

Actualidad profesional

Actividad docente del IMCYC

De acuerdo con lo previsto se han venido desarrollando durante el primer semestre del año las actividades programadas por la Gerencia de Enseñanza del IMCYC. Cabe destacar entre éstas el nuevo curso de Técnico para Pruebas al Concreto en la Obra Grado I, que forma parte del Programa de Certificación del ACI y cuya evaluación comprende un examen teórico y otro de carácter práctico que se realiza de manera individual a cada alumno.

Como siempre, las sesiones son conducidas por profesionistas expertos que transmiten su conocimiento y experiencia desde una perspectiva de compromiso ético y promueven una relación interactiva que facilite los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Para el mes de junio están programados los siguientes cursos:

Del 1 al 12: Supervisor en Obras de Concreto Nivel II. A partir de esta ocasión, la certificación en el nivel II tendrá como requisito indispensable haberse certificado en el Grado I (Técnico para Pruebas al Concreto en la Obra).

Del 16 al 17: Bitácora Profesional de Obras.

Del 22 al 25: Técnicas de Control de Obras.

Del 29 al 1 de julio: Tecnología del Concreto en la Obra.

Programa para el segundo semestre del año

En la segunda mitad de 1998 se impartirán las siguientes actividades:

.Técnicas de Elaboración, Transportación, Colocación y Protección del Concreto en Climas Calientes y Fríos. Días 8 y 9 de julio.

. Especificaciones del Concreto Estructural. Días 15 y 16 de julio.

. Programa de Certificación para Supervisores en Obras de Concreto Nivel II. Del 20 al 31 de julio.

.Programa de Certificación para Técnicos para Pruebas al Concreto en la Obra Grado I. Del 13 al 17 de agosto.

. Tecnología del Concreto en la Obra. Del 26 al 28 de agosto.

. Diplomado de Obras de Concreto UNAM-IMCYC. Inicia el 13 de agosto.

. Bitácora profesional de Obra. Días 2 y 3 de septiembre.

. Técnicas de Control de Obra. Del 8 al 10 de septiembre.

. Programa de Certificación para Supervisores en Obras de Concreto Nivel II. Del 21 de septiembre al 2 de octubre.

. Tecnología Avanzada del Concreto. Del 7 al 9 de octubre.

. Programa de Certificación para Técnicos para Pruebas al Concreto en la Obra Grado I. Del 22 al 26 de octubre y del 23 de diciembre al 4 de diciembre.

Es bueno recordar que los cursos que ofrece el IMCYC han sido diseñados minuciosamente para que los contenidos tratados cumplan con las expectativas que demanda actualmente el sector productivo y social. Además, por ser reducido el tamaño de los grupos, cada participante recibe el beneficio de una atención personalizada.

El diseño sísmico de puentes y los reglamentos

Al referirse al diseño sísmico de puentes en ocasión del curso internacional sobre Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes organizado por el Cenapred, el doctor José Carlos Arce Riobóo dijo que los puentes son "estructuras muy particulares formadas generalmente por un sistema estructural simple, lo cual tiene ventajas y desventajas. En comparación con otro tipo de edificaciones, los puentes carecen de altos grados de redundancia y la falla de un elemento estructural podría resultar en el colapso de la estructura, mientras que por otro lado la simplicidad debe otorgar una mayor confianza en la predicción de la respuesta sísmica, sin olvidar que esta misma simplicidad puede resultar en una mayor sensibilidad a errores de diseño. Lo anterior puede hacer a los puentes más susceptibles a efectos tales como el P-D y la influencia de la inercia rotacional (momento de cabeceo)".

Señaló que los reglamentos más utilizados mundialmente en cuanto a diseño sísmico de puentes son el AASHTO versión estándar, el AASHTO LRFD, Caltrans, las provisiones del ATC-32, el Eurocode 8, el de Nueva Zelanda y el de Japón, los cuales incorporan dentro de su filosofía lo más avanzado en investigación y práctica.

Como criterio de desempeño, implícito o no, dijo, en la mayor parte de los puentes se debe mantener la integridad estructural y prevenir el colapso durante movimientos fuertes, y diseñar para proveer ductibilidad adecuada a fin de advertir la falla de elementos no dúctiles, evadir fallas abruptas y frágiles, aunque algunos reglamentos requieren desempeño elástico durante sismos funcionales y detallar para mitigar daños inaceptables a ciertos componentes (generalmente difíciles de inspeccionar).

Mencionó que la mayor parte de los reglamentos aceptan un nivel sencillo de primer grado o nivel, menos el ATC-32, que pide dos niveles para puentes muy importantes. Con excepción

del reglamento de Nueva Zelanda, dijo, que incluye espectros inelásticos normalizados, los otros reglamentos utilizan espectros de diseño elásticos, aunque como el ATC-32, algunos son para diferentes magnitudes de eventos.

El periodo de retorno del sismo de diseño, afirmó, varía según el reglamento, siendo el mínimo de 475 años para AASHTO y de mil para sismo de evaluación en el ATC-32. Los reglamentos establecen categorías según tres niveles de importancia, y cada reglamento maneja su zonificación y sus factores por tipo de suelo; todos coinciden al dar un amortiguamiento crítico de 5 por ciento a espectros y ninguno tiene características específicas de duración, consideró.



Demolición y reciclaje del concreto y la mampostería

Especificaciones para concreto con agregados reciclados

Un borrador de estas especificaciones, preparadas por la Fuerza de Tarea 1 de la RILEM TC 121-DRG, fue presentado para recibir comentarios en el 3er. Simposio Internacional de la RILEM sobre Demolición y Reciclaje del Concreto y la Mampostería realizado en octubre de 1993. Luego de tomar debida cuenta de los comentarios recibidos, las especificaciones se enmendaron y constituyen hoy una recomendación de la RILEM.

