

# Presentación

**Anúnciese**

La globalidad y la competencia que hoy imperan en el mundo van desdibujando paulatinamente las fronteras nacionales a la par que impulsan la normalización de las diversas actividades productivas. En la Comunidad Europea se está elaborando un conjunto de reglas tecnológicas unificadas (Structural Eurocodes) para el diseño de edificios y obras de ingeniería civil que poco a poco irán reemplazando las que rigen en los estados miembros. Por la importancia que esto implica, damos a conocer lo acordado en cuanto al diseño de estructuras durables.

Uno de los usos en que el concreto lanzado puede competir ventajosamente es la reparación de construcciones. Su solidez, durabilidad, versatilidad de aplicación, adherencia y costo son el principal sustento de esta afirmación en el trabajo que incluimos sobre la forma de aplicación del sistema.

Junto a edificaciones que exhiben un acatamiento fiel a modelos externos, América Latina muestra otra forma de hacer arquitectura que se ha manifestado a lo largo de todo el continente. Así lo señala un artículo sobre la obra de algunos creadores que, sin dejar de incorporar tendencias universales e inscribirse en la modernidad, han sabido expresar la propia realidad e identidad de su contexto.

El autor de un sistema de impermeabilización cuyos resultados han sido probados en la práctica explica para

nuestros lectores los fundamentos y componentes del mismo. Además, expone las especificaciones de diseño necesarias para evitar los factores que generan los problemas más costosos y difíciles de resolver en este tipo de trabajos.

Relleno Fluido es el nombre de un producto desarrollado en nuestro país para tareas de relleno y nivelación en obras de infraestructura. Su aplicación tanto en la construcción de obras viales como en la instalación de tubería de servicio hace posible su empleo en trabajos que se realizan lo mismo en grandes centros urbanos que en comunidades en expansión.

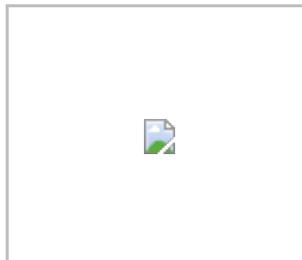
Los saludo con la cordialidad y el reconocimiento de siempre por su preferencia.

**Licenciado Luis Martínez Argüello**

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.  
Revista Construcción y Tecnología  
Abril del 2000  
Todos los derechos reservados**



**ARTICULO  
SIGUIENTE**





# El Eurocode 2 y el diseño de estructuras durables y resistentes



Aquí! 

## Resumen

Para el desarrollo del mercado único europeo, la Comisión de la Comunidad Europea (CCE) ha iniciado el trabajo de establecer un conjunto de reglas tecnológicas unificadas para el diseño de edificios y obras de ingeniería civil, las que gradualmente reemplazarán a las diferentes reglas vigentes en varios estados miembros de la Comunidad Europea. Estas reglas técnicas, que se conocen actualmente como Reglamentos Europeos Estructurales (Structural Eurocodes), conducirán a estructuras que cumplirán los siguientes requisitos fundamentales establecidos en [1]:

Los Reglamentos Europeos (Eurocodes) sobre estructuras de la Comunidad Europea establecen los requisitos para edificios y obras de ingeniería civil en términos de confiabilidad, rendimiento adecuado, condiciones de servicio y durabilidad. El Eurocode 2 y la norma europea EN 206 para tecnología del concreto tratan de los pasos que debe incluir el proceso de diseño para lograr la durabilidad; éstos se describen aquí.

1. Dentro de una probabilidad aceptada, seguirán siendo adecuadas para sus requerimientos particulares de uso, con la debida atención a su vida esperada y a sus costos.
2. Con un apropiado grado de confiabilidad, soportarán todas las acciones e influencias que probablemente ocurran durante la



ejecución y uso, y tendrán una durabilidad adecuada en relación con los costos de mantenimiento.

En otras palabras, los requisitos fundamentales que deberán cumplir son: desempeño adecuado en su uso, grado apropiado de confiabilidad y durabilidad adecuada durante la vida activa de diseño.

Por lo tanto, los Reglamentos Europeos Estructurales proporcionan las herramientas técnicas para lograr esto. Los elementos correspondientes del concepto de diseño se describen a continuación y están relacionados con las clases 3 y 4.

## **Sistema de estándares europeos para estructuras de concreto**

La figura 1 presenta el verdadero Sistema de Estándares Europeos para edificios y obras de ingeniería civil hechos de concreto, que consiste principalmente en Prestándares Europeos (ENV). En realidad, se han convertidos en los Estándares Europeos que reemplazarán a los correspondientes estándares nacionales vigentes en los Estados Miembros de la CE.

En este sistema de estándares europeos, que proporciona todos los elementos para lograr un diseño estructural duradero, pueden distinguirse cuatro niveles:

- El nivel 1 comprende estándares para seguridad estructural [1] y acciones sobre estructuras; en particular en [1] se establecen los requisitos básicos de durabilidad
- El Nivel 2 consiste en el Eurocode 2 [2] para el diseño y el detallado de estructuras de concreto.
- El Nivel 3 proporciona los datos para materiales estructurales, en particular para el

concreto [3,4], y la ejecución de estructuras de concreto [ 5] .

- El Nivel 4 comprende los estándares para la prueba de los materiales.

Sin embargo, hay que hacer notar que los estándares que se muestran sólo llevarán al desempeño requerido en [1,2] si se aplican simultáneamente.

## **Verificación de la durabilidad de estructuras de concreto**

De acuerdo con [1,2], deberá verificarse que una estructura de concreto satisfaga la siguiente condición:  $S_d \geq R_d$  (1)

donde:  $S_d$  denota el valor de diseño del resultado de acción.

$R_d$  es la correspondiente resistencia de diseño que asocia todas las propiedades estructurales con sus respectivos valores de diseño.

La ecuación (1) ha sido derivada inicialmente para acciones directas tales como cargas permanentes o impuestas, y para acciones indirectas, tales como restricción o deformación impuestas.

En el contexto de [1,2,4], el formato dado en la ecuación (1) puede usarse también para acciones ambientales ([6] y figura 2). Por ejemplo,  $R_d$  puede interpretarse como el recubrimiento real de concreto  $c$ , y el correspondiente valor de diseño  $S_d$  como la profundidad de carbonatación. Esto se ilustrará en la sección 5.

Sin embargo, tales métodos para lograr un diseño de durabilidad requieren características de desempeño bien definidas, métodos de prueba precisos, modelos confiables para el comportamiento del material y amplio conocimiento de las condiciones ambientales.

Los valores de  $S_d$  están fuertemente relacionadas con parámetros climáticos y con otros factores de deterioro, tal como se describe en la sección 4.

La resistencia de diseño,  $R_d$ , de estructuras de concreto depende de varios parámetros. Los más importantes son:

- Permeabilidad y estructura del concreto.
- Patrón de agrietamiento y ancho de las grietas.
- Tipo de refuerzo (refuerzo de acero, acero presforzado).
- Recubrimiento del refuerzo.
- Calidad de la mano de obra durante la ejecución (por ejemplo, curado).

En las secciones siguientes se considerará la posible influencia de estos parámetros sobre  $R_d$ .

## **Definición de las acciones ambientales $S_d$**

De acuerdo con [1], una estructura de concreto deberá diseñarse de tal manera que el deterioro del concreto y / o acero no deba perjudicar la durabilidad y el desempeño de la estructura, sin menoscabo del nivel anticipado de mantenimiento. En otras palabras, una estrategia de mantenimiento adecuado es parte del concepto de diseño de los Reglamentos Europeos Estructurales.

Los anteriores requisitos que han de cumplir las estructuras de concreto dependen principalmente del medio ambiente al cual está expuesto el concreto. El medio ambiente, en este concepto, implica las acciones químicas y físicas que dan como resultado efectos (véase la figura 3) que no se consideran

como cargas en el diseño estructural. Las acciones ambientales definidas en [4] se muestran en los cuadros 2 y 3, en donde se hace una distinción muy general entre seis mecanismos de deterioro para el concreto y el acero, respectivamente.

Las acciones en los cuadros 2 y 3, donde sea pertinente, pueden considerarse condiciones *locales* o *microcondiciones*. Las condiciones locales son aquellas que se encuentran alrededor de la estructura construida, que toman en cuenta las acciones específicas en donde está localizada la estructura o elemento estructural (por ejemplo, humedad relativa  $rH$ , contenido de  $CO_2$ ).

Sin embargo, en algunas circunstancias, es necesario considerar las microcondiciones. Éstas incluyen acciones ambientales sobre una superficie específica de un elemento estructural. Esto, por ejemplo, puede aplicarse a las siguientes circunstancias:

- Exposición a lluvia intensa.
- Exposición a radiación solar.
- Contacto con el suelo, agua subterránea, agua de mar, etcétera.

Resulta evidente que en el diseño para lograr durabilidad, el enfoque es similar al del diseño estructural en el que se realizan normalmente verificaciones globales (por ejemplo, análisis estructural) y verificaciones locales (por ejemplo, limitación de esfuerzos).

## **Resistencia del concreto contra acciones ambientales**

La norma EN 206 [4] proporciona dos métodos generales para la valoración de la resistencia de diseño  $R_d$  en la ecuación (1). El método estándar ("diseño de macronivel" en [6]) consiste en la

estipulación de los valores limitantes para la composición del concreto en términos de relación máxima agua / cemento, contenido mínimo de cemento o de aire y, cuando sea pertinente, requisitos adicionales para el cemento y / o los agregados. Alternativamente, pueden usarse métodos relacionados con el desempeño con respecto a la durabilidad. Éstos pueden estar basados en refinamientos del método estándar sobre pruebas aprobadas y probadas o sobre modelos analíticos.

Al usar este último enfoque, por ejemplo, para la clase ambiental XC, es decir, el deterioro del acero por carbonatación, debe verificarse que :

$$d_c \leq c_{act} \quad (2)$$

donde  $d_c$  denota la profundidad de carbonatación y  $c_{act}$  el recubrimiento real al refuerzo del miembro considerado.

