

# CONCRETO AUTOCOMPACTABLE: **Revolución** en la tecnología del concreto

Esta mezcla altamente fluida y sin segregación que fluye bajo su propio peso, llenando las cimbras, es nuestro tema de este interesante artículo dividido en dos partes.

I. y E. Vidaud

**E**l concreto autocompactable CAC (SCC por sus siglas en inglés o concreto autoconsolidable como también se le conoce) consiste, según la literatura especializada, en una mezcla altamente fluida y sin segregación que fluye bajo su propio peso llenando completamente las cimbras y cubriendo perfectamente al acero de refuerzo, sin la necesidad de ningún tipo de consolidación mecánica. Estas propiedades fundamentales son las que inciden en que este

Fig. 1 Estribo del puente Akashi-Kaikyo (Pearl Bridge) en Kobe, Japón.



Fuente: <http://commons.wikimedia.org>

material resulte de uso común en estructuras muy armadas en las que también existan variadas, irregulares, complejas, y creativas formas arquitectónicas y estructurales.

Denominado por muchos especialistas como “el desarrollo más revolucionario de las últimas décadas en el campo de la construcción con concreto”, el CAC tuvo su origen en Japón a fines de la década de los ochentas del siglo pasado como resultado, entre otras cosas, del uso de aditivos superplastificantes. A partir de entonces, la tecnología de los CAC ha sido acogida con éxito, tanto para concretos prefabricados como premezclados, haciéndose también extensiva hacia Europa y otros países, sobre todo de Norteamérica. Cabe decir que su desarrollo se ha presentado vertiginoso y muchos hitos de la ingeniería estructural mundial así lo demuestran (Fig. 1 a 3).

Con el tiempo, su empleo en estructuras se ha ido incrementando considerablemente. En sus primeros años, el diseño de los CAC, definido también como uno de los denominados concretos de alto desempeño, se justificaba para compensar una creciente escasez de personal especializado. Posteriormente, se impusieron considerables beneficios económicos debido a las muy diversas y atractivas ventajas que exhibe este material.

Las principales ventajas del CAC son la posibilidad de ahorro en los costos de colocación, pues puede colocarse a un ritmo mucho más rápido que un concreto convencional. Otra importante ventaja sería el logro de mejores y más uniformes superficies arquitectónicas (Fig. 4), sin que se requiera prácticamente de ninguna terminación adicional. Por último,

Fig. 2 Túnel SondraLanke en Estocolmo, Suecia.



Fuente: [www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk](http://www.omegacentre.bartlett.ucl.ac.uk).

otra significativa ventaja de este producto resulta ser la posibilidad de concebir, durante el diseño, variadas formas estructurales y arquitectónicas. Dada la gran trabajabilidad del concreto, éste podrá ser fácilmente colado en las secciones más restringidas y de difícil acceso que se conciban.

El CAC se diferencia del concreto convencional en que sus propiedades en estado fresco son esenciales para determinar si puede o no colocarse de manera satisfactoria. Los distintos aspectos de la trabajabilidad que controlan su capacidad de relleno y de circulación, así como su resistencia a la segregación deben controlarse con atención para garantizar que sus requerimientos de colocación sigan siendo aceptables.

La fluidez y la estabilidad son dos de las propiedades que distinguen a los CAC en el estado plástico. Con el uso de aditivos reductores de agua de alto rango se consigue en los CAC la elevada fluidez, y nunca por adición de agua a la mezcla en el sitio. Asimismo,

la estabilidad o resistencia a la segregación (capacidad del material para mantener homogénea su composición durante el transporte y la colocación de la mezcla) en estado plástico, se logra mediante el incremento de la cantidad total de finos en la mezcla y/o mediante el empleo de aditivos que modifican la viscosidad.

El incremento de finos puede alcanzarse mediante la incorporación de materiales cementantes, o también con el uso de adiciones minerales como el humo de sílice o la ceniza volante. Los aditivos que modifican la viscosidad de la mezcla son especialmente necesarios cuando no puede alcanzarse una granulometría adecuada con los agregados disponibles; de ahí la importancia de este parámetro. Con una granulometría del agregado bien distribuida pueden alcanzarse CAC con reducidos contenidos de materiales cementantes, usando también una menor proporción de aditivos químicos. De igual manera, también puede referirse a su trabajabilidad, la que

en el caso del CAC la literatura especializada define como una compleja combinación de otras propiedades, como la fluidez, la cohesividad, la compactabilidad y la viscosidad. Cabe decir que los materiales componentes del CAC deben presentar propiedades adecuadas según las especificaciones del proyecto, así como estar libres de sustancias perjudiciales que puedan afectar la durabilidad, o provocar la corrosión de las armaduras.