Este documento es una recomendación RILEM que trata de agregados gruesos reciclados ≥ 4 mm para el concreto. Las especificaciones se basan en la suposición de que la fracción fina (< 4 mm) del concreto está compuesta de materiales a los que se pueden aplicar las especificaciones tradicionales para este material. Consecuentemente, se pueden emplear materiales reciclados como sustituto para la arena natural o partes de ella, en tanto que se cumpla con las especificaciones de materiales antes mencionadas para la fracción total de arena. Además, se aplican los mismos requisitos respecto al contenido de sulfato para agregado grueso de acuerdo con el cuadro 1, si la fracción de arena contiene materiales reciclados.

Estas especificaciones establecen diferentes categorías para los agregados gruesos reciclados, e indican el campo de aplicación para el concreto que contiene tales clases de agregados reciclados en términos de clases aceptables a la exposición ambiental y clases de resistencia para concreto, de acuerdo con Eurocode 2, "Diseño de Estructuras de Concreto". Eventualmente, los valores de diseño que han de adaptarse a los diferentes concretos se definen en relación con la clase de agregado aplicado.

Clasificación de los agregados gruesos reciclados

3] Cuadros 1 y 3: métodos de prueba (secciones 2 y 3)

Los métodos de prueba indicados se introducen para ejemplificar el tipo de prueba que se sugiere. Estos métodos se pueden aplicar en tanto no se implementen estándares relevantes CEN. Sin embargo, el uso de los estándares específicos no se considera obligatorio. Se pueden usar los estándares nacionales existentes si se consideran aplicables.

4] Fluencia (sección 4)

La fluencia más alta del concreto con agregados reciclados se toma en cuenta a través del decremento en el módulo de elasticidad, ya que la deformación última por fluencia es proporcional a $(1 + \alpha(t, t_0)) / E_{cm}$.

El impacto de los materiales

Reconocimientos

Las siguientes personas participaron en la preparación y la enmienda final de las especificaciones.

Anders Henrichse, DBT (Dinamarca), presidente de RILEM TC 121-DRG TF1

Erik Lauritzen, Demex (Dinamarca), presidente de RILEM TC 121-DRG

Los agregados gruesos reciclados se clasifican en las siguientes tres categorías:

a) Agregados Tipo I que –queda entendido implícitamente– se originan en los escombros de mampostería.

b) Agregados Tipo II que –queda entendido implícitamente– se originan primariamente en los escombros de concreto.

c) Agregados Tipo III que –queda entendido implícitamente–, consisten de una mezcla de agregados reciclados y agregados naturales.

Esta clasificación se basa en el requisito obligatorio declarado en el cuadro 1.

La composición de los agregados del Tipo III debe cumplir con los siguientes requisitos adicionales:

. el contenido mínimo de agregados naturales es de por lo menos 80 por ciento (m/m).

. el contenido máximo de agregados del Tipo I es 10 por ciento (m/m).

El cuadro 2 presenta una lista de las propiedades de los materiales para los cuales se pueden especificar los requisitos. Tales requisitos no son obligatorios a menos que se especifiquen en los documentos nacionales o en los estándares CEN.

Los agregados reciclados no deben contener ningún material ni cualesquiera otras sustancias que retarden el fraguado del concreto en más de 15 por ciento en comparación con el fraguado de la composición idéntica con agregados tradicionales, o que sean dañinos para el concreto.

Además de los requisitos técnicos presentados en los cuadros 1 y 2, se deben

Johan Vyncke, BBRI (Bélgica), secretario de RILEM TC 121-DRG

Susi Buchner, Gifford (Reino Unido)

Roderick Collins, BRE (Reino Unido)

Carlo De Pauw BBRI (Bélgica)

Charles Hendriks, Intron/TU-Delft (Países Bajos)

Howard Joynes, Nottingham Polytechnic (Reino Unido)

Yoshio Kasai, Nihon University (Japón)

Peter Lindsell, Gifford (Reino Unido)

Rolf-Rainer Schulz, Fachhochschule Frankfurt (Alemania)

Torsten Thorsen, Danmarks Ingeniorakademi (Dinamarca)

Tony Trevorrow, Trent University (Reino Unido)

Peter Wainwright, University of Leeds (Reino Unido)

Cuadro 1. Clasificación de agregados gruesos reciclados para concreto (RCAC)

Requisitos obligatorios

Densidad mínima de partículas secas (kg/m^{-3})

Máxima absorción de agua (% m/m)

Contenido máximo de material con SSD < 2200 kg/m^{-3} (% m/m)