De la ecuación (3) puede concluirse que  $d_c$  depende de varios parámetros con una distribución estadística. Sin embargo, hay que hacer notar que los desarrollos reales en el campo de la durabilidad están caracterizados por actividades en el nivel mundial con el objetivo de definir valores de diseño de todos los parámetros pertinentes que puedan introducirse en el formato de verificación descrito antes.

$$D_c = \frac{D_{nom}}{k_1 k_2 k_3} \quad \text{... (completar fórmula) fórmula (3)}$$

$d_c$ . profundidad de carbonatación

$D_{nom}$  el coeficiente de difusión del concreto seco para dióxido de carbono en un ambiente

Definido (20 °C, 65% de humedad relativa) a la cantidad de CO<sub>2</sub> para la carbonatación completa

$D_{con}$  la diferencia de concentración de dióxido de carbono en el frente de carbonatación y en el aire

$k_1, k_2, k_3$  parámetros para las condiciones

microclimáticas a fin de describir las condiciones de curado y el efecto de la separación del agua (relación local  $a / c$ ), respectivamente

$n$  parámetro para las condiciones microclimáticas que describen el mojado y el secado

$n = 0$  para condiciones interiores;  $n \leq 3$  para condiciones exteriores

$t_0$  período de referencia,  $\ddot{O} t$  –ley válida (por ejemplo, 1 año)

$t$  tiempo

$c_{act}$  recubrimiento real del refuerzo

## Recubrimiento de concreto sobre el refuerzo

De acuerdo con el Reglamento Europeo 2 [2], en los cálculos de diseño debe introducirse un recubrimiento de concreto *nominal*. Está dado por:  $nom\ c = mín.\ c + D\ h$  (4)

donde:

nom.  $c$  denota el recubrimiento nominal

mín.  $c$  es el recubrimiento mínimo

$D\ h$  es un margen para las tolerancias

Para la determinación del recubrimiento mínimo de concreto, mín.  $c$ , se aplican los siguientes criterios:

- Transmisión segura de las fuerzas de adherencia
- Prevención del descascaramiento
- Resistencia adecuada al fuego
- Protección del acero contra la corrosión

En el último caso, la protección contra la corrosión depende de la presencia continua de un ambiente alcalino circundante proporcionado por un espesor

adecuado de concreto bien curado y de buena calidad. En ausencia de otras disposiciones, puede suponerse un espesor adecuado si se usan los valores de mín.  $c$  dados [15]. Excepto para la exposición de la clase XC1, estos valores pueden reducirse en 5 mm en elementos de losas.

Un punto adicional se refiere al "trueque" entre el mín.  $c$  y el grado real de concreto usado. Generalmente, se permite una reducción de los valores del cuadro 5, a condición de que el grado real del concreto sea más alto que el grado mínimo dado en el cuadro 4, para la clase pertinente de exposición. Por ejemplo, en [15], que se basa en [2], el "trueque" está restringido a elementos prefabricados de concreto y se permite una reducción de 5 mm de los valores del cuadro 5, para concreto de resistencia normal  $f_{ck,cilindro} \leq 55 \text{ N / mm}^2$ ) en los siguientes casos:

- Exposición de clase XC1: no se permite reducción
- Clases XC2, XC3: se permite reducción si el grado real de concreto corresponde a la clase de resistencia mínima en el cuadro 4.
- Clase XC4: se permite reducción para C35/45 y más alta.
- Clases XS, XD: se permite reducción si el grado del concreto es al menos dos clases de resistencia más altas que la clase de resistencia mínima en el cuadro 4.

Para concreto de alta resistencia, pueden hacer falta consideraciones adicionales.

La variación para las tolerancias,  $D h$ , usualmente estará en el rango de  $0 \text{ mm} < D h < 5 \text{ mm}$  para elementos de concreto premoldeados, si el control de producción puede garantizar estos valores.

La tolerancia estará en el rango de  $5 \text{ mm} < D h < 10$

mm para la construcción *in situ* de concreto reforzado. Tolerancias más altas o más bajas, D h, pueden usarse si esto puede justificarse por el método de construcción usado.

Estas reglas subrayan que, para el diseño de durabilidad, existe una relación estrecha entre la tecnología del concreto y la construcción en la obra.

## **Control del agrietamiento**

La durabilidad de las estructuras de concreto puede verse adversamente afectada por el agrietamiento excesivo. Además de esto, el agrietamiento deberá estar limitado a un nivel que no perjudique el funcionamiento apropiado de la estructura o que haga que su apariencia sea inaceptable.

El cuadro 7 presenta los tipos comunes de grietas en estructuras de concreto, para las que pueden distinguirse dos causas principales:

- Grietas causadas por las propiedades reológicas del concreto fresco en proceso de endurecimiento.
- Grietas causadas por cargas y/o deformaciones impuestas.

El primer tipo de grietas puede ser controlado por medidas apropiadas de tecnología del concreto, en particular, por la composición de la mezcla de concreto, la colocación y el curado apropiados. Las reglas correspondientes se proporcionan en [3-5].

Para el control de grietas causadas por cargas y / o deformaciones impuestas, el concepto de diseño en Eurocode 2 estipula dos herramientas básicas:

- El requisito de un refuerzo de acero con adherencia mínima.
- La limitación del ancho de la grieta

El refuerzo de acero mínimo tiene dos funciones: debe asegurar un equilibrio en el momento en que puedan esperarse las grietas por primera vez. Además, el área de refuerzo mínimo puede ser tal que se eviten los anchos de grieta con un valor inaceptable. En la mayoría de los casos, el refuerzo mínimo se calcula para deformaciones impuestas debidas a la disipación del calor de hidratación, es decir, para una edad del concreto de entre 3 y 5 días después de colado. Depende principalmente de la resistencia real a tensión del concreto,  $f_{ct}$ .

Para la limitación del ancho de la grieta, Eurocode 2 proporciona una clasificación de criterios de verificación que se presentan en el cuadro 8. El principio es que para un cierto nivel de carga (infrecuente, frecuente, cuasipermanente), no se excederán ni el estado límite de descompresión ni el estado límite de la anchura de la grieta. Los niveles de carga en el cuadro 8 se han derivado a partir de investigaciones y de la experiencia. En el estado límite de descompresión, no se permiten esfuerzos de tensión en el concreto bajo la combinación pertinente de las acciones. Es pertinente para los miembros presforzados o para aquellos sujetos a fuerzas axiales significativas.

Para el control del ancho de la grieta, los criterios dados en el cuadro 8 "considerados satisfactorios", se basan en el siguiente ancho de diseño de la grieta,  $w_k$ :

- Para miembros con tendones de presfuerzo internos adheridos:  $w_k = 0.2 \text{ mm}$ .
- Para miembros con acero de refuerzo:  $w_k = 0.3 \text{ mm}$ .

Las categorías de la A a la E en el cuadro 8 se han elegido en relación con las acciones ambientales, el riesgo de deterioro y el nivel de carga de diseño. Este último es principalmente una función de la carga variable  $Q_k$ , que se define en [1] como el valor más

alto de una distribución estadística con una probabilidad esperada de 98 por ciento de no ser excedido dentro de un periodo de referencia de un año. Los valores de  $Q_k$  pueden encontrarse en Eurocode 1 (véase la figura 1). El valor infrecuente de una acción variable corresponde (aproximadamente) a  $Q_k$ .

El valor frecuente de una acción variable,  $Y_1 \cdot Q_k$  corresponde, de acuerdo con [1], a un valor que es excedido, ya sea en 5 por ciento del tiempo de referencia, o 300 veces por año. Debe elegirse el valor más alto. El coeficiente de combinación correspondiente,  $Y_1$ , variará entre 0.5 y 0.9, de acuerdo con la acción variable considerada.

El valor cuasipermanente de una acción variable,  $Y_2 \cdot Q_k$ , que se usa comúnmente para el control de grietas en miembros de concreto reforzado (es decir, no presforzados), corresponde al tiempo promedio o al valor con una probabilidad de ser excedido en 50 por ciento. El valor correspondiente  $Y_2$  variará entre 0.3 y 0.8.

Además de las disposiciones anteriores que requieren verificaciones numéricas, en Eurocode 2 se proporcionan dos reglas que "se consideran satisfactorias". Ellas tienen que ver con el espaciamiento de varillas, espaciamiento de estribos para el control de grietas inclinadas debidas a cortante y / o torsión, una limitación de esfuerzos de adherencia y áreas de refuerzo mínimo a lo largo de la superficie de los miembros de concreto. Los últimos puntos se incluyen con la intención de resistir esfuerzos autoequilibrantes y, así, asegurar una calidad adecuada del concreto en la superficie de los miembros de concreto.

## **Curado**

La durabilidad de una zona con superficie de concreto depende de varios parámetros, en particular de una resistencia adecuada contra la carbonatación

y una baja permeabilidad. Ambos parámetros son una función del grado de hidratación, el cual es un proceso dependiente del tiempo que depende principalmente del tipo de aglomerante (cemento) o de la temperatura ambiente durante la reacción.

Por otro lado, el desarrollo de resistencia del concreto es también una función de la hidratación. Existe una analogía entre la disminución de la permeabilidad y el incremento de la resistencia. Por esta razón, a fin de proporcionar un modelo de ingeniería práctico en [5], se usó la resistencia del concreto para la caracterización del grado de hidratación después del periodo de curado.

Por lo tanto, de acuerdo con [5], una superficie de concreto expuesta a condiciones ambientales distintas de XO y XC1, en el cuadro 2, debe ser curada hasta alcanzar cierto porcentaje de la resistencia a la compresión especificada. Este porcentaje depende principalmente del grado de humedad después del curado, es decir, de la continuación del proceso de hidratación después del periodo de curado. En [16] se dan los valores correspondientes que varían entre 60 por ciento (medio ambiente muy seco) y 10 por ciento (ambiente húmedo). Sin embargo, en [5] se requiere un porcentaje constante de 50 por ciento por razones de simplificación.

Este valor puede considerarse alcanzado si se aplican los periodos de curado mínimos recomendados en el cuadro 9. Este cuadro se aplica a todas las condiciones ambientales del cuadro 4 distintas de XO y XC1 y distingue entre diferentes temperaturas ambientales  $T$  y el desarrollo de resistencia del concreto. Este desarrollo se expresa por la relación:

$$r = f_{cm,2} / f_{cm,28} \quad (5)$$

donde:

$f_{cm,2}$  es el valor medio de la resistencia a la

compresión después de 2 días.

$f_{cm,28}$  denota el valor medio de la resistencia a la compresión después de 28 días, tal como se determina por las pruebas iniciales o con base en el comportamiento conocido del concreto de una composición comparable.

Para las superficies de concreto que han de estar expuestas únicamente a las clases de exposición XO y XC1 del cuadro 2, el periodo mínimo de curado debe ser 0.5 días, a condición de que el fraguado no exceda de 5 horas y que la temperatura de la superficie sea igual o superior a 5 °C.

Sin embargo, [5] no excluye la aplicación de otros períodos mínimos de curado, a condición de que esto pueda justificarse por el concreto usado y por el método de curado aplicado.

---

## REFERENCIAS

1. European Committee for Standardisation (CEN), "Eurocode 1: Basis of design and actions on structures, part 1: Basis of design", CEN, Bruselas, ENV 1991-1, 1994.
2. European Committee for Standardisation (CEN), "Eurocode 2: Design of concrete structures, part 1: General rules and rules for buildings", European Prestandard, CEN, Bruselas, ENV 1992-1-1, 1991.
3. European Committee for Standardisation (CEN), "Concrete, performance, production, placing and compliance criteria", European Prestandard. CEN, Bruselas, ENV 206, 1990.
4. European Committee for Standardisation (CEN), "Concrete, performance, production and conformity", Draft, CEN, Bruselas, prEN 206, 1997.

