

El uso de **NUEVOS** concretos estructurales

[MANUEL BURÓN MAESTRO]

El concreto autocompactante, el de alta resistencia y altas prestaciones, el de agregados ligeros y el de agregados reciclados son los nuevos concretos estructurales. Actúan positivamente en algunas de las características principales del concreto, como son: peso, compacidad y durabilidad, aspecto superficial, colocación y compactación, aportación a la sustentabilidad y resistencia.

CONCRETO AUTOCOMPACTANTE

Está constituido fundamentalmente por pasta de cemento. Es fácil de colocar sin necesidad de compactación, segregación ni sangrado. Tiene gran capacidad de autodesplazamiento en la cimbra.

Nació para ofrecer la resistencia y durabilidad habituales en el concreto; no necesita vibración; ahorra energía en la ejecución de obra, es fácil de bombear, tiene mejores condiciones de trabajo, mejor acabado superficial, menor costo de mano de obra, facilita la ejecución de secciones esbeltas y mejora la relación resistencia/peso. Asimismo, facilita la ejecución de secciones esbeltas, delgadas y armadas. Se fabrica con cementos tipo CEM 1 y CEM 11 y partículas finas ("finos") de diámetro menor o igual a 0,125 mm.

Su composición específica se completa con una baja relación agua/cemento (del orden de 0,45) y una baja relación agua/finos (aproximadamente 0,37). Ello es posible utilizando aditivos superfluidificantes de tercera generación. Con la composición indicada y limitando el tamaño máximo del agregado grueso entre 12 y 18 mm, en función de la separación de las armaduras y los recubrimientos dispuestos, se obtiene concreto autocompactante de 50 MPa de resistencia característica a compresión con un revenimiento de 72 cm de diámetro.

Para la operación de colocación se debe considerar que el desplazamiento máximo es de 10 m y un mayor empuje sobre las paredes de la cimbra, sobre las que produce leyes de empuje de tipo hidrostático de modo que la fuerza sobre la cimbra crece con la altura de ésta sin que exista una altura de estabilización por encima de la cual el empuje mantiene un valor constante, no aumenta el deslavado, ni pérdida de lechada por las juntas de la cimbra si bien

Foto: Concreto hormigón, Septiembre, 2002



éstas deberán ser cerradas, como en el caso del concreto convencional. Presenta un módulo de elasticidad un poco inferior al del concreto convencional, dependiendo de su composición específica.

CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA

Es aquel cuya resistencia a la compresión supera los 50 MPa; su interfase es mucho más compacta que la del concreto convencional por formar parte de su composición la adición de humo de sílice, responsable de la extraordinaria compacidad de la interfase que se traduce en alta resistencia ($f_{ck} > 50$ MPa), en un compartimiento diferente y en prestaciones también diferentes (alta durabilidad al resultar extremadamente impermeable y, en consecuencia, no facilitar los mecanismos de transporte de los agentes agresores en el interior de la masa del concreto).

Resulta posible en condiciones de ejecución cuidadas y agregados seleccionados, obtener concreto convencional $f_{ck} > 50$ MPa. Se debe considerar que el valor medio de la resistencia para obtener $f_{ck} > 55$ MPa, en una instalación de clase A, según la Instrucción EHE, que tenga un valor del coeficiente de variación $\delta = 0,10$ es $f_{cm} > 65,83$ MPa, resultado próximo a lo que se puede obtener en el límite del concreto convencional realizado fuera del laboratorio. En estructuras es habitual usar concreto de alta resistencia con f_a entre 70 y 80 MPa; no es frecuente necesitar resistencias más elevadas. Este rango de resistencias se obtiene con adición de humo de sílice entre el 6 y el 9% del peso del cemento tipo CEM I 52,5 que es el utilizado para los concreto de alta resistencia. En prefabricación se utiliza, generalmente, el tipo CEM I 52,5 R.

CONCRETO DE ALTA RESISTENCIA Y ALTAS PRESTACIONES

Las prestaciones de elevada resistencia son bien conocidas. Respecto a la durabilidad conviene separar la aportación a la misma de la composición química del cemento utilizado y la influencia, en ella, de la compacidad del concreto.

La adecuación de la composición química del cemento a la resistencia frente al agente agresor es definitiva en términos de durabilidad y se enmarca en los "aspectos químicos de la durabilidad" que deben quedar bien resueltos, eligiendo el cemento adecuado.

La condición que impone la durabilidad —la de dificultar la penetración del agente agresor en el interior de la masa del concreto para evitar que induzca a la corrosión de las armaduras de acero— tiene que ver con el "desarrollo de los mecanismos de transporte". Es desde este aspecto de la durabilidad, donde la compacidad del concreto resulta fundamental. La durabilidad crece si aumenta la compacidad de la estructura interna del concreto, reduciéndose la red de poros abierta o interconectada, a través de la cual se desarrollan los mecanismos de transporte.