Contenido máximo de material con SSD < 1800 kg/m^{-3}

satisfacer los requisitos nacionales relacionados con aspectos del medio ambiente y la salud. Tales requisitos pueden referirse a:	(% m/m)a
. contaminación de los agregados por metales pesados, PAC,	Contenido máximo de material con SSD < 1000 kg/m ⁻³
. características de lixiviación,	(% m/m y % v/v)
. radiación.	Contenido máximo de materiales extraños (metales, vidrio, materiales suaves, bitumen (% m/m)
Campo de aplicación	Contenido máximo de metales (m/m)
Los agregados gruesos reciclados que cumplan con las especificaciones mencionadas en el punto anterior, se pueden emplear en el concreto simple y el reforzado, bajo la condición de que se satisfagan las restricciones mencionadas en el cuadro 3. Si se requieren pruebas adicionales de acuerdo con el cuadro 3, se debe cumplir con las especificaciones que se dan en el cuadro 4.	Contenido máximo de material orgánico (% m/m)
	Contenido máximo de material de relleno (< 0.063 mm)
	(% m/m)
	Contenido máximo de arena (< 4 mm) (% m/m)b
Para el concreto con agregados reciclados empleados en las clases de exposición 2, 3 y 4, se debe poner atención a los aspectos de durabilidad del concreto reforzado, ya que la velocidad de carbonatación y de ingreso de cloruro puede ser mayor que en los concretos convencionales. Si estas propiedades son relevantes, se deben determinar valores más exactos para el concreto que ha de usarse.	Contenido máximo de sulfatos (% m/m)c
	RCAC RCAC RCAC Método de Prueba
	tipo I tipo II tipo III
	1500 2000 2400 ISO 6783 y 7033
	20 10 3 ISO 6783 y 7033
	- 10 10 ASTM C123
Valores de diseño	10 1 1 ASTM C123
Para concretos con agregados reciclados, se aplican los mismos principios de diseño y reglas de aplicación que los mencionados en prENV 1992-1-1 para el concreto convencional. Sin embargo, hay que tomar en cuenta debidamente la posible influencia de la densidad de los agregados en las características de resistencia y deformación del concreto.	1 0.5 0.5 ASTM C123
	5 1 1 Visual
	1 1 1 Visual
	1 0.5 0.5 NEN 5933
	3 2 2 prEN 933-1

En ausencia de datos experimentales más precisos, se puede obtener una estimación del peor de los casos de estas características del material, multiplicando los valores mencionados en prENV 1992-1.1 por el coeficiente que se da en el cuadro 5.

Cuando se necesiten datos exactos, por ejemplo, cuando las deflexiones son de gran importancia, se deben realizar las pruebas correspondientes.

Para el diseño de una estructura, pueden ser importantes más parámetros que los que se dan en el cuadro 5. Se recomienda su empleo en los casos de los procedimientos (Eurocode 2) para agregados ligeros.

Comentarios sobre las especificaciones

1] Alcance del documento, empleo de arena reciclada (sección 1)

El documento proporciona el marco para el empleo de agregados gruesos reciclados en el concreto. La utilización de agregados finos reciclados está limitada por las siguientes razones:

. Los materiales finos reciclados contienen con frecuencia grandes cantidades de contaminantes. Se ha valorado que los procedimientos operacionales de prueba y los criterios de aceptación no se encuentran inmediatamente a la mano. Se recomienda una mayor investigación en este campo.

finos reciclados nta sobre la durabilidad y resistencia del concreto no está suficientemente documentado. Se recomienda una mayor investigación en este campo.

. No se dispone de un método de prueba relevante para la determinación de la resistencia de los agregados finos reciclados.

5 5 5 prEN 933-1

1 1 1 BS 812, part 118

^a Condición saturada y superficialmente seca (SSD)

^b Si se excede el contenido máximo de arena permitido, esta parte de los agregados deberá ser considerada junto con la fracción total de arena; véase la Sección 1 de este documento.

^c Contenido de sulfato soluble en agua calculado como SO₃.

Cuadro 2. Propiedades de los materiales reciclados que tienen que satisfacer los requisitos de los estándares nacionales o implementados por CEN

Granulometría

Resistencia estática

Índice de forma

Valor de abrasión

Contenido de cloruro

Contenido de hierro y vanadio para aplicaciones limpias de concreto

Potencial de roturas de pequeñas porciones de superficie (Contenido de Ca, Fe)

Contenido de arcilla expansiva

Resistencia a congelación (si es diferente de los requisitos en el cuadro 3)

Cuadro 3. Disposiciones para el uso de concreto reciclado

Agregados RCAC RCAC RCAC

. No se dispone de un método de prueba confiable para la determinación de la reactividad de álcalis residuales de los agregados finos reciclados.

. Se ha informado que el uso de agregados finos reciclados conduce a problemas de producción, es decir, en el control del agua libre en el flujo de los materiales durante la producción.

Se recomienda que se dé la debida consideración al empleo de agregados finos reciclados en la fracción de 2-4 mm mediante un cambio en el alcance de este documento.

2] Clasificación de los agregados (sección 2)

La razón para la introducción de la clase de agregados definido como tipo 3 es que la aplicación de las reglas tradicionales de construcción y valores de diseño pueden aceptarse como se indica en el cuadro 5.

3] Cuadros 1 y 3: métodos de prueba (secciones 2 y 3)

Los métodos de prueba indicados se introducen para ejemplificar el tipo de prueba que se sugiere. Estos métodos se pueden aplicar en tanto no se implementen estándares relevantes CEN. Sin embargo, el uso de los estándares específicos no se considera obligatorio. Se pueden usar los estándares nacionales existentes si se consideran aplicables.

4] Fluencia (sección 4)

La fluencia más alta del concreto con agregados reciclados se toma en cuenta a través del decremento en el módulo de elasticidad, ya que la deformación última por fluencia es proporcional a $(1 + \Delta(\epsilon, t_0)) / E_{cm}$.

reciclados tipo I tipo II tipo III

Clase de C16/20 a C50/60 Sin límite

resistencia máxima permitida

Se requiere Ninguno
prueba adicional cuando se usa en exposición clase 1 b

Se requiere Prueba adicional ASR cuando se usa en exposición No se clases 2a, 4a permite su uso en clase 4a

Sin embargo, la clase de resistencia se puede incrementar a C30/37 bajo la condición de que la densidad de saturado y superficialmente seco (SSD) de los agregados reciclados exceda 2000 kg m^{-3} .

^b De conformidad con ENV 206

^c Prueba de expansión para evaluar la reactividad a sílice y álcalis.

