

## Actualidad profesional

Los dos premios Design Awards a Pretecsa

La vanguardia tecnológica global que hoy ocupa nuestro país en la industria de los prefabricados y su innovadora aplicación a la construcción, fue puesta en evidencia con la distinción que hizo el Precast Concrete Institute (PCI) a la empresa mexicana Prefabricados Técnicos de la Construcción (Pretecsa) al entregarle dos de los premios Design Awards de 1997.

Cabe destacar que esta empresa fue la única, entre cien seleccionadas en el nivel internacional, que recibió un doble reconocimiento, y que éste coincidió con la celebración de sus 30 años de servicio en el diseño, fabricación, transporte e instalación de elementos prefabricados de concreto arquitectónico.

El jurado calificador estuvo conformado por notables representantes de la arquitectura y la ingeniería y encabezado por Barry J. Hobin, presidente del Royal Architectural Institute of Canada, mientras que la premiación quedó a cargo de Thomas B. Battles, presidente del PCI, quien compartió el presidium con el presidente del Colegio de Arquitectos de México, Felipe de Jesús Gutiérrez, y la presidenta de la Unión Internacional de Arquitectos, Sara Topelson de Grinberg.

>Los *Design Awards* que otorga el PCI se entregan tanto a los arquitectos proyectistas como a la empresa fabricante de los precolados. Los dos edificios premiados fueron el Centro Corporativo Calakmul diseñado por el arquitecto Agustín Hernández, que ganó en la categoría de Mejor edificio de Oficinas, y la Embajada de Francia en la ciudad de México, proyecto de los arquitectos Bernard Kohn (Francia) y Eduardo Terrazas (México), en el rubro de Mejor Edificio Público. Ambas obras fueron realizadas con concreto prefabricado producido por Pretecsa.

Respecto al primero, los jueces señalaron que "las formas tan impresionantes en este edificio demuestran que los arquitectos tuvieron que tomar algunos riesgos. La complejidad del recubrimiento y las formas inusuales, requerían que los paneles ajustaran perfectamente. El diseño y construcción fue ejecutado cuidadosamente y resultó un éxito. El dramatismo de los edificios evoca a algunos diseños europeos".

Sobre el edificio de la Embajada de Francia, comentaron los jueces: "El uso de dos diferentes acabados en este proyecto le añade interés a la obra, especialmente cuando se aprecia a la distancia. La combinación de ambas estructuras resulta tan armónica, que la diferencia entre ellas es casi imperceptible, esto no es frecuente que ocurra en edificios de este tipo. Este es un ejemplo de la formidable combinación entre los aspectos de los detalles y los finos acabados".

En declaración hecha a nuestra revista, Thomas Battles expresó: "Yo pienso que los

proyectos de concreto prefabricado que vi en la ciudad de México son muy interesantes; su arquitectura es muy imaginativa y en muchos casos supera a la de edificios en Estados Unidos. He recorrido la ciudad y pienso que el perfil de numerosas construcciones hechas con este material es muy innovador; son trabajos muy emocionantes".

A su vez, el ingeniero Mario Fastag, fundador y director general del grupo Pretecsa, se refirió así a la distinción: "Es un estímulo muy grande para nosotros, porque el nivel de competencia que hay en las obras que se presentan es de lo mejor del mundo, y este reconocimiento nos sitúa a la altura de las mejores empresas, por lo menos en Norteamérica".

## V Seminario de Historia de la Ciudad y del Urbanismo

Con el tema "Ciudades, temporalidades en confrontación. Una perspectiva comparada de la historia de la ciudad, del proyecto urbanístico y de la forma urbana"; se realizará en Campinas, Brasil, en octubre de este año, la quinta edición del Seminario de Historia de la Ciudad y del Urbanismo, que se dirige a profesores e investigadores de historia urbana y de urbanismo de diferentes áreas: arquitectos, urbanistas, historiadores, paisajistas y profesionales provenientes de disciplinas afines en el campo de las ciencias sociales y humanas.

Las secciones temáticas establecidas para el encuentro son: Memoria y patrimonio cultural, Arquitectura de la ciudad, Proyectos e intervenciones urbanísticos, Teorías y concepciones de la ciudad, Historia y cultura urbana, y Territorios, fronteras y estrategias de gestión urbana.

El V Seminario dará continuidad a los ya realizados: el I y el II en Salvador (1992/1993), el III Seminario en San Carlos (1994) y el IV Seminario en Río de Janeiro (1996). Quienes se interesen en obtener mayor información, encontrarán los datos para solicitarla en Punto de Encuentro, en esta misma sección.