En el caso del cemento, su selección depende de los requisitos generales del concreto, entre los que se encuentran la durabilidad y resistencia. En el caso del CAC, un contenido de aluminato tricálcico (C3A) superior al 10% puede provocar problemas de mala retención de la trabajabilidad. El contenido habitual de cemento deberá oscilar entre 350 y 450 kg/m<sup>3</sup>; cantidades mayores podrían aumentar las contracciones térmicas en demasía, y menores solo resultarán adecuadas si se incluyen adiciones minerales en la mezcla.

Los estándares internacionales sugieren que son adecuados cualquier tipo de agregados gruesos; siendo recomendables, en función de las exigencias del proyecto, tamaños máximos oscilantes entre 16 y 20 mm. Asimismo, debe monitorearse con atención el contenido de humedad; por lo que durante la producción del CAC es preciso realizar en los agregados ensayos de contenido de humedad y de granulometría con mayor frecuencia que en un concreto convencional. Esto último debido a que los CAC son más susceptibles a las variaciones que los concretos convencionales.

En cuanto a las características de los distintos tipos de agregados, los triturados tienden a mejorar la resistencia por el ajuste de las partículas angulares, mientras que los redondeados mejoran el flujo

Fig. 3 Torres Petronas en Kuala Lumpur, Malasia.



Fuente: [www.wallpaperpimper.com](http://www.wallpaperpimper.com).

por su menor fricción interna. Asimismo, las mezclas de agregados con granulometría discontinua suelen ser mejores que las continuas, que pueden experimentar una mayor fricción interna y producir una reducción del flujo.

Todas las arenas para un concreto convencional, son adecuadas para el CAC. Pueden utilizarse arenas trituradas o rodadas, también arenas silíceas o calizas. Las partículas con un tamaño inferior a 0.125 mm contribuyen al contenido de polvo (finos), fundamental para la reología de estos tipos de concretos, debiendo limitarse a una cantidad mínima, para así evitar la segregación.

En lo relativo a los aditivos, puede afirmarse que los superplastificantes son un componente esencial de este material para obtener la necesaria fluidez en la mezcla. Se maneja por los especialistas que éstos representan una reducción del agua mayor al 20%. Otro de los aditivos de posible adición a los CAC son los modificadores de viscosidad los cuales, además de mejorar la estabilidad, controlan la segregación.

Respecto a las adiciones a considerar en los CAC, pueden usarse adiciones inertes o reactivas. Dentro de las primeras, las más utilizadas resultan ser el filler mineral o los pigmentos minerales. Dentro de las reactivas, el humo de sílice, las cenizas volantes y la escoria granulada de alto horno. Estas adiciones son importantes para el logro de las especificaciones reológicas de los CAC pues con ello se mejora y mantiene la trabajabilidad de la mezcla.

Adicionalmente, se regula el contenido de cemento, reduciéndose así el calor de hidratación y mejorándose significativamente, en el caso de las adiciones reactivas, las propiedades a largo plazo del concreto.

Al igual que en el concreto convencional, las fibras pueden elevar las prestaciones del material. Las fibras sintéticas muy finas pueden reducir el flujo, y en general su contenido no debe superar 1 kg/m<sup>3</sup>. Son frecuentes en la composición de la mezcla de los CAC las fibras de acero o de polipropileno. Las fibras de acero suelen utilizarse para mejorar las características mecá-

**Comex**<sup>®</sup>  
Industrial Coatings

***SÍ*** es posible proteger bajo cualquier condición.

## **Soluciones Ilimitadas**

es tener una amplia gama de recubrimientos.

Los recubrimientos *high performance* de Comex están desarrollados para satisfacer las más demandantes condiciones y exigencias del mercado industrial en el mantenimiento y nueva construcción, cumpliendo con estándares internacionales.

Nuestros productos evitan la corrosión, el desgaste y ataques de agentes químicos protegiendo superficies de acero, concreto, aluminio, y aleaciones especiales.

Contamos con un amplio portafolio de recubrimientos, epóxicos, uretanos, polisiloxanos, alquídicos y acrílicos que cumplen con certificaciones internacionales en NSF/ MPI/ FDA.