Cuadro 4. Especificaciones y criterios de cumplimiento para las pruebas adicionales

Prueba adicional Procedimiento de Prueba Criterio

Prueba de expansión De acuerdo con las reglamentaciones nacionales

Prueba en bruto a ASTM C666 Factor de congelación y durabilidad deshielo > 80x%

Prueba de sales

descongelantes SS 137244 Pérdida

máxima de peso < 500 g m^{-2}

Cuadro 5. Factores para la evaluación de las propiedades de los materiales de concreto reciclado.

finos reciclados sobre la durabilidad y resistencia del concreto no está suficientemente documentado. Se recomienda una mayor investigación en este campo.

. No se dispone de un método de prueba relevante para la determinación de la resistencia de los agregados finos reciclados.

. No se dispone de un método de prueba confiable para la determinación de la reactividad de álcalis residuales de los agregados finos reciclados.

. Se ha informado que el uso de agregados finos reciclados conduce a problemas de producción, es decir, en el control del agua libre en el flujo de los materiales durante la producción.

Se recomienda que se dé la debida consideración al empleo de agregados finos reciclados en la fracción de 2-4 mm mediante un cambio en el alcance de este documento.

2] Clasificación de los agregados (sección 2)

La razón para la introducción de la clase de agregados definido como tipo 3 es que la aplicación de las reglas tradicionales de construcción y valores de diseño pueden aceptarse como se indica en el cuadro 5.

Valores de Diseño RCAC tipo I tipo II tipo III
Resistencia a tensión (f_{ctm}) 1 1 1
Módulo de elasticidad (E_{cm}) 0.65 0.8 1
Coeficiente de fluencia ($f(\epsilon, t_0)$) 1 1 1
Contracción (ϵ_{cso}) 2 1.5 1

Este artículo fue publicado en *Materials and Structures*, núm. 27, 1994.



Las pruebas de cilindros de concreto

¿Cuándo deben cuestionarse sus resultados?

Benjamin Lavon y Martin Fradua

No siempre los resultados desfavorables de una prueba de cilindros de concreto son suficiente razón para desechar el material probado, pues pueden ser producto de deficiencias en el diseño o en la realización de la prueba.

En algunos casos, aun cuando los resultados de "tronar" el concreto muestran una baja resistencia del mismo, "esto no es necesariamente así." Los resultados de pruebas de cilindros con frecuencia son causados por un diseño de muestra inapropiado, componentes inadecuados, o por el mezclado inapropiado de los ingredientes. Sin embargo, a veces, la culpa reside en un muestreo y unos procedimientos de prueba deficientes, así como también en un pobre control de calidad en el campo por parte del personal de supervisión y pruebas. En tales casos, el concreto en la obra puede efectivamente ser de resistencia aceptable mientras que los resultados de las pruebas del laboratorio son totalmente erróneos. Antes de precipitarse a condenar el concreto, es recomendable una rápida pero cuidadosa revisión de los resultados de la prueba del laboratorio.

Un caso en discusión es una obra pública recientemente construida, localizada en el área metropolitana de Nueva York, con cientos de miles de metros cuadrados de losas de concreto de peso normal (10,000 m³) y peso ligero (5,000 m³). Durante la colocación de las losas de concreto para este proyecto, se informó que el subcontratista del concreto estaba agregando agua a la mezcla, especialmente en los días calurosos de verano. El

Desviación estándar total (alta) 820 psi (57.6 kg/cm² [5.7MPa])

El control es pobre

Coefficiente de variación total 21.6 %

Coefficiente de variación total dentro de la prueba 13.6 %

El control es pobre

Probabilidad de que la resistencia caiga por debajo de 281kg/cm² 59.5 %

Probabilidad de que la resistencia caiga por debajo de 246 kg/cm² 35.6 %

Probabilidad de "promedio de 3" por debajo de 281 kg/cm² 66.3 %

Resistencia mínima recomendada por ACI 380 kg/cm²

Notas:

La desviación estándar es de 57.6 kg/cm² (5.7 MPa). Un valor deseado habría sido de 35 kg/cm² (3.5 MPa) o menor.

El coeficiente total de variación es muy alto (21.6 %)

en los días calurosos de verano. El subcontratista se quejaba de que la dosificación de agua dada no era suficiente para obtener la trabajabilidad del concreto apropiada, la historia típica que siempre se oye.

Se presentaron frecuentes resultados de pruebas de cilindros de concreto durante la construcción. El contratista general y el representante del propietario aseguraban que el subcontratista de concreto estaba fuera de control. Todas las partes interesadas estaban extremadamente frustradas, ya que los resultados de pruebas de cilindros de concreto para el proyecto mostraban una baja resistencia del concreto en un gran número de pruebas. Algunos de los resultados de pruebas a 28 días estuvieron *30 % por debajo de la resistencia requerida especificada.*

El equipo de construcción intentó corregir la situación de varias maneras. Se diseñaron y emplearon varias mezclas de concreto alternas, generalmente con un mayor contenido de cemento. Se implementaron las así llamadas medidas de control de calidad, tales como cilindros de acompañamiento y cilindros curados en el campo. Sin embargo, los resultados de las pruebas de cilindros de concreto continuaron mostrando bajas resistencias. Estaba en riesgo la aceptación, por parte del propietario, de las losas de concreto ya colocadas en obra, y se estaba discutiendo la demolición de grandes áreas de losas con base únicamente en los bajos resultados de los cilindros.

En esta coyuntura, nuestra firma fue llamada para evaluar de manera independiente las losas de concreto, por medio de estudios de campo y de oficina que incluían pruebas de campo destructivas y no destructivas con métodos estándares.

70)

El coeficiente de variación dentro de la prueba es también alto (13.6 %), indicando que el control es pobre.

Cuadro 3. Datos de entrada de cilindros de concreto para el análisis estadístico.