- 
5. European Committee for Standardisation (CEN), "Execution of concrete structures, part 1: General rules for buildings", CEN, Bruselas, Document CEN / TC104 SC2-N126, 1998.
  6. Comité Euro-International du Béton (CEB), "New approach to durability design. An example for carbonation induced corrosion", CEB, Lausana, *CEB-Bulletin d'Information*, núm. 238, 1997.
  7. European Committee for Standardisation (CEN), "Methods of testing cement, part 2: Chemical analysis of cement" CEN, Bruselas, EN 196-2, 1994.
  8. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), "Assessment of water, soil and gases for their aggressiveness to concrete, part 2: Collection and examination of water and soil samples", DIN, Berlín, DIN 4030-2, 1991.
  9. International Standards Organisation (ISO), "Water quality; Determination of amonium, part 1: Manual spectrometric method", ISO, Ginebra, ISO 7150-1, 1984.
  10. International Standards Organisation (ISO), "Water quality; Determination of amonium, part 2: Automated spectrometric method", ISO, Ginebra, ISO 7150-2, 1986.
  11. International Standards Organisation (ISO), "Water quality; Determination of calcium and magnesium; Atomic absorption spectrometric method"" ISO 7980, 1986.
  12. European Committee for Standardisation (CEN), "Cement; Composition, specifications and conformity criteria, part 1: Common cements", CEN, Bruselas, ENV 1997-1, 1992.

- 
13. Hilsdorf, H.K., "Concrete", publicado en *Concrete Structures*, Euro-Design Handbook, Ernst & Sohn, Berlín, 1995, 1-103.
  14. Vissers, J.L.J, "k-value for powder coal fly ash", Bruselas, Internal paper of CEN / TC104 / SCI, 1998.
  15. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN), "Concrete, reinforced and prestressed concrete structures, part 1: Design", DIN, Berlín, prDIN 1045-1, 1997.
  16. Grübl, P., "European concept on the curing of concrete", published in *Concrete Precasting Plant and Technology*, vol. 62, Bauverlag GmbH, Wiesbaden, 1996, 82-91.

Este artículo se publicó en *Materials and Structures* y se reproduce con la autorización de RILEM Publications

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Abril 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# El concreto lanzado como sistema de reparación

Algunas reparaciones hechas con concreto lanzado a lo largo del mundo

- Autopistas

En Los Ángeles, California, se vio después del sismo que muchas columnas de las autopistas no tenían el refuerzo adecuado, por lo que se procedió a colocar un armado de acero de refuerzo e incrementar su espesor mediante la colocación de concreto lanzado.

**Aquí!** 

- Puentes

El puente histórico en Allentown, Pensilvania, EUA.

Un puente construido en 1920 en Massachusetts, EUA.

El *Golden Gate* en San Francisco, California, EUA.

- Presas

Presa *La Gudiña*, en Colombia.

Presa *Urdiceto* en los Pirineos, España.

Presa *Freagolgia* en Italia.

- Túneles, drenajes y tuberías

Túneles ferroviarios en Suiza: la mayor parte de los túneles ferroviarios de Suiza datan de principios de siglo, por lo que fue necesario reconstruirlos y adecuarlos a las necesidades actuales.

Túnel en la autopista México-Acapulco, México.

- Chimeneas

Concreto refractario en chimeneas de la industria cementera y metalúrgica.

- Muelles

Refuerzo de los pilares de madera en Newport Beach, California, con un recubrimiento de 3 pulgadas de espesor.

- Edificios históricos

Iglesia de Nuestra Señora de las Nieves en Belleville, Illinois, EUA.

**(Aquí termina el recuadro y comienza el artículo:)**

Toda construcción tiene una vida útil. Con base en el estudio y análisis de una estructura determinada, puede determinarse que sus condiciones actuales no son satisfactorias para el uso que se le está dando; puede tener problemas estructurales, estéticos o una combinación de ambos. Mediante la reparación, se pretende alargar o adecuar su vida útil.

Las causas del deterioro pueden ser muchas y muy variadas: mal diseño, cambio de uso de la estructura, malos materiales, malas prácticas constructivas, exposición a medios agresivos, exceso de cargas, accidentes, etcétera.

Es necesario determinar las causas del deterioro antes de

iniciar cualquier reparación, y evaluar si lo que ocasionó el daño sigue afectando a la estructura o ya no.

Después, se deben elegir los materiales adecuados así como los métodos y sistemas apropiados para la reparación, preparar la superficie de aplicación adecuadamente y ejecutar los trabajos para poner nuevamente en servicio la estructura.

¿Por qué el concreto lanzado?

El concreto lanzado aplicado correctamente es un material de construcción sólido y durable, único en su forma de colocación por la posibilidad de aplicarse tanto en superficies verticales como sobrecabeza. Ofrece muchas ventajas que no tiene ningún otro método de reparación.

Entre sus principales características puede mencionarse su excelente adherencia a diferentes materiales tales como concreto, roca, madera, acero y otros. Además, se puede obtener un concreto denso, con relaciones agua / cemento bajas, de alta resistencia, baja absorción, buena resistencia al intemperismo, buena adherencia al sustrato, etcétera.

Permite también una gran variedad de texturas para el acabado de la reparación. Pueden mencionarse, por ejemplo, la textura rugosa natural propia del método, el escobillado, con llana de madera o llana metálica, con esponja o pulida, según se requiera.

El empleo del concreto lanzado responde a razones de costo o conveniencia. Ofrece ventajas, por ejemplo, cuando el costo de la cimbra es muy alto o se requieren cimbras con formas imprácticas; también cuando se pueden eliminar las cimbras o reducir su número, cuando el acceso al área de trabajo es difícil, cuando se requieren espesores variables o es necesaria la aplicación en capas delgadas, o cuando los métodos tradicionales de colocación no son posibles.

Recomendaciones para la aplicación del sistema

La naturaleza del soporte tiene una importancia primordial para la adherencia del concreto lanzado, la cual se garantiza únicamente por un fenómeno mecánico. Durante las primeras fracciones de segundo del impacto del chorro sobre la

superficie de aplicación, se forma una delgada capa compuesta por los elementos más finos de la mezcla, es decir, de la pasta de cemento y arena fina. Esta capa no sólo sirve para incorporar los agregados más gruesos, sino que penetra también por la fuerza del impacto en las pequeñas irregularidades, los poros y las fisuras de la superficie de aplicación, logrando una excelente adherencia entre el concreto lanzado y su soporte una vez que ha fraguado el cemento.

Es importante que el sustrato no vibre, que soporte el impacto del chorro de concreto y el peso del material. Si se emplean cimbras, éstas se deben diseñar para facilitar la salida del aire comprimido y el rebote durante la colocación.

El empleo del concreto lanzado con fibras es una variante de este método de reparación. El concreto lanzado sin refuerzo, al igual que el concreto tradicional, no resiste los esfuerzos de tensión y se agrieta. Al adicionar fibra metálica a la mezcla de concreto lanzado, obtenemos cuando endurece un incremento en la ductilidad, en la capacidad de absorción de energía y en las resistencias al impacto y a la flexión, entre otras propiedades.

Al emplear fibra metálica, no debemos causar ningún problema adicional. Tiene que mantenerse exacta la dosificación de fibra y reducirse al mínimo su pérdida por rebote. La calidad de las fibras debe garantizar el uso óptimo y el mejoramiento de la calidad final del concreto.

El concreto lanzado necesita, al igual que el tradicional, un curado adecuado para desarrollar todas sus propiedades, situación que se vuelve más crítica cuando se emplean aditivos acelerantes.

Es muy importante proporcionar un ambiente húmedo con temperaturas apropiadas para prevenir la pérdida de agua, durante un periodo definido, a fin de lograr la hidratación adecuada del cemento y obtener las características deseadas.

Existen diversos procedimientos de curado del concreto; el ACI 318 nos proporciona mayor información. Si se emplean compuestos o membranas de curado, éstos deben

removerse en su totalidad antes de la aplicación de la siguiente capa ya que pueden afectar la adherencia entre las mismas.

Una excelente opción es el uso de aditivos de curado interno de concreto ya que no implican ningún trabajo adicional para la aplicación de la siguiente capa y no afectan negativamente la resistencia ni la adherencia, además de empezar a trabajar desde el primer minuto, garantizando un curado adecuado.

En la elección del concreto lanzado para una reparación, es necesario tomar en cuenta el conocimiento y la experiencia existentes así como efectuar un análisis de los materiales, de las necesidades y de las especificaciones del proyecto. Para obtener un buen resultado, es preciso una adecuada planeación, una buena supervisión y un aplicador con mucha experiencia y habilidad.

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,  
A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología**

**Abril 2000**

**Todos los derechos reservados**

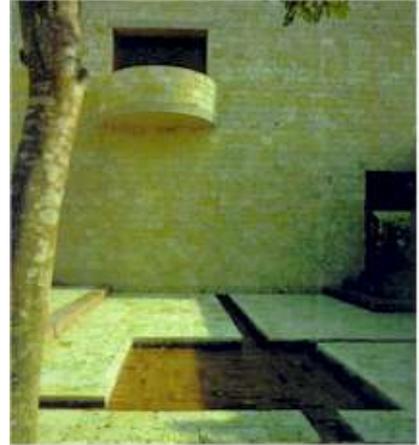
[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# Modernidad contextual en la arquitectura latinoamericana



Aquí! 

## Resumen

Junto a edificios que lo mismo podríamos encontrar en Asia o en Norteamérica, existen en nuestras ciudades latinoamericanas construcciones que evidencian otra forma de hacer arquitectura. Son producto del trabajo de talentosos creadores que han sabido conjugar lo universal con lo autóctono sin perder la identidad, gracias a una creatividad que sigue expresándose a lo largo de todo el continente en obras que dan cuenta de una realidad propia.

La arquitectura es una forma que encierra una actividad humana a la cual trasciende al servir a la realidad que originó dicha actividad. Cada edificio es único y anticipa el futuro, el poder que ejerce sobre nosotros reside en su profunda adhesión a una gama de sentimientos humanos, a aquello que los románticos llamaron "lo sublime". En América Latina, la arquitectura ha pasado por muchas y variadas etapas, desde los preceptos estéticos del siglo XIX hasta las ideas e influencias internacionales avanzadas a partir de la importación sistemática de profesores extranjeros.

## Fusión cultural

Desde su descubrimiento, América Latina ha sido una vasta área de absorción y combinación de culturas que adoptó y adaptó las ideas "modernas" de la Europa conquistadora, en un universo pleno de historia prehispánica que se mezcló con los nuevos elementos traídos de ultramar en multiplicidad de formas y combinó desde el lenguaje hasta la religión, pasando por las costumbres y la creación artística. Desde entonces, el proceso de adopción y adaptación ha sido una constante en el devenir latinoamericano y ha resultado en elementos propios que forman su identidad.

En el campo de la arquitectura, la fusión cultural cuenta con magníficos ejemplos desde los orígenes de las ciudades novohispanas. Los conventos, con sus atrios y capillas posas, son espléndidas muestras del amalgamamiento de dos patrones arquitectónicos que fue necesario para evangelizar a los indígenas. Los artífices de los edificios virreinales combinaron magistralmente lo mismo elementos renacentistas con moriscos que caracteres indígenas con iconos religiosos, resultando de ello estilos únicos tales como el barroco de la Nueva España, totalmente distinto del europeo.