### **Más información**

Del D.F. y área metropolitana: 5864 0790 y 91,  
o del interior del país: 01800 712 6639

[www.comex.com.mx](http://www.comex.com.mx)

[www.comexindustrialcoatings.com](http://www.comexindustrialcoatings.com)

**Comex Group**

Fig. 4 Calidad superficial de una pieza elaborada con CAC.



Fuente: FNARC European Federation of National Trade Association.

nicas del concreto, como pueden ser la resistencia a la flexión y la dureza. Las fibras de polipropileno, por su parte, pueden utilizarse para reducir la segregación y la retracción; o bien para aumentar la resistencia ignífuga. En este sentido, siempre su compatibilidad respecto a la mezcla y ejecución deberá ser comprobada en obra a través de ensayos previos.

Siguiendo los aspectos hasta el momento abordados, puede afirmarse que el desarrollo exitoso de los CAC se debe en gran medida al equilibrio que se alcanza entre la deformabilidad y la estabilidad del material. Investigadores en torno a este tema han establecido algunos criterios para el proporcionamiento de la mezcla de CAC.

Algunos de los criterios de referencia se enuncian a continuación:

- La reducción de la relación entre el volumen de los agregados y de los materiales cementante.
- El incremento del volumen de pasta y de la relación agua-cemento (a/c).
- Un estricto control del tamaño máximo de agregado grueso y de su volumen total.
- El empleo de aditivos químicos para alcanzar la viscosidad necesaria.

En opinión del autor de este documento, tiene especial importancia el logro de una buena granulometría, que implica el desarrollo de múltiples ensayos con los materiales de la zona, en donde se pretenda llevar a cabo la construcción.

Los niveles de autocompactación son muy dependientes de las características de los materiales y del proporcionamiento de las mezclas; de hecho, la inexistencia de procedimientos de diseño de mezclas asociados a los CAC, es

una las principales limitaciones en la utilización de este material. Actualmente, son disímiles las maneras de proporcionar una mezcla de CAC. Por ejemplo en Japón, Okamura y Ozawa en 1995 propusieron un procedimiento en donde se fijan las cantidades de agregado grueso, así como el nivel de autocompactación (o de trabajabilidad). Con ello, se determina entonces la relación agua-material cementante y la dosis de aditivo superplastificante.

Otras recomendaciones para el diseño de las mezclas de CAC resultan más empíricas. EFNARC (European Federation for Specialist Construction Chemicals and Concrete Systems), en el documento: "Guía y especificaciones para el Concreto Autocompactable (2002)", establece límites en volumen para la relación agua-cementante, entre 0.80 y 1.10, así como en el contenido de cementantes que en este caso se limita entre 400 y 600 kg por cada metro cúbico. Respecto al contenido de agregado grueso, también recomienda que éste, oscile entre el 28 y el 35 % del volumen de la mezcla. Cabe subrayar que el contenido de agua para la relación agua-cementante deseada, no debe superar los 200 litros por metro cúbico. Por último,

respecto a la arena, su contenido debe equilibrar el volumen de los restantes constituyentes de la mezcla, a fin de que se logre el nivel de trabajabilidad deseado.

A pesar de que no se establecen como norma, los aspectos para la dosificación de los CAC antes mencionados y otros estudios desarrollados sugieren que una mezcla típica de CAC, comparada con la de una de concreto convencional, debe exhibir en su dosificación: un volumen más elevado de pasta, menos contenido de agregado grueso, así como una mayor relación entre agregados finos y gruesos. Cualquiera que sea el método elegido para dosificar la mezcla de un CAC, al diseñarla es muy útil tener en cuenta las proporciones relativas de los componentes según el volumen y no según la masa. El procedimiento general además deberá incluir entre otros elementos: la determinación y fijación de las propiedades requeridas (nivel de "autocompactabilidad"), selección y evaluación de los materiales; es deseable el uso de materiales de fácil acceso en la zona en donde se va a elaborar la mezcla; diseño y ajuste de la mezcla, verificación y ajuste (si procede) del rendimiento en el laboratorio, y chequeo del rendimiento en la planta o en la obra. **C**



La colección de libros técnicos especializados  
en cemento y tecnología del concreto más  
completa de Latinoamérica.