## El Cenapred y la ingeniería sísmica

Gracias al esfuerzo conjunto de México y Japón, la tecnología y experiencia adquirida por el Centro Nacional de Prevención de Desastres (Cenapred), se puede transferir a otros países que se hallan en circunstancias similares al nuestro, comentó el doctor Roberto Meli, director general de ese organismo.

Se refería en la oportunidad al curso internacional de cinco semanas que sobre Diseño y Construcción de Estructuras Sismorresistentes tuvo lugar en el Cenapred y para el cual se otorgaron 35 becas a 20 participantes extranjeros y a 15 nacionales. "El financiamiento principal provino del gobierno de Japón, aunque también el Cenapred aportó un presupuesto importante que incluyó a los profesores y el material didáctico y audiovisual", dijo.

Sobre su participación en el desarrollo de las sesiones, el doctor Meli precisó: "Como en este caso se trató de un curso internacional en el que más de la mitad de los participantes provinieron de diversos países del área de Centroamérica y el Caribe, presenté un panorama sobre los alcances y objetivos de un reglamento de construcción, para incrementar la seguridad en condiciones de servicio y de colapso. Tenemos la intención de que esto continúe

y se diversifique a otras áreas paralelas".

En efecto, los aspectos más relevante de su ponencia sobre Criterios para Diseño Sísmico giraron en torno a la manera en que los reglamentos de construcción contribuyen a mejorar las condiciones de seguridad, servicio y colapso en edificaciones expuestas a movimientos telúricos. Así lo especificó: "En términos muy cualitativos, muy generales, mi participación tuvo que ver con los reglamentos de construcción y la manera en que previenen el control de calidad, pero desde el punto de vista de la seguridad estructural; es decir, expuse no sólo los aspectos de cálculo técnico o los coeficientes sísmicos de diseño, sino los métodos de análisis sísmico y los requisitos de las distintas estructuras. También mencioné algunas características arquitectónicas de los edificios tendientes a propiciar un mejor comportamiento estructural en la regularidad y la simetría; la separación que debe existir para que los edificios se muevan sin entrar en contacto y los requisitos en cuanto a rigidez, distribución de planta y elevación."

Sobre la labor del Cenapred en relación con la construcción, señaló: "Tenemos redes de instrumentación sísmica, todo eso nos permite no sólo hacer investigación, que es una parte importante de nuestra actividad, sino también dar apoyo técnico a los constructores en el desarrollo de nuevos materiales y elementos constructivos, evaluar que cumplan con los requisitos de calidad y apoyar la elaboración de reglamentos de construcción en planes de desarrollo urbano".

Mencionó también la amplia colaboración que existe con el IMCYC en la realización de algunos encuentros y la participación de comités para intensificar el trabajo de capacitación, además de compartir los recursos experimentales de las instalaciones.



# Concreto aireado para la vivienda de interés social

## Arquitecta María de Ayala Izaguirre

Luego de realizar una investigación sobre el tema, la autora de este artículo plantea la conveniencia de utilizar el concreto aireado, o concreto celular de peso ligero, en la construcción de vivienda de interés social, y presenta los resultados de un estudio sobre la composición y el comportamiento de un método de construcción a base de elementos prefabricados o colados en sitio.

El crecimiento de la demanda de vivienda de interés social en la república mexicana nos lleva a pensar en la posibilidad de utilizar otras alternativas de edificación a las tradicionales. Esta es la razón del presente estudio acerca de la composición y el comportamiento de un método de construcción a base de elementos prefabricados o colados en sitio, hechos de concreto aireado con el objeto de:

- a] aprovechar sus características térmicas;
- b] estudiar la posibilidad de emplearlo como prefabricado para poder dar a la población paquetes que puedan adquirirse en forma modular y progresiva;
- c] propiciar que los jefes de familia construyan su vivienda, dada la facilidad de manejo y bajo peso;
- d] bajar el costo de construcción y ahorrar consumo energético.

## Composición y características

El concreto aireado, también conocido como concreto celular, es un producto cementante de peso ligero consistente en cemento, arena y otros materiales sílicos que se elabora mediante un proceso físico o químico durante el cual se introduce aire o gas a la mezcla.