## **Identidad y modernidad**

Cada época de la historia de la humanidad ha tenido enormes aciertos y terribles errores en todas las áreas de su actividad. En aras de la "modernidad" de cada tiempo, se ha destruido y negado la herencia cultural de los pueblos. Así, los conquistadores arrasaron las ciudades prehispánicas, y siglos después, al consumarse la independencia en los virreinos americanos, los ideólogos adoptaron el neoclásico como estilo característico del nuevo pensamiento y mutilaron el barroco, que representaba el poderío virreinal. De igual modo, estos forjadores de nuevas patrias creyeron posible instaurar en las nacientes naciones las formas políticas más avanzadas de Europa y Norteamérica, con lo que se estableció la adopción de modelos extranjeros que, si bien habían sido exitosos en aquellos contextos, no respondían a las necesidades de la realidad latinoamericana.

El quehacer arquitectónico no ha sido ajeno a este fenómeno de adopción y ha sufrido con ello cambios importantes. La

irrupción del movimiento moderno en el siglo XX es el ejemplo más palpable que tenemos de cómo nuestro contexto se ha transformado en busca de la prosperidad. Amada y satanizada, la arquitectura moderna ha sido dada por muerta y el tardomoderno y posmoderno han tratado sin gran éxito de relevarla. En las ciudades latinoamericanas existen edificios que podrían estar lo mismo en Asia que en Canadá, ya que han sido adoptados mas no adaptados a un contexto determinado; y también para fortuna de quienes en ellas vivimos, existen obras que si bien pueden ser catalogadas como arquitectura moderna, gozan de particularidades que responden al análisis profundo del contexto en que se ubican ya que conjugan coherentemente lo que el arquitecto y crítico chileno Enrique Browne denomina el "espíritu de la época" con el "espíritu del lugar". "Otra arquitectura" es el calificativo con que Browne engloba la obra de maestros como Eladio Dieste, Rogelio Salmons y Luis Barragán, cuyo acierto ha sido el combinar logros plásticos universales con costumbres de usos latinoamericanos. Esta otra forma de hacer arquitectura, que ha dejado atrás el afán de ser "desarrollados" a costa de nuestra identidad, cuenta en todo el continente con magníficos exponentes que atraviesan ya varias generaciones de talentosos arquitectos.

## **Cuatro Arquitectos en Latinoamérica Hoy**

### **México**

Alberto Kalach, joven arquitecto mexicano, rebelde y profundamente creativo, forma con Daniel Álvarez un grupo llamado Taller de Arquitectura X. Sus obras, basadas en la abstracción del lenguaje del movimiento moderno, alimentan constantemente este ámbito de creación ya que su gran pasión por la ciudad motiva siempre la generación de nuevas ideas urbanas.

Kalach y Alvarez basan su arquitectura en líneas, cubos, planos y masas; su vocabulario arquitectónico se deriva de la tradición corbusiana y del constructivismo ruso. Estos jóvenes arquitectos pertenecen a una generación de diseñadores del concreto, vidrio y acero, una creatividad extremadamente activa de composiciones tridimensionales.

En el particular contexto de la ciudad de México, la exquisita delicadeza de su arquitectura de materiales, espacio y funcionalidad se ve reflejada en una serie de edificios de departamentos alrededor de la Colonia del Valle (Rodin, Fresas, Adolf) y en las casas (Casa Negro y la Casa de Valle de Bravo). En éstas, existe un gran reflejo de las formas cúbicas como principal concepto, utilizando trabes de acero y la luz como elemento primordial de una sensualidad espacial.

## **Colombia**

Un gran exponente de la arquitectura colombiana es Rogelio Salmona, cuya obra irrumpe formalmente en la historia reciente de la arquitectura de Bogotá. La relación afectuosa de Salmona con el ladrillo bogotano no es reciente ni misteriosa, data de la infancia vivida en barrios que, como el de Teosaquillo, fueron un mundo de ladrillo que creció a un tiempo con él.

Esta asociación con el material lo ha llevado a entenderlo y a dominarlo muy diestramente. Usa el ladrillo por las muy obvias razones de su larga familiaridad con él, su aprecio por sus calidades técnicas, texturales, cromáticas y ambientales y la facilidad de una obtención expedita y económica. En la cita de St. Exupéry, al ladrillo bogotano sólo "le falta el alma y el corazón del arquitecto" para adquirir nobleza y expresión.

La arquitectura de Salmona es una constante síntesis de ideas generales, búsqueda de referencias y apoyos ideológicos en la arquitectura de todos los tiempos y lugares, selección sensible entre las posibilidades de interpretación de unas y otras, y no búsqueda de una obsesiva "invención" original. Los jardines del Generalife, adyacentes al recinto amurallado de La Alhambra, son el colmo de la arquitectura del agua, o de la poética del agua como arquitectura, punto de partida de la relación de Rogelio Salmona con la vegetación, con el fluir del agua, entendidos no como un complemento sino como factores fundamentales de un lugar arquitecturado.

Como arquitecto, exige en sus obras la captación de todos los sentidos, además de cierta malicia o astucia para leer

como entre líneas las intenciones ocultas y los significados implícitos, unos dentro de otros, de su peculiar clave poética. Su arquitectura otorgará ocasionalmente al espectador el placer prácticamente sensual que sólo otorga un dominio formidable de las formas construidas.

## **Brasil**

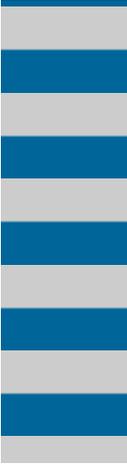
La arquitectura brasileña es un producto típico del talento de una raza, pero no en el sentido biológico: es producto del modo del ser del pueblo brasileño, de su gente, de su luz y de su clima, de los recursos naturales y de sus tradiciones.

Oscar Niemeyer es un arquitecto, fruto sin duda de esa particularidad, de un contexto en el que es necesario profundizar y cuyas raíces hay que descubrir. Le Corbusier fue siempre para Niemeyer el "fundador de la arquitectura contemporánea", y lo admiró principalmente por la vertiente plástico-artística que supo integrar a la funcionalidad. Le Corbusier le dijo: "Oscar, tú tienes siempre en los ojos las montañas de Río. Con el concreto construyes el barroco". Y esta expresión contiene su voluntad de identidad, su localismo, su universalidad. Brasilia ha sido, qué duda cabe, la gran ocasión de la vida profesional de Niemeyer.

América Latina fue sólo una pausa en su obra, ya que en 1988 el proyecto realizado para la ampliación de la Editorial Mondadori vuelve a conectarlo con Europa. Sus diseños de monumentos, siempre comprometidos con la sociedad, siguen representando una transgresión para el poder establecido y casi sistemáticamente son destruidos. El teatro de Araras (1990), el Parlamento de América Latina (1991), son algunos de los últimos logros de este arquitecto que sorprende con su eterna juventud.

## **Chile**

El paisaje sudamericano, lugar propicio para ensayar sin angustias una modernidad trazada sobre el doble registro de abstracción y naturaleza, parece estar presente en las formas, tratamientos espaciales y materiales de la



arquitectura de Mathias Klotz. La obra –todavía breve y reciente– de este joven arquitecto chileno, pertenece a los lugares más sublimes: desde un seco desierto hasta una húmeda selva. Klotz parece querer poner en evidencia esa extrema naturaleza. Su obra está fuertemente marcada por la recurrencia disciplinada a las claves de la arquitectura moderna: geometría simple, rotundas proporciones, sutileza de líneas, figuras precisas y legibles. La composición de las cajas como exaltación de sus aristas y caras, la disposición de cristales completos y la luz que las invade interiormente, los techos son siempre un motivo de expresión de la horizontalidad, una aspiración de contraste con el cielo.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Abril 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# Un sistema razonado y probado de impermeabilización

Aquí! 

## Resumen

Un sistema de impermeabilización que ha dado buenos resultados en la práctica es explicado aquí por su autor, quien señala las especificaciones de diseño de losa necesarias para evitar los factores que generan los problemas más costosos y difíciles de resolver, a la vez que analiza uno por uno los componentes del sistema

Los problemas de impermeabilización más costosos y difíciles de resolver son aquellos en los que intervienen los siguientes factores:

- Diseño de la estructura y de zonas potencialmente permeables de alto riesgo.
- Comportamiento mecánico y estructuración del elemento que va a recibir la pantalla impermeable.
- Soluciones inadecuadas en juntas constructivas y en los contactos entre la pantalla impermeable y las instalaciones u otros elementos que intervienen en el diseño.
- Vicios ocultos de diversos tipos.

Un sistema que busque en su diseño evitar los factores señalados supera con creces a otro que sólo se base en cubrir con una pantalla impermeable las zonas potencialmente permeables, pues mientras que en el primero se trata de eliminar o al menos reducir al mínimo los factores que pueden dar lugar a su falla, en el otro poco o nada se les considera.

Este sistema, que por el criterio en que se basa hemos llamado "razonado", obliga por su propia naturaleza a intervenir con sus especificaciones en el diseño y ejecución de las zonas potencialmente permeables.

Sus especificaciones, basadas en el análisis del proceso lógico de investigación sobre la penetración del agua en las estructuras, pueden sintetizarse de la siguiente manera:

- Determinación de las zonas potencialmente permeables y los puntos especialmente críticos.
- Determinación del origen de los conductos a través de los cuales penetra el agua.
- Determinación de los fenómenos y/o mecanismos con que se presenta la penetración del agua en los edificios o estructuras.

## El Sistema aplicado a un techo horizontal

El criterio de diseño de la impermeabilización de una losa horizontal requiere que ésta cumpla con las especificaciones siguientes:

cumpla con las especificaciones siguientes:

- El cálculo y estructuración de la losa deben lograr que sus deformaciones sean compatibles con las que pueda admitir el sistema impermeable.
- Las deformaciones normales del relleno no deben provocar fracturas o deformaciones innecesarias en la pantalla impermeable.
- El diseño del sistema debe considerar soluciones prácticas y efectivas en los puntos o zonas especialmente vulnerables a la permeabilidad
- El diseño del sistema debe permitir que su vida útil corresponda con la de la losa y sólo requiera un mantenimiento sencillo y económico.

Un sistema que cubre ampliamente estas especificaciones es el que aparece en la figura 1, diseñado por el autor de este artículo.

Del análisis de la figura se desprende que el sistema consiste en:

- Rigidizar la losa mediante una cadena para el caso de que no quede ligada a una trabe.
- Cementar su relleno; el objeto principal de esto es hacer que sus deformaciones sólo correspondan a las de la losa, evitando así las fracturas de la pantalla impermeable. Su comportamiento mecánico se visualiza a partir de su proporcionamiento, el cual aparece en párrafos más abajo:
- Transformar el enladrillado en una pantalla impermeable, capaz de absorber sin fracturarse las deformaciones que le induce la losa. Esto se logra gracias al proporcionamiento del "mortero cama" en el cual se ha bajado su módulo elástico (con respecto al del concreto de la losa), y se ha hecho impermeable.