[www.imcyc.com](http://www.imcyc.com)

## EN SU CIUDAD:

### ACAPULCO, GUERRERO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE GUERRERO, A.C.**  
SONORA 66 COL. PROGRESO ACAPULCO, GUERRERO  
C.P. 39350 TEL: (744) 486-78-79, 138-16-75, 546-40-55  
CICG\_AC\_1973@PRODIGY.NET

### AGUASCALIENTES, AGUASCALIENTES

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE AGUASCALIENTES, A.C.**  
BLVD. MIGUEL DE LA MADRID HURTADO S/N CASI ESQ. CON  
PASEO DE LAS MARAVILLAS COL. CORRAL DE BARRANCOS  
AGUASCALIENTES, AGUASCALIENTES C.P. 20900  
TEL: (449) 973-50-23  
CICAGS07@GMAIL.COM / WWW.CICAXXII.BLOGSPOT.COM

### CANCÚN, QUINTANA ROO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE QUINTANA ROO,  
ZONA NORTE, A.C.**  
CALLE ARIES MZ.12 LT.1 SM 41 FRACC. SANTA FE CANCÚN,  
QUINTANA ROO C.P. 77507 TEL: (998) 848-24-04 Y 05  
INGENIEROSCIVILES@PRODIGY.NET.MX / WWW.INGENIEROSCIVILES.ORG

### CUERNAVACA, MORELOS

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL ESTADO DE MORELOS  
PRIV. NUEVA HOLANDA S/N**  
COL. JARDINES DE REFORMA, SEGUNDA SECCIÓN C.P. 62260  
CUERNAVACA, MORELOS  
TEL: 777-317-0653 / CICMORI@GMAIL.COM

### CULIACÁN, SINALOA

**CÁMARA MEXICANA DE INDUSTRIA Y DE LA  
CONSTRUCCIÓN, DELEGACIÓN SINALOA**  
IGNACIO RAMÍREZ NO. 184 PTE. COL. JORGE ALMADA CULIACÁN,  
SINALOA C.P. 80200 TEL: (667)-712-71-55 712-78-06  
CMICSIN@PRODIGY.NET.MX / WWW.CMICSINALOA.ORG

### DURANGO, DURANGO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL ESTADO  
DE DURANGO, A.C.**  
SAN MIGUEL DE CRUCES 234 FRACCIONAMIENTO LA FORESTAL  
DURANGO, DURANGO C.P. 34217 TEL: (618) 129-02-64  
CICED\_DGO@YAHOO.COM / WWW.CICED.ORG.MX

### GUADALAJARA, JALISCO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL ESTADO  
DE JALISCO, A.C.**  
AV. DE LOS MAESTROS NO. 1943 FRACCIONAMIENTO CHAPULTEPEC  
COUNTRY C.P. 44620. GUADALAJARA, JALISCO. TEL: (33) 382-632-89  
SERVICIO@CICEJ.ORG / WWW.CICEJ.ORG

### HERMOSILLO, SONORA

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE SONORA, A.C.**  
QUINTA MAYORY CALZADA DE LOS ÁNGELES  
COL. LAS QUINTAS C.P. 83240 HERMOSILLO, SONORA  
TEL: (662) 218-18-29  
CICSON@HOTMAIL.COM / WWW.CINGENIEROSSON.ORG

### LEÓN, GUANAJUATO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE LEÓN, A.C.**  
BLVD. CAMINO A COMANJA 1121 PLANTA ALTA COL. PORTONES  
CAMPESTRE C.P. 37138 LEÓN, GUANAJUATO  
TEL: (477) 211-7842, 781-1348  
CICL@CICL.ORG.MX / WWW.CICL.ORG.MX

### MÉRIDA, YUCATÁN

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE YUCATÁN, A.C.**  
CALLE 21 NO.310-D X 50 Y 52 COL. ROMA C.P. 97128 MÉRIDA,  
YUCATÁN TEL: (999) 925-8723, 925-9869  
INGCIVILES@PRODIGY.NET.MX / WWW.CICYUCATAN.COM

### MORELIA, MICHOACÁN

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE  
MICHOACÁN, A.C.**  
AV. SIERVO DE LA NACIÓN NO. 1030 COL. LIBERTAD  
C.P. 58090 MORELIA, MICHOACÁN TELS. (443) 326-61-65  
COLEGIN77@PRODIGY.NET.MX  
WWW.INGENIEROSCIVILESMICHOACAN.ORG

### PACHUCA, HIDALGO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES  
DE HIDALGO, A.C.**  
CALLE 16 DE ENERO NO. 27  
COL. PERIODISTAS C.P. 42060 PACHUCA, HIDALGO  
TEL: (771) 107-44-44 / CICHGO@HOTMAIL.COM