La cantidad de aire que se puede incluir en los concretos aireados prefabricados o colados en sitio varía de 30 a 60 por ciento en volumen cuando se los utiliza estructuralmente, pero puede llegar a ocupar de 70 a 85 por ciento en concretos colados en sitio destinados sólo para aislamiento térmico, de empaque o relleno.

El concreto aireado se puede definir como una mezcla con estructura más o menos homogénea de silicatos de calcio en granos finos que contiene pequeñas celdas de aire no comunicadas entre sí. Es un material de peso ligero que puede ser elaborado con o sin agregados y adicionando a sus componentes un gas o una espuma que reacciona químicamente.

Está formado por poros de aire micro y macroscópicos, uniformemente distribuidos en la pasta de cemento. Esta estructura es muy importante para determinar las propiedades físicas del material: bajo peso, conductividad térmica, resistencia al fuego, a la compresión y a la congelación debido a la distribución de los poros y la cantidad de microporos.

El ACI define el concreto ligero celular como "aquel en el cual todo o parte del agregado grueso es

sustituido por burbujas de gas o aire".

Este material presenta distintos tipos que se diferencian según el método empleado para formar las células. En efecto, a la pasta o a la matriz se le pueden mezclar diversos elementos para provocar una expansión de la masa: espuma estable preparada que se adiciona a la mezcla durante el proceso de mezclado, polvo de aluminio que reacciona con las sustancias alcalinas de los componentes de la mezcla, o agentes generadores de hidrógeno, peróxido o polvo blanqueador. En el continente europeo, los términos "concreto gas" y "concreto espuma" distinguen la forma de su fabricación.

Los materiales empleados para elaborarlo son los mismos que se utilizan para el concreto normal, excepto los agregados de cuarzo y los agentes químicos que producen las células de aire. El concreto de peso ligero es una modificación del concreto convencional y la diferencia entre ambos está en su grado de densidad y no en su calidad como material.

Las células se distribuyen en los elementos ya fraguados y varían entre 0.10 y 1 mm de diámetro, siendo su forma casi esférica. Están cubiertas por una película que debe ser resistente para soportar el vigor del mezclado y colocado, y durante todo el tiempo deben permanecer separadas y revestidas con la pasta de cemento.

Atendiendo a sus características principales, podemos decir que el concreto aireado es:

- a] aislante térmico y acústico por su bajo peso y densidad variable;
- b] bombeable y autonivelante por su consistencia que varía de plástica a fluida;
- c) resistente al tránsito peatonal;
- d] incombustible y no degradable;
- e] pigmentable en diversos colores.

### **Aplicaciones y formas de empleo**

Hay que recordar que toda vivienda es un sistema en continuo contacto con el medio ambiente, y en consecuencia, es atravesada por numerosos flujos de aire, vapor de agua, sustancias orgánicas, minerales y primordialmente, por energía que proviene del sol. La permeabilidad o impermeabilidad de azoteas y muros, es decir, de las barreras físicas del sistema, regulan la magnitud y dirección de los intercambios de calor mediante procesos de radiación y conducción, determinando así las condiciones internas del confort térmico.

### **El concreto aireado es recomendable para:**

a] el clima cálido, ya sea húmedo o seco, con invierno templado y verano demasiado caliente. En estos lugares debe evitarse el empleo de materiales pesados que propicien la acumulación de calor hasta un nivel que imposibilite su enfriamiento. Los habitantes de las zonas desérticas han recurrido a lo largo del tiempo a viviendas construidas con materiales ligeros. El concreto aireado se encuentra en el grupo de los materiales ligeros y además evita la penetración del calor dentro de la vivienda.;

b] el clima frío. En lugares con bajas temperaturas deben utilizarse materiales térmicos para propiciar la acumulación de calor interior evitando el enfriamiento. El concreto aireado se ubica entre los materiales térmicos debido a las células que lo conforman.

Desde hace varios años, el concreto aireado ha sido un material de construcción común e idóneo en ciertas regiones climáticas del planeta. Actualmente, es fácil encontrarlo en edificaciones de Noruega, Países Bajos, Suecia, Gran Bretaña, Alemania, Francia, Estados Unidos, Canadá y países de América del Sur y del Sudeste Asiático. Se lo utiliza especialmente en aquellas regiones cuyo clima es templado, semifrío o extremoso tanto en invierno como en verano. Su empleo en estos climas ha sido un ejemplo de adecuación de la vivienda al entorno, al aprovechar las propiedades térmicas del material que permiten no cambiar el clima interior a pesar de las variaciones diarias y estacionales de los elementos meteorológicos.