Inf. Fecha Mezcla Cemento Ceniza Cilindros

No. volante

41 08/23/90 705 680

41 08/23/90 705 681

41 08/23/90 705 682

41 08/23/90 705 683

41 08/23/90 705 684

41 08/23/90 705

41 08/23/90 705 685

41 08/23/90 705 686

41 08/23/90 705

42 08/28/90 R7 705 128

42 08/28/90 705 129

42 08/28/90 705 130

42 08/28/90 705 131

42 08/28/90 705 132

42 08/28/90 705 133

42 08/28/90 705 134

42 08/28/90 705 135

42 08/28/90 705 136

Se realizaron análisis petrográficos y químicos de las muestras de corazones de concreto. Nuestro programa de investigación y pruebas determinó que el concreto colocado en la obra en cuestión era efectivamente aceptable, y que había cumplido con las especificaciones del proyecto.	42 08/28/90 705 137
	43 08/29/90 R10 705 140
	43 08/29/90 705 141
	43 08/29/90 705 142
	43 08/29/90 705 143
Nosotros determinamos inclusive que los informes de prueba de los cilindros de concreto que habían sido aceptados por el equipo de construcción no cumplían efectivamente con el procedimiento estándar para evaluar los resultados de la prueba. Parecía que los equipos de diseño y construcción de este proyecto ignoraban los procedimientos prescritos dados en ACI 214-89, "Práctica Recomendada para la Evaluación de los Resultados de Pruebas de Resistencia del Concreto", que debe emplearse para evaluar las variaciones de las pruebas de laboratorio. Para determinar la validez de las pruebas, se calcularon las variaciones totales de acuerdo con ACI 214, en donde el coeficiente de variación dentro de la prueba es una función de la gama de aproximadamente 10 pruebas de cilindro divididos entre la resistencia promedio de las mismas 10 pruebas de cilindros.	43 08/29/90 705 144
	43 08/29/90 705 145
	43 08/29/90 705 146
	43 08/29/90 705 147
	43 08/29/90 705 148
	44 08/30/90 R10 705 245
	44 08/30/90 705 246
	44 08/30/90 705 247
	44 08/30/90 705 248
	44 08/30/90 705 249
	44 08/30/90 705 250
	44 08/30/90 705 251
De acuerdo con ACI 214, el rendimiento funcional del laboratorio individual puede juzgarse claramente por lo que se conoce como el "coeficiente de variación dentro de la prueba," como sigue:	44 08/30/90 705 252
	45 09/05/90 R10 705 640
	Revenimiento Aire Peso Temp. Temp. A B
Coeficiente de variación dentro Tipo de control de la prueba, en porcentaje laboratorio	concreto aire 7d. 28 d.
	10 5.5 137 85 70 3,650 6,000
Por debajo de 3.0 Excelente	8.5 5 137 86 70 3,030 4,020
3.0 a 4.0 Muy bueno	4.5 5.5 140 85 70 2,320 5,350

4.0 a 5.0 Bueno	9 5 143 87 70 *4,930 4,740
5.0 a 6.0 Regular	9 5.5 140 87 70 3,320 4,770
Por encima de 6.0 Pobre	9 5 137 87 70 4,040
Cuando el coeficiente de variación del laboratorio es menor a 4.0 por ciento, se puede concluir que el laboratorio de pruebas tiene un muy buen control de calidad de sus procedimientos de prueba. Cuando el coeficiente de variación excede 5.0 por ciento –lo que es "regular" o "pobre"– se impone una revisión detallada del laboratorio de pruebas.	10 4 140 86 70 2,760 3,890 8.5 5 143 87 70 2,920 4,060 10 5 143 86 70 4,330 4,250 9 7 122 70 89 3,540 7.5 7.5 125 80 89 *2,710 2,560 7.5 7 125 82 89 1,930 3,680
Nuestro análisis de los resultados de prueba llegaron a la conclusión de que el coeficiente de variación total para las pruebas de cilindros de concreto dentro de la prueba, de las losas del piso de este proyecto, era de aproximadamente 13.0 por ciento que indica un control totalmente inadecuado del laboratorio.	11 7 122 80 89 11 8 122 80 89 *3,110 2,360 9 8 122 82 89 11 7 120 85 89 2,770 2,900
Nosotros estudiamos los datos de prueba de cilindros del laboratorio correspondientes a cada una de las 141 pruebas para el proyecto. Se habían realizado análisis de frecuencia de distribución para las diversas pruebas. La forma gráfica típica de tal análisis, usando software para análisis del concreto, se muestra en la figura 1. La curva de frecuencia de distribución está muy extendida o plana, indicando que solamente unas cuantas pruebas de resistencia están localizadas en la vecindad del promedio (26.4 MPa). El alto valor de la desviación estándar –57.6– es una de las razones por la cual la curva es tan plana. Los cuadros 1a y 1b resumen los datos para la curva.	10 5.5 120 85 89 2,360 3,780 10.5 5.5 125 85 89 8 5.5 125 85 89 2,380 2,740 9 6 122 65 78 *3,730 3,123 10 5.5 122 72 78 9 7.5 122 78 78 1,620 2,173 11 7 120 80 78 1,830 2,654 9.5 7.5 122 85 78 3,030 3,658 9.5 7 125 85 78 3,490 3,833 6 7 120 78 3,568
El cuadro 2 es el resumen de resistencia estadístico de los resultados de prueba	78

tabulados a partir de una hoja de cálculo estándar. Los datos de prueba de cilindros de laboratorio mostraron que cuando se hacían dos o más cilindros para la prueba promedio a 28 días, la gama (designada "R" en el cuadro 3) entre los valores alto y bajo de la resistencia probada, en muchos casos se excedía en 10.5 MPa, y en algunos casos fue de hasta 17 MPa. Normalmente, se espera que la gama esté en la vecindad de 3 MPa o menos. Los valores "R" encontrados muestran una diferencia extremadamente alta entre cilindros relacionados colados a partir de la misma dosificación del concreto. Los valores altos de "R" corresponden al alto coeficiente de variación total dentro de la prueba, encontrado en nuestro estudio.