El concreto de alta resistencia y altas prestaciones permite disponer de un material cuya capacidad resistente crece notablemente, manteniendo su peso constante. Esta prestación es importante para la industria de la prefabricación en la que el peso propio de los elementos estructurales es determinante. Por otra parte, la prefabricación estructural utiliza preferentemente el concreto pretensado que demanda secciones "esbeltas" en las que las tensiones introducidas por un pretensado determinado sean las más elevadas posibles. Ambas razones evolucionan en el mismo sentido cuando se utiliza concreto de alta resistencia y altas prestaciones. La misma sección, prácticamente con el mismo peso, puede ser fuertemente pretensada y, por tanto, más resistente.

La relación resistencia/peso crece para la misma sección; esto es básico para el desarrollo de la industria de la prefabricación que aprovecha el concreto de alta resistencia y altas prestaciones para alcanzar rangos superiores de claros y sobrecargas. Espesores de alma de 0,18 m para vigas de 2,80 m de altura y espesores de cabeza inferior de 0,25 m para 4,50 m de anchura configuran elementos prefabricados esbeltos durables.

El recubrimiento es importante para el dimensionado de las estructuras. El es-

Este texto fué realizado con la normatividad y según las prácticas españolas, de ahí que encontrará algunos términos diferentes.

pesor del recubrimiento está relacionado con la compacidad del concreto, de modo que un concreto más compacto permite reducir el recubrimiento requerido para una vida útil determinada, o elevar la vida útil ofrecida y mantener el recubrimiento determinado para otro concreto menos compacto. Más importante es la posibilidad que el concreto de alta resistencia y altas prestaciones ofrece para las estructuras, con los recubrimientos habituales, más durables y por tanto estructuras con una vida útil más elevada. En este sentido, el concreto de alta resistencia proporciona un avance claro en la tecnología del concreto estructural.

CONTRACCIÓN

La deformación originada por la contracción total (ϵ_{es}) se formula como la suma de la deformación originada por la contracción por secado (ϵ_{cd}) que se desarrolla lentamente y la deformación originada por la contracción autógena (ϵ_{ca}) que se desarrolla durante el endurecimiento del concreto. Dichas deformaciones son proporcionales a los coeficientes de retracción ($\epsilon_{cd, \alpha}$) y ($\epsilon_{ca, \alpha}$) respectivamente.

La siguiente tabla compara, para concreto de alta resistencia y concreto convencional, estos coeficientes, en el caso de una situación intermedia entre la correspondiente a una humedad relativa del 50% y la correspondiente al 80%, así como la deformación por contracción total a tiempo α de un elemento de pequeño espesor y en la situación antedicha.

f_a (N/mm ²)	25	50	75
($\epsilon_{ca, \alpha}$) (10 ⁻⁶)	37,50	100,50	162,50
($\epsilon_{cd, \alpha}$) (10 ⁻⁶)	549,44	417,33	317,00
(ϵ_{cd}) (10 ⁻⁶)	586,94	517,83	479,50

Se manifiesta que el concreto de alta resistencia tiene mayor contracción autógena (inicial) que el concreto convencional, pero menor contracción por secado (a largo plazo), resultando, en general, una contracción total menor en concreto de alta resistencia.

FLUENCIA

Se propone una nueva formulación en la que el coeficiente de fluencia [$\varphi(t, t_0)$] es proporcional al coeficiente básico de fluencia (φ_0). A su vez el coeficiente básico de fluencia (φ_0) es directamente proporcional al producto del factor que tiene en cuenta la humedad (φ_{RH}) por el factor que tiene en cuenta la resistencia del concreto [$\beta(f_{cm})$] y por el que considera la edad de carga [$\beta(t_0)$].

La siguiente tabla compara estos coeficientes en el caso de una sección de 180 mm de espesor medio, en una situación intermedia entre la correspondiente a una humedad relativa del 50% y la correspondiente al 80%, considerando que ha sido puesta en carga a la edad de 28 días.

f_{ck} : (N/mm ²)	25	50	75
φ_{RH}	1,620	1,297	1,125
$\beta(f_{cm})$	2,924	2,206	1,844
$\beta(t_0)$	0,488	0,488	0,488
φ_0	2,312	1,396	1,012

El uso de este concreto se da en elementos propensos a compresión y flexión como pilares, losas y almas de vigas esbeltas; en elementos pretensados y con postensado exterior; en secciones transversales aligeradas y arcos.

CONCRETO CON AGREGADOS LIGEROS

Contiene agregados ligeros que son la base de su prestación específica consistente en pesar menos que el concreto convencional. Junto al menor peso, presentan mayor capacidad de aislamiento térmico, prestación que, en ocasiones, justifica su empleo. Es el caso de paneles de fachada que aúnan la función de aislamiento térmico y la de elemento resistente de carácter estructural.