### **El concreto aireado se emplea de dos formas:**

a] Precolado: en paneles para muros, losas de entrepiso y azoteas, y bloques de construcción, los cuales son usualmente curados con vapor a alta presión.

b] Colado en sitio: para elementos estructurales y rellenos, curado al aire por aspersion o vapor.

Con cualquiera de los procedimientos que se utilicen, se puede obtener "concreto gas" o "concreto espuma" de muy bajo peso volumétrico, por ejemplo,  $40 \text{ kg/m}^3$  cuando no tienen ningún agregado pétreo o de otra clase y  $250 \text{ kg/m}^3$  cuando tienen agregados ligeros.

Además, su peso varía de acuerdo con el estado en que se encuentre: densidad en estado plástico, en estado fraguado y secado en horno. Por lo tanto, se determina que el rango de densidad de acuerdo con las características mencionadas fluctúa entre 40 y  $1,929 \text{ kg/m}^3$ .

Las limitaciones para el empleo del concreto aireado están únicamente en nuestra imaginación: es tan grande su versatilidad que permite a los elementos con él elaborados adaptarse a una gran variedad de formas, diseños y sistemas estructurales. Hasta ahora en nuestro país sólo se lo ha utilizado en concreto no estructural. Por la falsa información que se ha manejado, su empleo se ha limitado a trabajos secundarios tales como:

a] relleno de tuberías y pequeñas áreas a las que no se puede acceder (concreto de empaque o de relleno), por considerarse que su único atributo era la expansión;

b] aislante térmico alrededor de tuberías o en muros de protección para sistemas de refrigeración;

c] relleno de losas y cubiertas, por sus características aislantes;

d] relleno de pavimentos o cavidades, huecos, grietas o ranuras producidas después de una reparación.

Sin embargo, el concreto aireado puede ser empleado sin límite en cualquier construcción, del tipo que sea, tanto en uso arquitectónico, estructural o como simple relleno.

## Los métodos para fabricarlo

Como ya hemos visto, el concreto aireado se fabrica por medio de la introducción de un elemento químico que produce gas en una lechada compuesta de cemento portland y un material sílico que sirve de relleno, de manera que cuando endurece, se forma una estructura uniforme de poros.

Existen varios métodos para que los poros se puedan formar con técnicas de gasificación interior:

a] Polvo de aluminio. Este elemento reacciona con el hidróxido de cal libre del cemento durante el fraguado y genera hidrógeno en forma de burbujas diminutas que son distribuidas en toda la masa, formando una reacción que simplificada resultaría un aluminato tricálcico hidratado + hidrógeno. La rapidez e intensidad de la reacción depende del tipo y de la cantidad de polvo de aluminio que se agregue a la mezcla, así como de la finura del cemento, temperatura, proporción de los componentes y algunos otros factores. El porcentaje de aluminato para tener una compensación de todas las disminuciones de volumen que sufre un concreto desde que se coloca hasta que está endurecido y seco, es del orden de 0.005 a 0.02 por ciento del peso del cemento. El más empleado a la fecha es este proceso, sobre todo en la manufactura de unidades precoladas y bloques de construcción.

b] Polvo de zinc. Cuando se emplea polvo de zinc, se forma el zincato de calcio + hidrógeno. En ambos casos el hidrógeno en las células es rápidamente reemplazado por el aire y, por lo tanto, no existe ningún peligro de fuego.

c] Agua oxigenada y polvo blanqueador. Con esta adición se efectúa la siguiente reacción en la cual se desprende oxígeno en vez de hidrógeno; cloruro de calcio + oxígeno + agua.

d] Sulfonatos alkyl aryl, el sulfonado de lauryl de sodio, ciertos jabones y resinas, aditivos espumantes destinados a extinguir incendios, así como plásticos o resinas sintéticas en estado líquido viscoso. Son apropiadas para la elaboración de concretos colados en sitio.

## Tipos de concreto aireado

Existen varios aditivos tales como generador espumante, fibra dispersante, expansor, retardante, escoria, ceniza volante, etcétera, que ayudan a cubrir algunas de las deficiencias que van aparejadas a la baja densidad del "concreto gas" y "concreto espuma".