Otra anomalía que notamos fue la resistencia a compresión a siete días contra la resistencia a compresión a 28 días. Aproximadamente 10 por ciento de las muestras probadas tenían resistencias más altas a siete días que sus cilindros compañeros a 28 días. Habitualmente se espera que la resistencia a siete días esté dentro de 70 a 80 por ciento de la resistencia a 28 días. Esta irregularidad debería haber alertado inmediatamente al equipo de construcción, de que podría haber algunos defectos en el procedimiento de prueba en el campo y su control.

Los informes erróneos de baja resistencia de las pruebas de cilindros de concreto pueden ser el resultado de procedimientos de pruebas de cilindro subestándar, tales como muestreo y procedimientos de moldeado en el campo inapropiados, falta del manejo apropiado y curado de los cilindros antes de llegar al laboratorio, técnicas inadecuadas de pruebas de laboratorio, y vibraciones accidentales de las muestras fraguadas pero todavía no

8.5	5.5	122	78	3,050	3,764
11	4	120	60	2,790	3,240
10.5	4.5	122	62	78	1,610 3,570
10.5	4	120	64	78	2,050 3,300
10.5	4	117	64	78	2,580 3,970
11	4	120	82	78	2,240 3,260
10	4	122	82	78	2,290 3,190
11	5.5	122	80	78	2,130 2,360
10.5	4.5	122	85	78	*2,810 2,610
11	6	117	60	65	2,567 2,765

C D R X S1 2 Cil 1 Cil Vaciado Cil Obser-

28d. 28d. Gama prom recub prom máx conc conc vación

4,700	4,420	1,580	5,040	5,350	6,000	1	72	C
4,610	4,380	590	4,337	4,495	4,610			
4,790	5,430	640	5,190	5,390	5,430			
6,020	5,950	1,280	5,570	5,985	6,020			
3,620	4,780	1,160	4,390	4,775	4,780			
4,520	3,710	810	4,090	4,280	4,520			
3,120	4,090	970	3,700	3,990	4,090			
3,270	5,070	1,800	4,133	4,565	5,070			
4,250	4,560	310	4,380	13.22	4,445	4,560		
4,570	3,470	1,100	4,020	4,020	4,570	2	132	C
3,230	3,150	670	2,980	3,190	3,230			
2,010	2,010	770	2,167	2,205	2,690			

curadas.	2,910 2,910 170 3,107 3,293 3,000
Específicamente, las causas frecuentes de los bajos resultados en pruebas de concreto incluyen:	ERR ERR ERR ERR
. Falla en la colocación del concreto en los moldes en tres coladas y compactación insuficiente de los especímenes. Puesto que, comúnmente no es normal una fractura de cono del espécimen en compresión, otros tipos de fractura indicarían compactación inapropiada y/o manejo inapropiado del espécimen antes de la prueba.	2,790 2,750 430 2,633 2,770 2,790
. Uso de moldes flexibles que permiten bases no planas. Estos son habitualmente moldes de un solo uso que no satisfacen ASTM C 470.	ERR ERR ERR ERR
. Retraso al llevar los especímenes al laboratorio. Mientras más largos son los períodos de curado continuo en aire seco, menor es la resistencia resultante a la hora de la prueba. Es importante llevar estos especímenes al laboratorio y en el proceso de curado húmedo en las primeras 24 a 32 horas después de la colocación del concreto, tal como se especifica en ASTM.	3,860 2,890 970 3,217 3,380 3,860 3,250 3,490 530 3,507 3,635 3,780
. El cabeceo inapropiado de los especímenes y/o la preparación de los extremos de los especímenes hará que ocurran reducciones en la resistencia. Los extremos de los especímenes deben ser cortados con sierra dondequiera que haya pérdida de agregado a lo largo del perímetro.	ERR ERR ERR ERR 2,890 2,900 160 2,843 2,895 2,900 3,738 3,126 615 3,329 ERR 3,432 3,738 3 276 C
. Empleo de cilindros curados en el campo en vez de cilindros curados en el laboratorio. Debe evitarse esta práctica.	ERR ERR ERR ERR 2,272 2,421 248 2,289 2,346 2,421
Comúnmente los especímenes curados en el campo darán resistencias más bajas hasta en un 20 por ciento.	2,013 2,158 641 2,275 2,406 2,654 3,563 3,214 444 3,478 3,610 3,658 3,668 3,791 165 3,764 3,812 3,833 3,518 3,636 118 3,574 3,602 3,636 3,341 0 3,341 3,341 3,341 3,800 3,977 213 3,847 4,787 3,888 3,977 3,590 3,040 550 3,290 3,415 3,590 4 304 3,540 2,620 950 3,243 3,555 3,570/p> 2,950 2,260 1,040 2,837 3,125 3,300 3,770 3,990 220 3,910 3,980 3,990

Por las discusiones con el personal de control de calidad del concreto en el sitio de la obra durante nuestra investigación de campo, supimos que varios cilindros de concreto habían sido curados en el campo. El laboratorio de pruebas supuso incorrectamente que eran los más representativos de las losas de concreto colocadas en la obra. Esto estaba en contradicción con ACI 318-89, Sección 5.6.2, que recomienda específicamente "especímenes curados en el laboratorio". Además, las muestras de cilindros que eran normalmente transportadas al laboratorio en camiones de plataformas planas no estaban aseguradas, y tenían libertad de rodar y vibrar.