### PUEBLA, PUEBLA

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DEL ESTADO  
DE PUEBLA, A.C.**  
11 ORIENTE NO.9 COL. CENTRO HISTÓRICO C.P. 72000  
PUEBLA, PUEBLA TELS: (222) 246-08-35 Y 77  
CICEPAC@GMAIL.COM / WWW.CICEPAC.COM

### QUERÉTARO, QUERÉTARO

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE QUERÉTARO, A.C.**  
MÁRQUEZ DE VILLA DEL VILLAR DEL ÁGUILA 4100  
COL. CENTRO SUR C.P. 76079 QUERÉTARO, QUERÉTARO  
TEL: (442) 229-06-25 Y 229-07-14  
CICQRO@HOTMAIL.COM /  
WWW.COLEGIODEINGENIEROSCIVILESDEQUERETARO.ORG

### SAN LUIS POTOSÍ, SAN LUIS POTOSÍ

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES  
DE SAN LUIS POTOSÍ, A.C.**  
INDEPENDENCIA 2826 INT. 302 COL. HIMNO NACIONAL  
C.P. 78280 SAN LUIS POTOSÍ, SAN LUIS POTOSÍ  
TELS: (444) 811-19-79  
CICSLP@PRODIGY.NET.MX / WWW.CICSLP.ORG.MX

### TAPACHULA, CHIAPAS

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE TAPACHULA, A.C.**  
BLVD. PERLA DEL SOCONUSCO S/N FRACC. SANTA CLARA II  
C.P. 30780 TAPACHULA, CHIAPAS. TEL: (962) 642-51-46  
COLINCIVITAP\_2@HOTMAIL.COM / WWW.CICTAP.COM

### TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE CHIAPAS, A.C.**  
CALZ. DE LOS INGENIEROS NO.320 COL. TERÁN  
C.P. 29050 TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIAPAS.  
TELS. (961) 615-43-80 Y 615 68-76  
CICCH@PRODIGY.NET.MX / WWW.CICCH.COM.MX

### VILLAHERMOSA, TABASCO

**CÁMARA MEXICANA DE LA INDUSTRIA  
DE LA CONSTRUCCIÓN**  
CIRCUITO MUNICIPAL NO. 106 TABASCO 2000 C.P. 86035  
VILLAHERMOSA, TABASCO TEL: (993) 310-93-00 AL 09  
SERVICIOSCMICTAB@GMAIL.COM /  
WWW.CMICTABASCO.ORG.MX

### XALAPA, VERACRUZ

**COLEGIO DE INGENIEROS CIVILES DE XALAPA, A.C.**  
AV. COLMERILLO S/N ESQ. CIRCUITO PRIMAVERA,  
COL. NUEVO JALAPA, C.P. 91097 XALAPA, VERACRUZ  
TEL: (228) 812-48-43  
CICXALAPA@CICX.ORG.MX /  
WWW.COLEGIOINGENIEROSCIVILESXALAPA.ORG.MX

### MÉXICO, D.F.

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA  
AZCAPOTZALCO**  
AV. SAN PABLO NO. 180 COL. REYNOSA TAMAULIPAS,  
DEL. AZCAPOTZALCO C.P. 02200 MÉXICO, D.F.  
TEL: (55) 5318-9271 EXT. 9281  
LIBRERIA@CORREO.AZC.UAM.MX / WWW.AZC.UAM.MX

### ASOCIACIÓN MEXICANA DE LA INDUSTRIA DEL CONCRETO PREMEZCLADO AMIC

BLVD. ADOLFO LÓPEZ MATEOS 1135 COL. SAN PEDRO DE  
LOS PINOS DEL. ÁLVARO OBREGÓN. C.P. 01180 MÉXICO, D.F.  
TEL: (55) 5272-9011  
SMARTENS@AMICP.ORG.MX / WWW.AMICPAC.ORG.MX

### INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, A.C.

AV. INSURGENTES SUR NO. 1846 COL. FLORIDA  
DEL. ÁLVARO OBREGÓN,  
C.P. 01030 MÉXICO, D.F. TEL. (55) 5322-5740

**LABORATORIO:** CONSTITUCIÓN NO.50 COL. ESCANDÓN,  
DEL. MIGUEL HIDALGO C.P. 1800 MÉXICO, D.F.  
TEL: (55) 5318-9271  
MLOPEZ@MAIL.IMCYC.COM / WWW.IMCYC.COM