Proporcionamiento del relleno cementado, con base en 50 kg de cementante

---

Cemento 10 kg  
Cal hidratada 40 kg  
Tezontle de diámetro no mayor de 12 mm 5 sacos  
Arena (la requerida para mejorar la manejabilidad de la mezcla) ± 1 saco  
Aditivo inductor de aire e impermeabilizante integral  
"Integral Tipo V" 1 l  
Agua (lo menos posible) ± 35 l

Este conglomerado tiene una resistencia a la compresión del orden de los 30 kg / cm<sup>2</sup>.

Proporcionamiento del "mortero cama"

Relación cementante: arena 3:1

Cementante:

cemento 80%

cal hidratada 20%

Aditivo Integral Tipo V 1 l / 50 kg

(l / kg de cementante)

La colocación del ladrillo también es importante y se analizará en párrafos siguientes.

El sistema descrito se ha aplicado desde hace unos 35 o 40 años, sin que hasta la fecha se hayan tenido noticias de falla en ninguna de las obras realizadas con este criterio.

El éxito el sistema radica en sus logros, que son los siguientes:

- Introducir materiales pétreos de bajo costo y gran durabilidad.
- Hacer compatible su capacidad de deformación con las deformaciones elásticas de la losa.
- Estructurar el sistema de manera tal que su comportamiento elástico bajo las deformaciones de la losa ubicadas dentro de su rango elástico correspondan sensiblemente al de un cuerpo homogéneo.
- Controlar a través de la rigidización de la losa los movimientos que pudieran afectarla.
- Controlar la formación de fisuras en el mortero cama durante su fraguado y endurecimiento posterior.
- Controlar la permeabilidad debida a los conductos capilares.
- Facilitar el tratamiento de las juntas con los elementos que entra en contacto.
- Reducir su peso muerto con respecto al de los sistemas en que se utiliza relleno suelto.
- Simplificar los tratamientos que se puedan requerir para dar mantenimiento o reparación a algún problema que pudiera presentarse.
- Bajar los costos de impermeabilización y mantenimiento.

Análisis del sistema

### ***Comportamiento elástico***

Podría pensarse que el sistema así diseñado tiene el riesgo de fracturarse con los movimientos normales de la losa; sin embargo, veamos que ello no sucede, con base en el análisis siguiente:

- La capacidad de deformación de un cuerpo es inversamente proporcional a la de su módulo elástico.
- La capacidad de deformación de un cuerpo queda condicionada al módulo elástico de sus componentes.
- Cuando un cuerpo A en un estado de esfuerzos cero o cercano a 0 tiene condicionada su deformación a la de otro que llamaremos B, y el módulo elástico del primero es inferior al del segundo, el primero (cuerpo A) no sufrirá fisuraciones si las deformaciones del cuerpo B quedan dentro de su propio rango elástico y éstas no inducen esfuerzos (en el cuerpo A) que superen su límite elástico.

Es decir, si el sistema que se coloque sobre la losa tiene un módulo elástico inferior al de ésta, no se fisurará mientras las deformaciones de la losa no rebasen el límite elástico del sistema. Dicho comportamiento se logra usando agregados ligeros y cementantes a base de cal y cemento e integrando a las mezclas un inclusor de aire.

### **Análisis de los componentes del sistema**

#### *Cadena perimetral*

Las losas apoyadas directamente sobre muros de tabique o bloque pueden, dependiendo de su rigidez, arrastrar en su deformación las hiladas próximas a ellas, formándose como consecuencia una fisura o grieta entre las mismas. Este defecto puede controlarse

consecuencia una fisura o grieta entre las mismas. Este defecto puede controlarse rigidizando la losa mediante una cadena perimetral capaz de absorber el momento que le es inducido. La solución propuesta mejora también el funcionamiento del sistema impermeable al reducir las deformaciones de la losa y proporcionarle una mejor respuesta a las vibraciones que pudiera recibir.

#### *Relleno cementado*

El comportamiento elástico de este tipo de mezclas no se ha estudiado en el laboratorio, circunstancia que impide conocer su módulo elástico y su respuesta a las deformaciones que le induce la losa soportando cargas reducidas, lo cual sólo nos permite apoyarnos en el éxito de las obras realizadas con este criterio y en el principio de que el módulo elástico de un cuerpo es fuertemente influido por el módulo de los elementos que lo componen.

Para demostrar que el módulo elástico del relleno cementado es menor que el del concreto, hagamos el análisis siguiente:

- El módulo elástico de la pasta de cal hidratada es menor que el de la pasta de cemento.
- El módulo elástico de las gravas de tezontle nunca es superior al de las gravas utilizadas normalmente en el concreto.
- La presencia del inclusor de aire ayuda a reducir el módulo elástico de las mezclas en que interviene.

La compacidad de este tipo de mezclas se alcanza por la acción del inclusor de aire "Integral Tipo V", que reduce notablemente la fricción entre las gravas y permite con ello un mejor acomodo así como por la presencia de la arena.

La magnífica cohesión que se desarrolla en la mezcla se debe en buena parte a la rugosidad superficial de las gravas, característica que conduce a hacer intrascendentes las fisuras que se llegaran a formar por la pérdida de agua.

#### Aspectos especiales en su colocación

1. El espesor mínimo del relleno nunca deberá ser menor de 4 cm, ni de dos veces el diámetro del agregado; las razones de ello se presentan a continuación:
  - Mejorar la distribución de los esfuerzos que se pudieren presentar en su masa, así como la continuidad del sistema en la zona de espesores mínimos.
  - Hacer que las deformaciones que el relleno induce al enladrillado, como consecuencia de su pérdida de agua, siempre sean distintas de cero, consiguiendo con ello alejar el riesgo de que el enladrillado pudiera trabajar a momento.
  - Facilitar la ejecución de un buen trabajo en las zonas de espesores mínimos en la cual dicho factor es crítico por quedar alojada en ellas las bajadas pluviales.
2. Si la losa quedara sujeta a vibraciones o fuertes diferenciales térmicos, sería muy conveniente adherirle el relleno mediante una lechada modificada con limadura de

fierro Duro Pack.

3. Compactarlo con un pisón tan pronto como su consistencia lo admita. Este paso es importante por eliminar las grietas formadas hasta ese momento y mejorar su compacidad. Para que el apisonado proporcione una superficie rugosa y extraiga el agua sobrante de la mezcla (fenómeno que aceleraría su endurecimiento), la placa de impacto debe llevar fija una criba, o por lo menos un sistema de alambres cruzados; lo óptimo sería que la placa de impacto fuese sustituida por una criba fijada en un marco de acero.

Como un detalle importante en la elaboración del relleno, debe señalarse que a consecuencia de la fuerte retención de agua que proporciona el hidróxido de calcio y de que su proceso de fraguado está ligado al secado de la misma, no debe extrañar que el relleno se mantenga blando por largo tiempo, pudiendo durar algo más de 24 hrs. si el ambiente fuese húmedo.

El relleno cementado por su estructuración va a evitar el reacomodo posterior de sus componentes, problema que no siempre se puede resolver con aquellos sistemas en los que el relleno es de tipo granular y el apisonado no logra eliminar las cavidades formadas al colocarlo, caso que se presenta cuando la textura y/o morfología de sus gravas hacen difícil que se deslicen adecuadamente entre sí.

Las causas externas del reacomodo son los movimientos inducidos al relleno por la formación de la elástica y las deformaciones térmicas de la losa, así como las vibraciones cuyo origen puede encontrarse en sismos, algunos equipos, paso cercano de aviones, helicópteros y vehículos pesados, etcétera.

Se ha querido ver en las deformaciones de origen térmico la causa exclusiva de los resquebrajamientos del enladrillado en los parteaguas de las bajadas pluviales. Sin embargo, esta hipótesis deja sin explicar la razón de que al retirar el material fallado, el relleno manifieste una deficiente compactación y se requiera un mayor espesor de entortado para repararlo. Tampoco explica por qué en otras zonas análogas el problema no se ha presentado, y menos aún cómo es que en los conventos y demás construcciones coloniales levantadas en lugares tan cálidos y extremosos como son la Mixteca, el estado de Morelos, la planicie yucateca, etc., el problema es prácticamente desconocido, no obstante que en estos lugares el ladrillo es más compacto y grueso que el actual, por lo que podrían deformaciones mayores.

Estos factores conducen a deducir que, además de la posible deformación térmica que no puede ser controlada por las características del entortado, existe en la zona una muy deficiente compactación, puesto que, cuanto mayor es el espesor del relleno, más disminuye el ya reducido efecto del apisonado, provocando por lo mismo un incremento de vacíos; a esto se agrega la práctica de muchos albañiles de sólo repartir el relleno.

Por el contrario, el relleno cementado va a permitir, dados su acabado y estructuración, la transformación de las deformaciones potenciales, en un estado de esfuerzos internos que las controla, evitando así la necesidad de introducir juntas de dilatación.

El relleno cementado, al no requerir ningún tratamiento para evitar la fuga de la lechada del enladrillado, omite la necesidad de introducir el entortado y reduce con ello el costo y la carga muerta del sistema, a la vez que acelera el proceso constructivo. Es conveniente hacer notar que en los sistemas de relleno granular el entortado sufre una fuerte evaporación que, unida a la pérdida de agua y lechada que ocurre en su contacto con el relleno, da lugar a una fuerte reducción de su ya baja resistencia.

#### *Enladrillado*

El enladrillado debe estar diseñado de manera que

- tenga un módulo elástico inferior al de la losa;
- haga compatible el comportamiento elástico del ladrillo con el mortero cama y garantice la impermeabilidad de la junta;
- controle la permeabilidad del mortero cama;
- propicie el diseño de juntas elásticas e impermeables con aquellas instalaciones o elementos con que tuvieren movimientos diferenciales o presentaran vibraciones, y
- controle las dilataciones térmicas del ladrillo.

#### *Módulo elástico del mortero cama*

La finalidad de que el módulo elástico del sistema formado por el mortero cama y el ladrillo sea inferior al de la losa es impedir que el sistema se fracture durante la formación de la elástica o ¿la provocada por otros factores?.

La condición citada se logra sustituyendo en el mortero cama 20% de cemento por cal hidratada (proporción en peso) y agregando además un aditivo inclusor de aire.

Al sustituir parcialmente el cemento por cal hidratada, se está aprovechando el principio de que el módulo elástico de un cuerpo es afectado por el de sus componentes; el módulo elástico de la pasta de cal hidratada es inferior al de la pasta de cemento.

Puesto que el proceso de endurecimiento del mortero de cal hidratada está ligado al de su pérdida de agua, y este mortero tiene a su vez la propiedad de retener más agua que el exclusivamente de cemento, puede esperarse que el mortero cama modificado con cal tenga un proceso de endurecimiento más lento que aquel cuyo cementante es sólo cemento. Este comportamiento resulta muy favorable por reducir durante dicha etapa el módulo elástico del mortero, con lo cual los movimientos derivados de la formación de la elástica serán más fácilmente absorbidos. Este mismo fenómeno va a intervenir en forma muy favorable en el efecto de la fluencia, permitiendo por lo mismo que los esfuerzos derivados de dicha deformación se disipen.

A fin de prolongar por el mayor tiempo posible las condiciones de humedad en el mortero, el ladrillo debe colocarse *totalmente saturado, no humedecido* y debe regarse diariamente hasta que se le aplique la lechada o el escobillado.