El exceso de agua mencionado que había introducido en la mezcla el subcontratista de concreto, aparentemente se requería para lograr una mezcla de concreto trabajable. Los análisis petrográficos mostraron que el agua agregada no representaba un daño real. En general, la mezcla de diseño del concreto "tal cual era hecha," cumplía con los requisitos ASTM C 33 y ASTM C 330, pero tenía granulometría deficiente de los tamaños intermedios del agregado, en las graduaciones combinadas entre la malla núm. 8 y la de 3/8 de pulgada. La granulometría con esa deficiencia dió como resultado una mezcla con exceso de arena que, a su vez, requirió una mayor cantidad de cemento y agua, si se compara con lo que requiere una mezcla con agregados de tamaños mejor graduados. Con las mezclas de granulometría apropiada, los agregados de tamaños intermedios llenan los espacios vacíos entre los agregados grandes y la arena, y por lo tanto, requieren de menores cantidades de cemento y agua en la pasta de concreto. Este no fue el caso que

2,765 2,610 198 2,647 2,687 2,765 5 308 C

Esta tabla es una adaptación de una hoja típica de datos de entrada de cilindros de concreto para el análisis estadístico.

Note los valores altos de "R" "dentro de la prueba" en las pruebas a 28 días.

* Note que las pruebas a siete días son más altas que las pruebas a 28 días.

nosotros encontramos.

Nuestros resultados, que estuvieron basados en el análisis petrográfico y pruebas de compresión en corazones acopladas con mediciones de campo no destructivas, confirmaron un concreto sano. Subsecuentemente, nuestras recomendaciones fueron aceptadas por el equipo de construcción y finalmente las losas de concreto en la obra fueron aceptadas por los propietarios.

Cuadro 1a. Resumen de estadísticas

Número de pruebas 141

Mínimo 2,263

Máximo 6,387

Promedio 3,830

Desviación estándar 820

Media 3,750

Intervalo 500

Cuadro 1b. Distribución de frecuencia

Gama Cuenta Porcentaje Porcentaje

Inferior Superior Acumulado

2,000 2,500 5 3.55 3.55

2,500 3,000 18 12.77 16.31

3,000 3,500 31 21.99 38.30

3,500 4,000 23 16.31 54.61

4,000 4,500 38 26.95 81.56

4,500 5,000 14 9.93 91.49

5,000 5,500 8 5.67 97.16

5,500 6,000 3 2.13 99.29

6,000 6,500 1 0.71 100.00

Cuadro 2. Resumen del informe de la prueba de concreto

Resistencia promedio en base a 141 pruebas 3830 psi (269 kg/cm² [26MPa])



México y la construcción industrializada

Arquitecto Javier Martínez Dircio

PRESENTACIÓN:

Pese a que esta forma de construir aventaja en muchos aspectos a los sistemas tradicionales, no ha logrado imponerse en nuestro país por una serie de razones que tienen mucho que ver con aspectos socioeconómicos y culturales.

La construcción industrializada es la mecanización de las técnicas de construcción y tiene una relación directa con la prefabricación, que es la producción de elementos constructivos fuera o al pie de la obra. Cuando estos elementos constructivos son producidos en serie se dice que son industrializados, pues en su fabricación se siguen procedimientos industriales.

Esta forma de construir es mucho más racional que la de los sistemas tradicionales y conlleva una serie de ventajas que permiten construcciones rápidas, con mayor calidad y más económicas. Sin embargo, la prefabricación no ha podido consolidarse en México, por razones que a continuación trataremos de explicar en lo que se refiere a la prefabricación de concreto.

Inicios de la prefabricación en Europa y en México

La prefabricación en la construcción aparece desde la antigüedad: la utilizaron los egipcios, al igual que los romanos, los mayas, etcétera. También el concreto es un material utilizado desde épocas remotas, pero hubo que esperar hasta 1867 para que un jardinero francés, de nombre J. Monier, patentara lo que posteriormente sería el concreto armado. Edmond Coignet inició en 1892 la prefabricación en concreto armado al fabricar viguetas para un casino en Francia. Estas nuevas formas de construir ya mostraban ventajas y en 1902 Christophe decía que "el procedimiento de fabricación de vigas en un taller puede ser más económico que el colado en obra; da la posibilidad de ensayar todas las piezas antes de su colocación; la construcción de un entepiso se hace más fácil y rápidamente; este trabajo puede ejecutarse aun en mal tiempo sin que resulten retrasos; en fin, el entepiso al ser capaz de soportar las cargas inmediatamente después de su colocación, permite que los trabajos puedan continuarse sin interrupción".¹

Estos son los antecedentes de la industrialización en Europa; en México las nuevas técnicas se empezaron a utilizar en 1927, cuando el ingeniero Rebolledo empleó en la construcción del hotel Regis vigas prefabricadas de concreto armado. De esa fecha a la actualidad la prefabricación se fue consolidando poco a poco. En un inicio las técnicas eran copiadas de otros países, pero con el tiempo empezaron a surgir empresas especializadas en prefabricación. Esta consolidación ocurrió en los años sesenta y principios de los setenta.

Con la introducción del concreto presforzado, la prefabricación recibió un impulso y sus aplicaciones aumentaron y se diversificaron, utilizándose en un principio en puentes y

posteriormente en edificios. Con la consolidación de esta industria en nuestro país, también las empresas mexicanas empezaron a desarrollar nuevas técnicas.

Las razones y sinrazones del no progreso

En un principio, las técnicas innovadoras tuvieron una gran aceptación en México, pero luego, por diversas circunstancias, su aplicación no logró los alcances esperados.

