Armado en la Costa Bonaerense" Proc. XVI Jornadas de Ingeniería Estructural (AIE), pp. 1168-1186 (en CD)- (1998)
7. Reglamento CIRSOC 201. "Proyecto, Cálculo y Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado y Pretensado" Tomo 1 Julio 1982
8. Bonavetti, V. – Rahhal, V. – Cabrera, O. – Irassar, F. "Efecto del Curado en la Evolución de la Resistencia de Hormigones con Filler Calcáreo" Proc. 1er. Congreso Internacional de Tecnología del Hormigón, A.A.T.H., Buenos Aires, pp. 183-194 (1998)