#### *Comportamiento elástico del ladrillo*

La distinta compacidad que se observa entre el ladrillo y el mortero cama nos señala que el módulo elástico del primer material es inferior al del segundo, para que haya compatibilidad entre el comportamiento elástico de ambos sólo se requiere que las deformaciones que se presenten no excedan la capacidad de deformación de cada uno de ellos, y que la transmisión de los esfuerzos al ladrillo se haga satisfactoriamente.

La transmisión de los esfuerzos se hace a través de la adherencia del ladrillo al mortero cama y del empaque que les proporciona la junta, la cual va a requerir para funcionar en forma efectiva que su ancho corresponda al valor máximo que se obtenga de aplicar una de las especificaciones siguientes:

- Un centímetro.
- Cinco veces el diámetro de las arenas gruesas.
- El peralte del ladrillo.

### *Impermeabilidad del mortero cama*

La permeabilidad del mortero cama puede deberse a sus conductos capilares y/o a la presencia de fisuras, las cuales podrán tener como origen los esfuerzos debidos a causas externas y los generados por la propia naturaleza del material (esfuerzos internos). Estos últimos se podrán presentar tanto en su fase plástica como durante su endurecimiento; los que se presentan durante la fase plástica son consecuencia de la pérdida brusca de agua y calor; los que se presentan durante el endurecimiento corresponden a los efectos de la desecación de los capilares y de la formación de cristales.

La permeabilidad del mortero cama debida a los poros capilares se controla adicionando al mortero un impermeabilizante de alta calidad "Integral Tipo V".

El sistema para controlar las fisuras potenciales debidas a los esfuerzos internos consiste en reducir en cuanto sea posible la magnitud de los factores que las originan e introducir elementos con capacidad para absorber los esfuerzos generados por ellos.

La velocidad con que se pierde el calor de hidratación del mortero cama queda disminuida por el efecto aislante del ladrillo, con lo cual quedará reducida la magnitud de los esfuerzos generados por ello; de manera análoga, si el ladrillo se coloca *totalmente saturado, no humedecido*, se estará evitando la pérdida brusca del agua del mortero, y reduciendo como en el caso anterior los esfuerzos que se hubiesen generado. En ambos casos, el peso del ladrillo junto con la adherencia y el anclaje proporcionados por éste y la superficie del relleno controlarán los esfuerzos residuales (que no pudieron eliminarse con las prácticas anteriores).

Los esfuerzos que se generan durante el proceso de endurecimiento sólo podrán disiparse por el efecto de la fluencia y sólo se controlarán por la adherencia y el anclaje que proporcionan el ladrillo y el relleno.

### *Lechadeadas y escobillados*

Las lechadeadas y los escobillados colocados sobre un enladrillado saturado, exento de grasa y con los poros abiertos, dan lugar a que sobre él se forme una costra fuertemente adherida que le proporciona las características siguientes:

- Resistencia a la abrasión.
- Factibilidad de nivelar las irregularidades dejadas por la mano de obra.
- Sellado de la superficie.
- Protección contra la lluvia ácida.
- Retardo notable en el proceso de carbonatación del mortero cama y del relleno.

En zonas de tránsito intenso (cercanía de baños y lavaderos) es muy conveniente sustituir la arena normal por la arena de sílice.

Cuando hubiere fuertes irregularidades en el enladrillado, es necesario que éstas se corrijan antes del acabado, pues se notarían al saturar el enladrillado antes de tender el escobillado.

El sellado de la superficie va a proporcionar una primera pantalla impermeable y va a permitir detectar con facilidad la formación de posibles grietas.

Al ser de distinto color el ladrillo y el acabado, se va a poder ver el desgaste del último antes de que resulte afectado el ladrillo.

La importancia de retardar el proceso de carbonatación reside en que este fenómeno da lugar a un incremento en el módulo elástico, con la consiguiente reducción de su capacidad de deformación.

#### *Determinación de las pendientes:*

La penetración del agua a través de los poros, fisuras y pequeñas grietas es consecuencia del fenómeno capilar (succión), para el cual es intrascendente la velocidad del agua, en el rango en que circula sobre ellas (de lo contrario, no habría razón de impermeabilizar las fachadas). Dicha característica nos permite reducir la pendiente a la estrictamente necesaria para evitar encharcamientos, que si bien son intrascendentes para el sistema cuando se usan integrales de calidad, a largo plazo, cuando la lechada o el escobillado se degradan, podrían ocasionar problemas en el ladrillo.

Puede aceptarse que una pendiente de 1% es suficiente para compensar tanto la deformación provocada al formarse la elástica, como las irregularidades dejadas por una mano de obra normal. En el caso de que estas últimas dieran lugar a encharcamientos de magnitud considerable, podrían eliminarse con un mortero modificado a base de resinas acrílicas "Acrilatex" o de un mortero impermeabilizado con "Integral Tipo V" adherido con un adhesivo epóxico "Epoxi Rock AD-H"; se hace notar que al efectuar el escobillado puede resolverse este problema en forma eficiente y económica.

#### *Estudio comparativo entre los pesos de los sistemas de relleno suelto y relleno cementado*

Podríamos pensar que el sistema de relleno cementado es más pesado que el de relleno suelto; para salir de la duda, hagamos el análisis de una losa hipotética de 4 ´ 25 m, con la bajada en una esquina:

Pesos volumétricos de ambos materiales

Tezontle compactado con pisón de madera 800 a 900 kg / m<sup>3</sup>

Relleno cementado 1,300 a 1,600 kg / m<sup>3</sup>

Volúmenes de materiales para cada caso:

Altura de los rellenos en las esquinas (¿en qué medida?)

Cementado Suelto

Esquina 1 4 --

Esquina 2 8 8

Esquina 3 29.5 51

Esquina 4 29.5 51

Relleno cementado

Prisma rectangular 0.04 x 4 x 25 = 1.0 m<sup>3</sup>

Pirámide 1,3,4 V = 1/3 25 ´ 4 ´ 0.25 ´ 5 = 8.5 m<sup>3</sup>

Pirámide 1,2,4 V = 1/3 25 4 ´ [½ (0.04 + 0.253)] = 4.9 m<sup>3</sup>

T o t a l 14.4 m<sup>3</sup>

Peso total: 14.4 ´ 1,600 = 23.04 ton., = 230 kg/m<sup>2</sup>

Relleno suelto

Pirámide 1,3,4 V = 1/3 25 ´ 4 ´ 0.51 = 17.0 m<sup>3</sup>

Pirámide 1,2,4 V = 1/3 25 ´ 4 ´ [½ (0.08 + 0.51)] = 9.83 m<sup>3</sup>

T o t a l 26.83 m<sup>3</sup>

Peso total: 26.83 ´ 850 = 22.80 ton = 228 kg/m<sup>2</sup>

Entortado de 6 cm de espesor 90 Kg/m<sup>2</sup>

Peso del sistema relleno-entortado 318 Kg/m<sup>2</sup>

*Comentario.* No obstante haberse tomado el extremo superior del rango de variación del peso volumétrico del relleno cementado y haberse omitido proporcionar un espesor mínimo de 4 cm al relleno suelto, el diferencial de carga por metro cuadrado en favor del relleno cementado es de 90 kilogramos.

#### Estudio económico comparativo

Con el fin de abreviar el estudio, se omitirá el análisis detallado del tema; sólo comentaremos los resultados obtenidos por la empresa Duro Rock y los constructores que lo emplean.

Los resultados a que han llegado ambas partes concuerdan satisfactoriamente e indican que el costo del sistema de "relleno cementado" es del mismo orden del que tiene un buen enladrillado sobre entortado y relleno granular. Nótese que este último frecuentemente requiere un sistema de impermeabilización adicional, en cuyo caso se presentaría un fuerte diferencial entre los dos sistemas.

Para facilitar al constructor la elaboración de su presupuesto, señalamos que el volumen aproximado de relleno cementado por 50 kg de cementante es de 180 litros de mezcla y que el precio del "Integral Tipo V" es a razón de \$12.00 la cubeta de 19 litros (en junio de 1999).

Como factores adicionales muy importantes en el análisis se tienen:

- El volumen de materiales requerido en el sistema de relleno cementado es del orden de la mitad del correspondiente al sistema de relleno granular, lo que da por resultado un costo reducido por elevarlo al nivel de azotea.
- Si bien el costo de las soluciones recomendadas para el tratamiento de los problemas debidos a las instalaciones y demás elementos que gravitan y/o atraviesan el techo puede ser un poco más alto que el de las normalmente usadas, su eficiencia es muy superior y su durabilidad va pareja con la vida del sistema.
- En el sistema de relleno cementado nunca se requerirá su reposición total durante la vida útil de la estructura; sólo podrán necesitarse trabajos de mantenimiento sencillo, cuyo costo siempre será inferior al de una nueva impermeabilización que podría requerir la remoción de la anterior deteriorada, caso frecuente en los otros sistemas.

#### Variantes principales en el sistema

Si bien los materiales empleados en el estudio dan lugar a costos muy bajos y a un comportamiento óptimo para el funcionamiento del sistema, no quiere decir que sean los únicos que puedan intervenir en él; en principio, cualquier material o mezcla que proporcione las características básicas del sistema será satisfactorio.

El origen de tales características puede proceder de las especificaciones de la obra y/o de sus características y/o de los materiales disponibles en su cercanía.

Las variantes pueden encontrarse tanto en la sustitución del enladrillado por otros materiales, como en la composición del relleno o en la necesidad de adherirlo a la losa.

Conductos y oquedades dejados en la estructura al colocar sistemas diversos

Deficiencias de colado y / o vibrado

Segregación

Segregación  
Concretos o morteros especiales  
Fisuras y grietas Esfuerzos internos Capilaridad  
Esfuerzos estructurales Gravedad  
Juntas en lugares Deficiente tratamiento de los Capilaridad  
previstos contactos entre mamposterías  
o concretos rígidos y morteros  
o concretos frescos.  
Deficiencias de diseño o de  
colocación de la pantalla impermeable.  
Juntas accidentales Presentación anticipada del Capilaridad  
fraguado Gravedad

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología**

**Abril 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# El Relleno Fluido

## Un material para obras de infraestructura



### Resumen

Este cementante, que se utiliza principalmente para trabajos de relleno y cimentación, es resultado de la investigación tecnológica que se realiza en nuestro país con el objeto de perfeccionar los procedimientos constructivos. Se trata de un producto desarrollado por la empresa Cemex que ha probado sus ventajas al emplearse en la construcción de carreteras, avenidas y calles así como en la instalación de tubería de servicio.

El desarrollo de la actividad humana requiere vías de comunicación que promuevan la vida comunitaria y el desarrollo económico con bajos costos de construcción y mantenimiento, que no signifiquen molestias para el ciudadano y que apliquen los avances tecnológicos en beneficio del usuario.