El progreso tecnológico es sin duda un factor importante en el avance de la construcción industrializada, pero no el único, ya que ésta tiene también una relación directa con aspectos socioeconómicos, científicos, culturales e ideológicos, además de los tecnológicos e industriales. En los países en desarrollo como el nuestro, los problemas económicos constantes, el alto índice de desempleo, la desigual distribución de la riqueza, la fuerte dependencia económica y técnica del exterior y la falta de mano de obra especializada aparecen como algunas de las causas que han frenado el desarrollo de esta industria. A lo anterior podemos sumar la gran inversión de capital que requiere, difícil de por sí en las circunstancias actuales.

En México, la construcción industrializada no se debe considerar como sustituta de la tradicional; ambas formas deben coexistir y ofrecer soluciones alternativas, según sean los requerimientos.

Uno de los problemas que actualmente presenta la primera es la falta de difusión de sus técnicas, con el consiguiente desconocimiento de las mismas por parte de ingenieros y arquitectos. El resultado es que sólo 2 por ciento de lo que se construye en México se realiza con prefabricados, mientras que en Europa este tipo de construcción llega casi a 50 por ciento.² Una de las razones de esta diferencia es que, mientras en los países europeos el costo de la mano de obra es elevado –lo cual impulsa el empleo de técnicas mecanizadas para reducirlo–, en México ocurre lo contrario –el disponer de una mano de obra abundante y barata provoca el empleo generalizado de sistemas tradicionales de construcción.

En el capítulo 3 de su libro *La historia de la técnica*, Forbes menciona que el desarrollo técnico que precedió a griegos y romanos se vio interrumpido, y afirma que ello se debió fundamentalmente al gran número de esclavos de que disponían estos pueblos para satisfacer sus necesidades.

Esto nos lleva a pensar que en México ocurre una situación similar en la construcción: los constructores no se preocupan por conocer nuevas tecnologías constructivas ya que disponen de una mano de obra barata casi esclavizada que satisface sus necesidades de construcción. Uno de los fines de la industrialización es proporcionar a los trabajadores un salario que les permita un nivel de vida aceptable.

Nuestro país nos impone grandes retos en lo que a construcción se refiere. La construcción industrializada es una alternativa que implica para nosotros, ingenieros y arquitectos, la necesidad de conocer e involucrarnos con estas nuevas tecnologías y adaptarlas a nuestras

necesidades y recursos.

¹ Christophe, *Le béton et ses applications*, Francia, 1902.

² Delgado, Dora, "Prefabricación: lo barato cuesta caro", *Expansión*, agosto de 1995, núm. 671, p. 48.

BIBLIOGRAFÍA

DÍAZ GÓMEZ, Raúl, "El concreto arquitectónico no", suplemento del núm. 24 de la revista IMCYC, enero-febrero de 1968.

MANDOLESI, Enrico, *Edificación*, Barcelona, CEAC, 1981.

ROSMALEN JAN, Van, "La prefabricación y su aplicación al diseño arquitectónico", tesis para obtener el grado de maestro en Arquitectura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México de 1984.

Memorias del X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural, noviembre de 1996.



Productos y equipos

Sistema Multiarc

El sistema MultiArc es una innovadora y revolucionaria tecnología que permite reducir costos y tiempo de trabajo en la construcción de arcos de mampostería y concreto.

Este novedoso producto puede construir cualquier tipo de cimbra, ovalada o redonda, en minutos, y puede ser utilizado tantas veces como sea necesario. Gracias a sus escalas integradas, la creación de cimbras es rápida, exacta y reproducible para arcos tanto redondos como ovalados, a los que se puede dar cualquier medida, entre 70 y 170 cm de diámetro.

Gatos portátiles de alto tonelaje

Los gatos con componentes hidráulicos de Power Team resultan confiables y de fácil servicio. El diseño modular permite cambiar módulos de gatos para adaptarse a las necesidades de tonelaje y altura. Se selecciona el tonelaje y la altura para ajustar el gato a la aplicación más frecuente –luego se escogen módulos adicionales de gatos para adaptarlos a otras necesidades de altura. Los módulos de gatos tienen cabezales de carga giratorios que proporcionan seguridad a la carga.

Software para diseño de concreto presforzado

ADAPT-ABI proporciona la capacidad de encontrar respuesta a las preguntas sobre diseño pretensado. Este poderoso software, amistoso para el usuario, elimina el error, ahorra el trabajo de suponer y proporciona los últimos avances del análisis estructural.

ADAPT-ABI es un software bidimensional de elementos finitos para vigas y marcos planos, tanto convencionales como presforzados, que incorpora novísimos desarrollos. Permite investigar los efectos de deformación en el tiempo, la contracción, la relajación del presfuerzo, la edad del concreto y los cambios de temperatura, en combinación con el arreglo de una serie de operaciones de construcción y los efectos de la historia de carga tanto de corto como de largo plazo.

Sistema para instalar techos tensados

La empresa Prestige Design, especialista en techos tensados, ha perfeccionado su perfil de fijación patentado para permitir una mayor utilización y obtener mejores ventajas del producto.

Además de la posibilidad de adaptar paredes y techos tensados a formas y ángulos complejos, este nuevo perfil permitirá realizar formas de diseño con ángulos redondeados, creando así volúmenes y efectos de estilo que contengan curvas, bóvedas y cúpulas.

El sistema está compuesto por una pinza flexible autoblocante que engrapa al techo o a la pared y sostiene la tela de PVC, respetando

las líneas curvadas. A 8 mm de la pared y 2 mm visibles en la periferia de la pieza, este perfil asegura un acabado perfecto y devuelve el atractivo a la decoración interior.