Este concreto se define como aquél cuya densidad está comprendida entre 12 KN/m³ y 20 KN/m³. Se obtiene sustituyendo el agregado grueso convencional por agregado grueso ligero —usualmente arcilla expandida—, de densidad comprendida entre 5 KN/m³ y 7 KN/m³. La resistencia característica a compresión crece con la densidad del concreto y suele estar comprendida entre 25 MPa y 55 MPa. En este tipo de concreto la rotura

¿ impermeabilizante
de larga duración ?



**Sika es
la solución**

Sikalastic-445
Impermeabilizante de poliuretano
de alto desempeño.

- Dura hasta **20 años.**
- No requiere mantenimiento.
- Adhiere sobre concreto, mortero, madera, metal, PVC, etc.



Calidad
que cuida tu
presupuesto



01 800 123 SIKA
7452

www.sika.com.mx

interesa a los agregados que representan la fase más débil del mismo. La interfase se caracteriza por la adherencia establecida entre el agregado ligero y la pasta de cemento, lo que le confiere mayor compacidad que la del concreto convencional.

La comparación del concreto con agregado ligero y el convencional de igual resistencia a compresión se resume como sigue: menor peso (0,60 a 0,75 el peso del concreto convencional); menor conductividad térmica (del orden del 0,40 de la correspondiente al concreto convencional); menor resistencia a la rotura (0,85); menor módulo de elasticidad (0,47) que disminuye al bajar la densidad del concreto con agregados ligeros; menor tensión de adherencia concreto-armadura, motivada por la menor resistencia del agregado ligero, lo que se traduce en una mayor longitud de anclaje de la armadura pasiva y una mayor longitud de transferencia de la armadura activa (del orden de 1,20), tanto mayor cuanto menor sea la densidad del concreto con agregados ligeros y la necesidad de disponer un mayor recubrimiento de las armaduras, como recubrimiento mínimo por razones mecánicas; menor acortamiento a rotura (0,83) a menor densidad; menor resistencia a cortante y menor resistencia de los conectores comprimidos (0,83) a menor densidad; mayor fluencia y mayor contracción a menor densidad. Se recomienda en vigas sometidas a sobrecargas pequeñas (cubiertas) y cuyo peso propio es importante; en losas de concreto sobre estructuras rehabilitadas; en estructuras cimentadas sobre suelos poco competentes y en cerramientos resistentes.

CONCRETO CON AGREGADOS RECICLADOS

Nace como respuesta a la demanda de construir atendiendo a los criterios de sustentabilidad y utilidad medioambiental que se convierten, en el caso de este concreto, en las prestaciones que su uso. Se trata de reutilizar el concreto como agregado para reducir el consumo de agregados naturales y cascajo. Usa como agregado grueso el procedente del proceso de reciclaje al que se someten los escombros de concreto. De

este proceso se obtiene, como agregado grueso, el agregado natural recubierto de mortero o "agregado grueso reciclado".

En general, la uniformidad del agregado grueso reciclado es menor que la correspondiente al agregado natural ya que sus propiedades son el resultado de sumar las correspondientes al agregado natural y las correspondientes al mortero de cemento que, en su día, constituyó un concreto con un cierto grado de heterogeneidad que puede alterarse a través del proceso de reciclaje. Todo ello hace que los valores de la resistencia en el concreto con agregados reciclados presenten mayor dispersión que en el concreto convencional, por lo tanto el valor medio de la resistencia a compresión del concreto con agregados reciclados deberá ser superior al del convencional para obtener el mismo valor de la resistencia característica a compresión especificada.

Para la composición específica del concreto con agregados reciclados —al que pueden aplicarse las reglas de dimensionado habituales para el concreto convencional— se considera que el porcentaje de sustitución, en peso, del agregado grueso natural por agregado grueso reciclado será igual o menor del 20%. Dicho agregado grueso reciclado deberá cumplir las siguientes condiciones: diámetro mínimo: 4 mm y una absorción de agua máxima de 7%. En estas condiciones, usando arenas y el resto de agregado grueso convencional, el mismo cemento, dosificado en una cantidad ligeramente superior (5%) a la correspondiente a un concreto convencional, con un adecuado control de la relación agua/cemento para mantenerla en el valor adecuado para el concreto convencional, con ayuda de superfluidificante, la utilización del concreto con agregados reciclados es posible obteniéndose las mismas prestaciones desde el punto de vista de resistencia y durabilidad que con el concreto convencional. ♻️

¹ El autor es doctor en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos y miembro del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Cabe señalar que este texto es un resumen del documento completo presentado por el especialista.

REFERENCIA: *Cemento Hormigón*, mayo 2005.