En este contexto, y bajo el tradicional control de calidad que por exigencia de normas se requiere a los materiales elaborados por la industria del concreto premezclado, se inscribe nuestro desarrollo de un producto que por sus aplicaciones y versatilidad revoluciona la construcción de las obras de infraestructura tanto en los grandes centros urbanos como en las comunidades en desarrollo. Este producto es el Relleno Fluido, un material que se utiliza en la construcción de carreteras, avenidas y calles, así como en la instalación de la tubería que permite modernizar la comunicación y dotar de servicios de iluminación, drenaje y agua potable.

Aquí! 

El Relleno Fluido, que se define como un "material de baja resistencia controlada" (MBRC), es un cementante que puede emplearse principalmente en trabajos de nivelación de terreno o allí donde se requiera una compactación igual o mejor que la de un suelo compactado. Entre sus cualidades más relevantes se encuentran el ser de fácil nivelación y autocompactado y no requerir colocación en capas.

Se lo manufactura de la misma manera que el concreto premezclado y con los mismos procedimientos de control de calidad. Su colocación es similar a la del concreto, pero su uso y excavabilidad muestran características propias de los suelos.

No se lo considera un concreto de baja resistencia, sino un material que se utiliza para relleno y nivelación. Tampoco se lo considera un suelo-cemento ya que por definición no requiere compactación ni colocación en capas, ni curado.

Debe tomarse en cuenta que este material no está diseñado para resistir la acción de esfuerzos erosivos o abrasivos, ni la acción de químicos altamente agresivos.

El Relleno Fluido cuenta con una capacidad muy buena de resistencia al fuego, y permite ser cortado, perforado, taladrado y aun clavado con herramientas ordinarias. Tiene alta durabilidad ya que su contracción es mínima y controlada.

#### Campos de utilización

El avance que este material significa para la construcción y reparación de carreteras y avenidas es relevante, tanto en el desarrollo de pavimentos de asfalto como de concreto hidráulico. Cabe mencionar que para este tipo de utilización se debe contar con una superficie de rodamiento apropiada que evite el deterioro del Relleno Fluido. Igualmente deben considerarse las condiciones de drenaje de la estructura.

El Relleno Fluido es excelente para recibir y cubrir la conducción de líneas telefónicas, eléctricas, hidráulicas y sanitarias, y de gas; llena las cavidades inferiores de las tuberías y proporciona un soporte uniforme alrededor de las mismas.

Se lo considera una opción para rellenar cavernas bajo pavimentos, banquetas, puentes y otras estructuras en donde el suelo o material granular no cohesivo existente ha sufrido la erosión. Es el caso de la fuga de agua en las tuberías hidráulicas que causa el hundimiento de pavimentos.

Durante el desarrollo de este producto en la república mexicana se ha realizado una serie de pruebas en diferentes lugares para observar y analizar su comportamiento, utilizando en su producción diferentes materiales y buscando emplear siempre el que exista en la región. Los materiales usados en la mayoría de los casos son los mismos que se emplean para la fabricación de concreto hidráulico en las plantas de premezclado. Se han obtenido resultados que han permitido el desarrollo de las formulaciones adecuadas para cada material en donde se ha ensayado y se está produciendo.

Una serie de pruebas se ha orientado a evaluar las características del Relleno Fluido que pueden ser importantes en su utilización como sustituto del material granular habitualmente usado en las bases y sub-bases de pavimentos. En la tecnología tradicional, este material granular conforma junto con el asfalto o el concreto hidráulico la estructura del pavimento.

Una de las dificultades –considerada normal por su frecuente incidencia– que presenta la utilización de este material granular es que en algunas ocasiones no posee de manera natural las condiciones óptimas para cumplir con las especificaciones aplicables. Esta situación obliga a estabilizarlo, ya sea por medios químicos (cemento, cal, asfalto) o por medios mecánicos (roca, grava, arena, compactación), lo cual implica a veces situaciones difíciles de sortear dada la dificultad que se tiene para lograr que el porcentaje de compactación alcance cien por ciento del valor solicitado; lógicamente, todo esto encarece y retrasa el desarrollo de la obra.

Cada una de las capas de soporte requiere un tratamiento para preparar el material de forma tal que resulte apto para la función que deberá desempeñar en su vida de servicio.

El Relleno Fluido es útil en sustitución del material granular inmediatamente adjunto a la capa de rodamiento.

Entre las pruebas más importantes en la utilización y construcción de bases y sub-bases se encuentra la de valor relativo de soporte. Para aprobar esta prueba, la sub-base debe arrojar valores por encima de 50 por ciento, en tanto que la base que debe cumplir con 80 por ciento de VRS; dependiendo de las condiciones de tránsito, esta exigencia puede llegar a cien por ciento.

Además de lo anterior, se debe considerar que para aprobar el material granular toda vez que ha sido colocado en el lugar que ocupará en el pavimento, se verifica su porcentaje de compactación, que tanto para base como para sub-base debe ser de cien por ciento del valor solicitado.

Lograr que el resultado obtenido en la prueba de compactación arroje resultados dentro de la especificación implica obligadamente la utilización de maquinaria pesada y un número importante de personas para realizar los trabajos necesarios.

Es aquí donde se ponen de relieve las ventajas del Relleno Fluido por su sencillez de colocación y la seguridad que brinda de obtener los resultados requeridos, ya que por su proceso de producción controlado y los materiales normalizados que se utilizan en su elaboración, se asegura un comportamiento uniforme y constante. Además, los recursos humanos que se destinan para el tendido y compactado cuando se lo utiliza son mínimos.

Para observar el comportamiento de este material vale la pena revisar los resultados que a la fecha se han obtenido, destacando que el rango presentado está de acuerdo con las necesidades del proyecto para el que se ha diseñado de manera natural.

Tamaño máximo nominal 4.75 mm

Revenimiento de 20 a 24 cm

Peso volumétrico fresco 1,600 a 1,950 kg / m<sup>3</sup>

Valor relativo de soporte de 50 a 100 %

Resistencia a la compresión de 3 a 65 kg / cm<sup>2</sup>

En tecnología de suelos, a diferencia de cuando se habla de concreto hidráulico, resistencias a la compresión de 50 kg / cm<sup>2</sup> son consideradas elevadas ya que en términos de la capacidad de un suelo para soportar carga, resistencias de 6 a 8 kg / cm<sup>2</sup> corresponden a un material bien compactado y de suficiente capacidad de carga. El límite de resistencia a la compresión especificada para el Relleno Fluido es 85 kg / cm<sup>2</sup>.

A diferencia de los suelos granulares, el Relleno Fluido puede ser bombeado a grandes distancias sin perder las características originales para las que fue diseñado. Se considera que la contracción que puede sufrir es insignificante por su bajo contenido de agua. Su tiempo de endurecimiento puede considerarse normal en comparación con otros materiales cementantes similares: en condiciones normales, puede tomar de tres a cinco horas.

En términos generales, es ideal para usarse en áreas reducidas o restringidas donde la colocación del suelo compactado es difícil, la velocidad del proyecto es importante y se requiere una mejor calidad de la que un suelo compactado puede dar.

En el caso de relleno de zanjas se puede tener un ahorro de 30, por ciento en el volumen que se debe excavar, lo que significa una reducción del tiempo requerido, menor cantidad de mano de obra y sobre todo la seguridad de la calidad del producto que se entrega. Para el caso de que el relleno ejerza una presión lateral de consideración, en función de la profundidad de excavación, se recomienda colocarlo en capas, lo cual permite que el producto se endurezca para recibir adecuadamente las capas subsiguientes. Otra alternativa en esta situación es lastrar la tubería para evitar la flotación.

En el caso de rellenos de zanjas, la verificación de la calidad puede llegar a ser solamente visual dado el tipo de utilización. Cuando se requiera mayor control, la calidad del

producto puede comprobarse mediante pruebas de revenimiento, lo mismo que la resistencia a la compresión, o bien el valor relativo de soporte.

### **Manejo del producto**

El Relleno Fluido es un material constituido principalmente por un agregado fino, que mediante una relación agua / cemento determinada da a la mezcla las características de un mortero de gran fluidez. Su estructura celular permite que pueda ser empleado sin ningún problema de segregación.

El mezclado, transporte y colocación de este producto sigue generalmente los mismos métodos y procedimientos empleados en la producción del concreto premezclado.

El empleo de camiones-revolvedora para lograr el mezclado del material se ha difundido ampliamente. Asimismo, el transporte por medio de este tipo de equipos es totalmente apropiado ya que conserva las características de fluidez y peso en estado fresco.

La colocación puede hacerse por medio de canalones, bandas transportadoras, cangilones, así como con equipo de bombeo.

En cuanto a la compactación por medio de vibrado u otros métodos, no es necesaria puesto que se realiza por el propio peso del material.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología**

**Abril 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



Construcción  
y Tecnología



# Nuevos productos y equipos

Aquí! 

## **Grouts y concretos para reparaciones permanentes**

Los productos Five Star® ofrecen grouts (lechadas) y concretos para reparaciones estructurales permanentes.

Five Star Grouts proporciona las siguientes ventajas: alta precisión y resistencia, no contráctil, 98% de área efectiva de contacto; alta adhesión al concreto base; alto desempeño en corto tiempo y mayor versatilidad de aplicación. Se utiliza en equipos que requieren alta precisión y alineación, anclajes, cimentaciones; columnas estructurales y en paneles prefabricados y pretensados.

Five Star Structural Concrete ofrece estas ventajas: reparaciones permanentes, alta resistencia en corto tiempo, económico, resistente a cambios de temperatura, versátil, fácil de usar y no requiere aditivos de adhesión. Se utiliza en columnas, pisos, paredes, pistas aéreas, muelles y estructuras marinas, anclajes y cimentación.

## **Climatización natural y silenciosa**

El funcionamiento de los sistemas de techos radiantes KaRo se inspira en el cuerpo humano: el agua circula por una red de esteras constituidas por tubos capilares de 2 mm de diámetro. Según las variaciones de temperatura del agua (entre 15 y 30 °C), esta red asegura climatización y



calefacción. El agua es el fluido transportador de calor que reemplaza al aire tradicional sin generar ruido y con menor consumo de energía.

Estas esteras ahorran espacio, son flexibles y modulares, están disponibles en todas las medidas y se adaptan a todo tipo de soporte. Pueden integrarse en techos, falsos techos o en paredes. El sistema "Clip and Cool" permite conectar rápida y fácilmente cada componente normalizado del sistema KaRo.

### **Compuesto para endurecer y poner a prueba de polvo**

El compuesto DUST-GARD de SEALTIGHT ha sido formulado específicamente para endurecer y poner a prueba de polvo superficies de concreto nuevas o viejas.

Se recomienda para uso interior o exterior en superficies verticales u horizontales. Es ideal para pisos industriales y comerciales, pisos de garajes y sótanos, pisos de hospital, patios, áreas de piscinas y aceras.

### **Aislamiento térmico gracias al poliuretano**

Las ventanas constituyen uno de los puntos débiles en el aislamiento térmico de los edificios. La empresa Pazen GmbH eurotec ha conseguido controlar ese foco de pérdida de energía con sus ventanas de la serie 0.5, las cuales aíslan el doble que las ventanas convencionales con marco de madera.