## Concreto aireado puro

Se emplea cemento portland, agua, gas o espuma preparada, no contiene agregados sólidos, generalmente está limitado en el rango de baja densidad siendo en estado fraguado de 40 a 720 kg/m<sup>3</sup>. Para su elaboración se mezclan primero el cemento y el agua, y posteriormente se añade un agente químico o una espuma estable preparada, la cual debe ser bien mezclada con la pasta de cemento para lograr la consistencia celular.

## Concreto aireado arenado

Contiene cemento, arena con un diámetro máximo de 5 mm con finos 0-2 mm, para lograr resistencias más elevadas, agua y el agente escogido para desarrollar las células; el rango de su

densidad es de 880 a 1,920 kg/m<sup>3</sup>. Los agregados minerales tales como la arena de sílice son utilizados con éxito para evitar la contracción del concreto aireado.

### **Concreto aireado con agregado ligero**

Es parecido al anterior y es manufacturado con agregados ligeros tales como el tezontle, piedra pómez, etcétera, para lo cual se reemplaza parte de la arena. Este agregado o cualquier otro utilizado debe contar con una resistencia mayor para aumentar su rango de resistencia a la compresión, con lo cual se lograrían densidades de 1,600 kg/m<sup>3</sup>.

### **Concreto aireado con agregado expansivo**

La adición de vermiculita y perlita en el concreto ha demostrado que ayuda en climas cálidos a retener el agua del curado. Estas adiciones son también ideales en los casos en que el concreto aireado asista a las estructuras metálicas a la protección contra el fuego, siendo necesario que estos agregados se utilicen en la fabricación de unidades precoladas ya que logran su expansión en altas temperaturas.

### **Concreto aireado modificado**

Se considera concreto aireado modificado a cualquiera de los tipos antes mencionados al que se le añade un aditivo.

Concreto aireado con aditivo dispersante. Agente que ayuda a exponer mayor superficie de las partículas del cemento a la hidratación. Su acción dispersante aumenta considerablemente la fluidez e incrementa la resistencia a la compresión resultante de la reducción de la proporción agua/cemento en la mezcla, especialmente en el estado plástico, logrando un incremento de resistencia hasta de 10 por ciento en densidades de 1,440 kg/m<sup>3</sup>, y de 40 por ciento en densidades de 1,760 kg/m<sup>3</sup>.

Concreto aireado con fibras. Esta fibra debe ser resistente al álcali; puede tratarse de resinas sintéticas o de fibra de vidrio. Se agrega al concreto aireado de baja densidad para incrementar la resistencia a la tensión y ayudar a controlar considerablemente el fisuramiento por contracción, y además colaboran en bajo grado al aumento de la resistencia a la compresión y a la flexión. La cantidad utilizada está determinada con la trabajabilidad del concreto y el costo. El rango de longitud de la fibra es de aproximadamente de 20 a 40 milímetros.

Concreto aireado con aditivo expansor. La utilización de aditivo expansor en el concreto aireado refuerza a los componentes de éste, ya que la expansión puede ser de la misma magnitud que la contracción y la retracción del concreto; esta expansión compensa parcialmente los efectos de compresión en el secado característicos del concreto aireado. La tendencia a expandirse se controla por el acero de refuerzo, por lo cual éste debe ser colocado lo más cercano posible al centro de la sección para evitar empuje y por consiguiente, una deformación del elemento.

Concreto aireado con escoria y ceniza volante. La arena puede ser reemplazada por las cenizas de combustible pulverizado o escoria de alto horno molidas. Estos ingredientes funcionan en parte como relleno y en parte como reactivo químico con el aglutinante. La ceniza volante y la arena de cuarzo

pueden ser empleadas para reemplazar parcialmente la cantidad de cemento, lo cual ayuda a reducir tiempo de mezclado y, por consiguiente, la segregación; además, aumenta la resistencia del concreto aireado.

Concreto aireado con otros aditivos. Este concreto es compatible también con los densificadores, retardantes, agentes humectantes, estabilizadores de los poros. También se utilizan los álcalis solubles tales como la sosa cáustica para acelerar la reacción de los adicionantes metálicos.

La arena y otros componentes sílicos se muelen en molino de bolas hasta llegar al grado de finura requerido, que por lo general es comparable a la finura del cemento portland ordinario.

Las mezclas del concreto aireado se pueden hacer con cemento portland tipo I, normal, y con cemento portland tipo III, resistencia rápida.

## **Producción del concreto aireado**

### *La prefabricación*

El concreto aireado prefabricado puede ser producido en bloques de construcción para muros y unidades reforzadas para muros y losas. Sus densidades varían de 400 a 800 kg/m<sup>3</sup> y son materiales empleados desde hace más de 50 años.