Su coeficiente de conductividad térmica de sólo 0.7 vatios por grado y metro cuadrado se lo deben al marco con núcleo de espuma rígida de poliuretano producido por el fabricante de ventanas con sede en Zeltlingen-Ratchig a base de materias primas de Bayer Baydur® y Desmodur®.

**Revista Construcción y Tecnología**  
**Enero 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



# Punto de encuentro



**Aquí!** 

---

## **Diseño y Construcción con Soluciones Tecnológicas**

Del 5 al 8 de junio en Washington, D.C.  
Informes: A / E / C Systems 2000  
Tel.: (800) 451 1196 y (610) 458 5472  
<http://www.aecsystems.com>

---

## **Taller Internacional sobre Capacidad de Cortante por Punzamiento en Losas de Concreto Reforzado**

8 y 9 de junio en Estocolmo, Suecia  
Informes: Royal Institute of Technology  
Tel.: + 46 8 790 6888  
Fax: + 46 8 21 69 49  
E-mail: [wpsc@struct.kth.se](mailto:wpsc@struct.kth.se)

---

## **11ª. Conferencia Internacional sobre Reacción Álcali-Agregado en el Concreto**

Del 11 al 16 de junio en Québec, Canadá

Informes: Dr. José Duchesne, Secretariado de la  
11ª. ICAAR  
Tel.: (1) 418-656-2177  
Fax: (1) 418-656-7339  
E-mail: [icaar2000@ggl.ulaval.ca](mailto:icaar2000@ggl.ulaval.ca)  
Web site: <http://www.ggl.ulaval.ca/icaar2000.html>

---

## **2º. Simposio Internacional sobre Concreto Estructural de Agregado Ligero**



Del 18 al 22 de junio en Kristiansand, Noruega  
Informes: Norwegian Concrete Association  
Fax: + 47 22 94 75 02  
E-mail: [siri.engen@nif.no](mailto:siri.engen@nif.no)  
Web site: [www.betong.net](http://www.betong.net)

---

## **Primer Provia Invernal Sudamericano / Vialidad Invernal en el Fin del Mundo**

Del 7 al 11 de agosto en Tierra del Fuego, Argentina  
Informes: Fundación Cenattev (Centro Argentino de  
Transferencia de Tecnología Vial)  
Fax: (54-11) 4823-3740, 4823-3748 y 4342-7817.  
E-mail: [funcenat@sinectis.com.ar](mailto:funcenat@sinectis.com.ar)

---

## **Congreso de Ingeniería 2000 / Estructuras, materiales y técnicas constructivas hacia el siglo XXI**

Del 6 al 8 de septiembre en Buenos Aires, Argentina  
Informes: Secretaría del Congreso  
E-mail: [info@aiearg.org.ar](mailto:info@aiearg.org.ar)  
Web site: <http://www.aiearg.org.ar>

---

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.  
Revista Construcción y Tecnología  
Abril 2000  
Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[INDICE](#)



## Actualidad profesional



**Ing. Maria Claudia León Vaquero**, Gerente Nacional de Ventas Institucionales y el **Ing. Héctor Velázquez Garza** Director de Operaciones Concreto, Región Centro de **CEMEX**

### Anuncia Volvo Trucks sus planes para el 2000



En un desayuno que ofreció a la prensa la empresa Volvo Trucks de México, su presidente y director general, el señor Christian Capelle, dio a conocer que Volvo Trucks planea lograr este año un incremento de 10 por ciento en el mercado mundial clase 8 en relación con 1999. También anunció que la meta para el 2000 en nuestro país es elevar la producción de tractocamiones a mil 500 unidades, lo que representa un avance en el posicionamiento de Volvo.

Se refirió entre otras cosas a la mejora considerable que ha tenido México en este ramo al pasar del lugar 22 al 15 en el nivel internacional, acercándose así a los primeros diez países del mundo. Entre las inversiones importantes realizadas recientemente por Volvo en nuestro país está la que implicó el acuerdo con Mexicana de Autobuses (MASA), que fue cercana a los 150 millones de dólares.

El señor Capelle anunció además su retiro de Volvo Trucks de México para asumir el cargo de Director General de Volvo, región Sur del Continente Africano, en Johannesburgo, Sudáfrica, donde encabezará la filial que tiene la responsabilidad de los tractocamiones y camiones de carga, autobuses, equipos para la construcción y motores industriales en esa región.

## **Presenta Cemex su nuevo software Duramax**

Cementos Mexicanos (Cemex) acaba de presentar el sistema Duramax en un seminario dirigido a profesionales de la industria de la construcción que se llevó a cabo el mes pasado en la ciudad de México.

Los temas que se trataron en la oportunidad fueron la patología del cemento, la problemática nacional al respecto, los aspectos que influyen en la durabilidad y los usos, beneficios y forma de trabajo del software de diseño de concreto especificado por durabilidad.

El ingeniero [Héctor Vázquez Garza](#), director de Operaciones Concreto Región Centro de dicha empresa, se refirió al problema del deterioro que hoy día presentan muchas estructuras de concreto y explicó que ello se debe al error muy difundido de considerar, durante la etapa de diseño, que este material es durable por naturaleza, lo cual lleva a tomar en cuenta sólo las necesidades estructurales de los elementos fabricados.

Es así que la mayoría de las estructuras que se diseñan en la actualidad consideran la  $f'_c$  como único criterio de evaluación de la calidad del concreto e ignoran las condiciones de exposición y de servicio a las que estará sometido el material.

Frente a esta situación, el ingeniero Vázquez Garza

hizo hincapié en que el sistema Duramax es una herramienta sencilla para el diseño por durabilidad de estructuras de concreto que considera justamente las condiciones de exposición y servicio y que incluye, como referencia y soporte de diseño, las especificaciones y recomendaciones dadas por las Normas Mexicanas para usos estructurales del cemento y el concreto.

Respecto a esto último, afirmó: "Es importante mencionar que todos los productos diseñados mediante el sistema Duramax satisfacen y superan las condiciones y especificaciones consideradas en cada Norma, ya que algunas condiciones de servicio que la normatividad nacional no toma en cuenta, esta herramienta sí lo hace".

Señaló como ventajas del concreto Duramax la mayor resistencia a la abrasión, menor permeabilidad, mayor resistencia al ataque químico, disminución del acceso de fluidos al concreto, control e inhibición de la reacción álcali-agregado, reducción del proceso de carbonatación, alto grado de trabajabilidad y protección del acero y el concreto contra el ataque microbiológico que prolonga la vida útil del acero de refuerzo.

Entre las aplicaciones principales del producto, mencionó las construcciones expuestas al ataque de ácidos, construcciones en zonas costeras, plantas industriales, plantas de tratamiento donde se utilizan agentes químicos agresivos, plantas de aguas residuales, fosas sépticas, exposición a ambientes contaminantes y pisos para tránsito de mediano a pesado.

A manera de síntesis, dijo que las ventajas puntualizadas se traducen en algo fundamental para el constructor: seguridad y abaratamiento en los costos de producción de una obra al disminuir considerablemente la necesidad de mantenimiento.

**Instituto Mexicano del Cemento y del  
Concreto, A.C.**  
**Revista Construcción y Tecnología**  
**Abril 2000**  
**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[ARTICULO  
SIGUIENTE](#)



## De libros, revistas, memorias



Aquí! 

### **Investigation of chloride diffusion for high-performance concrete containing fly ash, microsilica and chemical admixtures**

Zongjin Li, Jun Pemng y Baoguo Ma

*ACI Materials Journal*, vol. 96, núm. 3, mayo-junio de 1999, 6 pp.

Este estudio se llevó a cabo para evaluar la influencia de adición de ceniza volante, microsilica (MS) y solución de nitrato de calcio (CN) sobre la difusión de cloruros en el concreto de alto desempeño. Los resultados de las pruebas demostraron que la adición de ceniza volante por peso de cemento mejoró la resistencia de la mezcla a la difusión de cloruros.

---

### **Procedure for determining seismic vulnerability of building structures**

Polat Gülkan and Mete A. Sozen

*ACI Structural Journal*, vol. 96, núm. 3, mayo-junio de 1999, 7 pp.

Se presenta una racionalización para clasificar edificaciones de marco de concreto reforzado con muros de relleno de mampostería respecto a vulnerabilidad sísmica. El método requiere sólo las dimensiones de la estructura como datos de entrada, y se expresa en función de dónde se localizan sus atributos en una graficación de dos dimensiones de porcentajes de muro de mampostería y columna.

---

### **Fire behavior of high-performance concrete made with silica fume at various moisture contents**

Sammy Yin Nin Chan, Gai-Fei Peng y Mike Anson

*ACI Materials Journal*, vol. 96, núm. 3, mayo-junio de 1999, 5 pp.

Se investigó el comportamiento del concreto de alto desempeño con humo de sílice, con varios contenidos de humedad, en el fuego, de acuerdo con la norma ISO. Los resultados de la prueba de desconchamiento a partir de especímenes de cubos de 100 mm revelaron que el contenido de humedad y la resistencia son los dos factores principales que gobiernan el desconchamiento térmico explosivo del concreto.

---

### **Tensile creep behavior of high strength concretes at early ages**

K. Kovler, S. Igarashi y A. Bentur

*Materials and Structures*, vol. 32, junio de 1999, 5 pp.

Se estudió la fluencia de tensión a temprana edad del concreto de alta resistencia con carga durante el primer día después del colado. Se evaluó el efecto del humo de sílice usando dos tipos de esquema de carga: 1) fluencia que

ocurre en una prueba de contracción autógena retringida y 2) fluencia medida en una prueba convencional sometida a carga constante.

---

## **Permeability of cracked concrete**

C.-M. Aldea, S.P. Shah y A. Karr

*Materials and Structures*, vol. 32, junio de 1999, 7 pp.

La meta de esta investigación fue el estudio de la relación entre el agrietamiento y la permeabilidad al agua del concreto. En particular, la durabilidad del concreto y la corrosión del acero de refuerzo están íntimamente eslabonados con la permeabilidad al agua de las superficies expuestas del concreto, tales como pavimentos y pisos de puentes.

---

## **Finite element analysis of high strength concrete beams: modeling and validation**

M. Lorrain, S. Boukari y O. Maurel

*Materials and Structures*, vol. 32, julio de 1999, 8 pp.

El modelo de concreto elástico-plástico ya empleado para vigas de concreto reforzado de resistencia normal es capaz de predecir correctamente el comportamiento en flexión de vigas hechas con concreto de alta resistencia. Sin embargo, el factor de cortante se debe modificar notablemente cuando la naturaleza del concreto cambia de concreto de resistencia normal a concreto de alta resistencia.

---

## **Continuous emission monitoring**

Opsis AB

*WORLD CEMENT*, junio de 1999, 3 pp.



En Dinamarca, el exportador de cemento blanco más grande del mundo se halló a sí mismo encarando una nueva aprobación ambiental de toda la instalación fabril, y decidió comprar un sistema continuo de vigilancia de emisiones. Opsis AB, de Suecia, analiza las razones para esta decisión.

**Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto,  
A.C.**

**Revista Construcción y Tecnología**

**Abril 2000**

**Todos los derechos reservados**

[ARTICULO  
ANTERIOR](#)



[INDICE](#)