Los bloques son de gran utilidad en la industria de la construcción porque reducen enormemente el peso muerto de las estructuras y representan ahorros considerables en las cargas por manejar, así como por la gran área que se puede cubrir con cada uno de ellos.

También este concreto aporta beneficios a la edificación ya que es posible fabricar unidades reforzadas de gran tamaño, pudiendo éstos ser elementos de carga estructuralmente hablando.

Para elaborar el concreto aireado prefabricado se debe contar con un espacio para colar el material en moldes, cortar y curar. Se requiere mantener una temperatura ambiente constante para poder fabricar elementos de alta calidad.

Una vez preparada la mezcla, se coloca con precisión el acero de refuerzo de manera que cuando se corten las piezas no se dañe éste. La masa celular es vertida en moldes que son llenados parcialmente y a los 20 minutos la mezcla se expande cubriendo totalmente el molde. Después de tres a seis horas, el colado habrá fraguado lo necesario para poder ser cortado.

De acuerdo con la ACI 523.2R-68 hay varios sistemas que se pueden utilizar para el curado del concreto aireado:

a] Curado por lo menos a 21 ° C o más, como mínimo por siete días si es cemento portland normal tipo I y por tres días si se utiliza cemento portland de alta resistencia tipo III.

b] Curado a vapor a alta presión.

c] Curado en autoclave, lugar donde permanecerá de 14 a 28 horas. Bajo una presión aproximada de  $10.5 \text{ kg/cm}^2$  y a una temperatura de  $185^\circ \text{C}$ . El curado en vapor es necesario para obtener "concreto gas" de primera calidad.

d] Cualquier sistema de curado podrá ser utilizado mientras se conserve adecuadamente el contenido de agua del concreto y se proporcione la máxima calidad de resistencia a los elementos.

El acero de refuerzo utilizado en el concreto aireado curado en autoclave debe ser protegido para evitar la corrosión, en un baño de una mezcla de recubrimiento que puede ser:

- una solución bituminosa oxidada que se endurece al aire;
- una capa de lechada de cemento con o sin látex de hule y un material coloidal como la caseína;
- resinas epóxicas;
- ahogado en concreto normal;
- concreto aireado con espesores mayores.

Otra solución podría ser utilizar aceros preforzados.

### *El colado en sitio*

El "concreto espuma" es el ideal para colarse en el sitio, ya que es fácil adicionar la espuma directamente en la obra. El cemento, el agua, los agregados seleccionados y los aditivos se colocan en la mezcladora de la misma forma que se hace con el concreto normal; a éste se le introduce el generador de espuma especial que es un concentrado diluido en agua. La cantidad del generador de espuma depende del tipo de componente, el tamaño de la carga o volumen de concreto, la eficiencia de la mezcladora y la densidad que se espera del concreto. Después de haber agregado la espuma se continúa el mezclado para que al agitarla logre su expansión total, que llega a ser hasta de 30 veces, y también así garantizar la distribución uniforme de las células de aire dentro de la mezcla.

Un punto básico para evitar la contracción del concreto aireado es el curado en autoclave; por lo tanto, es necesario hacer consideraciones de cambio en el diseño de las mezclas del concreto colado en sitio, tales como añadir cifras y agentes expansivos que ayudan a evitar la fisuración y la contracción por secado.

Si tomamos en cuenta la baja de resistencia que se produce en el concreto aireado colado en sitio, según lo han determinado las pruebas de cilindros curados al aire, podemos añadir al diseño de nuestra mezcla agregados ligeros de resistencia estructural, con lo cual tan sólo aumentamos resistencia sin disminuir densidad. Estos concretos fabricados con agregados ligeros y espuma dan propiedades especiales a la mezcla, ya que además de aumentar la resistencia, retienen el agua ayudado al curado en climas secos y logramos una reducción del costo del concreto.

El acero de refuerzo también ayuda a controlar la contracción por secado, como se había indicado con anterioridad.

El "concreto espuma" es bombeable, fácilmente trabajable y autonivelante, pero es necesario utilizar fluidizantes y retardantes cuando es colado en climas superiores a los 20 grados centígrados, con el objeto de no perder su estructura celular, y en el caso de temperaturas de 1 a 4 grados centígrados durante las primeras 24 horas de colado, se deben tomar ciertas precauciones como es le calentado del agua; esto incluye a los concretos elaborados tanto para cementos tipo I como tipo III. Este concreto nunca debe ser colado cuando haya presencia de nieve, lluvia, granizo o heladas.

Los espesores de capas de colado del concreto aireado no deben ser superiores a 50 cm, para permitir que por sí solo se nivele y se compacte, ya que es necesario renunciar a la compactación por vibrador puesto que destruye las células del material.

El "concreto espuma" debe ser protegido para evitar el rápido secado; en caso de presentarse éste, debe ser curado por aspersión o con membrana. La membrana de curado debe ser compatible con los recubrimientos que recibirá posteriormente el concreto aireado; además, no se debe permitir el pisado de las áreas hasta que no estén fraguadas, ya que esto produciría compactación y destrucción de los poros.

### *Propiedades físicas del concreto aireado*

Se ha considerado últimamente que la densidad es la característica más sobresaliente del concreto aireado, sin tomar en cuenta sus propiedades térmicas, su trabajabilidad, etcétera, que generan grandes ventajas en la industria de la construcción. Otra gran cualidad es su factibilidad de diseño que, aunada a las anteriores, permite gran confort a quienes lo utilizan y disfrutan de él.

### *Resistencia a la compresión*

Los principales factores que afectan la resistencia a la compresión del concreto aireado son la densidad, el contenido de cemento, el tipo y cantidad de agregado, la relación agua/cemento, los aditivos y las condiciones de curado.

Pruebas hechas con cemento portland tipo I y agentes para desarrollar las células con diferentes agregados determinaron los rangos de densidad de éste en estado plástico. La densidad del concreto aireado varía en un amplio rango que es determinado por el contenido de la matriz, siendo de 320 a 1,920 kg/m<sup>3</sup> (**ver**). Cuando el concreto aireado es elaborado sin aditivos y con arena, su rango varía de 800 a 1,920 kg/m<sup>3</sup>; las mezclas que están adicionadas con agentes dispersantes y arena tienen una densidad aproximada de 1,360 kg/m<sup>3</sup>; las combinaciones que tienen una densidad en estado plástico por arriba de 800 kg/m<sup>3</sup> tienen una cantidad aproximada de 390 kg/m<sup>3</sup> de cemento.

De acuerdo con las consideraciones anteriores y pruebas del ACI 523.1R-92 y ACI 523.3R-93, la resistencia a la compresión del concreto aireado sin aditivos ni agregados y secado en horno es:

---

Densidad Resistencia

(kg/m<sup>3</sup>) a la compresión

(kg/cm<sup>2</sup>)

---

320 4.93

400 8.80

480 15.83

560 24.63

800 52.78

---

Con relación a mezclas de concreto aireado arenado con densidades mayores y sin aditivos, también de acuerdo con al ACI, tenemos:

---

Concreto aireado % Arena % Agua Factor Resistencia

en estado plástico cemento a la compresión

(kg/m<sup>3</sup>) (kg/m<sup>3</sup>) (kg/cm<sup>2</sup>)

---

960 0.65 0.50 446 35.19

1,120 1.06 0.45 446 42.22

1,280 1.42 0.45 446 52.78

1,440 1.78 0.45 446 91.48

1,600 2.14 0.45 446 126.67

1,760 2.44 0.50 446 175.93

1,920 2.80 0.50 446 247.70

---

## *Módulo de elasticidad*

El módulo de elasticidad (E) del concreto es una medida de la deformación que sufriría el material bajo condiciones de carga de corta duración en el rango elástico.

El módulo de elasticidad del concreto aireado está en relación con su densidad y resistencia a la compresión; es bajo con relación al concreto convencional. En pruebas efectuadas a mezclas sin agregados pétreos y considerando como único complemento las burbujas de las células producidas por la reacción química, se determina que el módulo de elasticidad es más bajo con relación a concretos de su misma densidad, elaborados con agregados ligeros pero más rígidos. Esto ha sido señalado por pruebas de laboratorio con concretos aireados utilizados sólo como aislantes, que dieron densidades por debajo de  $1,281 \text{ kg/m}^3$ .

## *Resistencia a la tensión y cortante*

Por lo regular, la resistencia a la tensión no se toma mucho en cuenta; sin embargo, cuando se requiera mejorarla, es conveniente utilizar fibras, sobre todo en los paneles para utilizar en muros. Las fibras pueden ser de vidrio resistentes al álcali, metálicas, de resinas o plásticas.

En pruebas de resistencia al cortante efectuadas en laboratorio, se determinó que, a pesar de que el concreto aireado cuenta con una estructura celular, no existe disminución de tal resistencia, la cual se apega a las normas establecidas por el ACI 318 para el concreto ligero.

## **Conductividad térmica, resistencia al fuego y permeabilidad**

Las características de aislamiento térmico del concreto aireado dependen primeramente de la densidad; otros factores que la determinan son los agregados utilizados, los poros, etcétera.

La conductividad térmica significa permitir el paso de la energía o temperatura de un lado a otro. Por sus características de poros de aire, el concreto aireado reduce el paso de la temperatura exterior al interior de la construcción.

Los valores de conductividad térmica del concreto aireado son similares a los de la madera y menores que los del adobe. Comparando muros de igual espesor resulta que este concreto de  $400 \text{ kg/m}^3$  aísla nueve veces más que el tabique rojo recocido y once veces más que el concreto común.

En relación con la resistencia al fuego, se ha demostrado en pruebas de laboratorio hechas a paneles de concreto aireado, que pueden mantenerse a fuego directo las losas durante una hora, y los muros durante cuatro horas, sin perder su condición estructural. En las mismas pruebas, este concreto soportó ser expuesto a temperaturas arriba de  $700^\circ \text{C}$  y su punto de defusión es a  $1000\text{-}2000^\circ \text{C}$ , dependiendo de los materiales básicos.

Sobre permeabilidad, la experiencia en Suecia demuestra que el concreto aireado se comporta satisfactoriamente bajo la lluvia si tiene un recubrimiento exterior simple como es la pintura, excepto en condiciones severas en las que otros materiales también fallarían. Para tales condiciones extremas es conveniente colocar un aplanado en los muros exteriores.

Es recomendable que los muros de concreto aireado no se saturen ya que la saturación reduce los efectos térmicos de forma temporal.

### *Resistencia a climas fríos*

El empleo elevado del concreto aireado en países de climas tan extremos como son Rusia y Noruega nos demuestran que este material tiene gran resistencia a la congelación y al deshielo por su estructura celular.

### *Contracción por fraguado*

La contracción por fraguado es la característica más desfavorable que presenta el concreto aireado colado en sitio, ocasionando una gran pérdida de volumen. Como en el concreto ha existido una expansión previa provocada por los agentes generadores de espuma, lo que se registra es un alto índice de fisuramiento.

Si se pretende colar una casa en forma integral, la contracción provocaría separación entre los elementos. Esta contracción puede reducirse con la adición de fibras de diversas clases y tipos.

Otra forma de combatir la contracción consiste en agregar un aditivo expansor que no reaccione desfavorablemente con el generador de espuma y el resto de los aditivos.

La relación de la contracción del concreto curado en autoclave es mínima con relación a la del concreto curado al aire, que puede llegar a ser hasta de 30 por ciento si éste tiene una densidad de  $400 \text{ kg/m}^3$ .

El texto de este artículo fue tomado de la tesina presentada por la autora en el Diplomado de Obras de Concreto que imparten de forma conjunta la Facultad de Arquitectura de la UNAM y el IMCYC.



## Conexión prefabricada sin pernos ni soldadura

Ingeniero René Carranza  
Ingeniero Raúl Martínez  
Doctor Eduardo Reinoso

La conexión columna-trabe para elementos prefabricados que aquí se presenta aventaja a la existente hasta ahora en el mercado en cuanto a fabricación, transporte, montaje, tiempo, costo y seguridad estructural. Así lo demuestra una serie de obras en las que se ha aplicado con éxito.

El ingeniero involucrado en el análisis, diseño, prefabricación, transporte y montaje de una estructura reticular prefabricada de concreto tiene como un gran reto el conectar las piezas prefabricadas que la integran, especialmente la unión columna-trabe, ya que en algunas ocasiones concurren hasta cuatro trabes en diferentes direcciones en una misma columna en cada nivel de la estructura.

Uno de los mayores problemas que se presentan en una estructura prefabricada, no es un análisis deficiente de la misma sino la importancia que se ha dado al diseño de las conexiones entre los diferentes elementos que la forman. Debemos tomar en cuenta que la conexión recibirá las descargas de cada elemento que se conecte a ella y deberá ser capaz de soportarlas y transferirlas a los demás elementos (Arthur H. Nilson, 1982).

En los principios de la prefabricación en México, únicamente se prefabricaban sistemas de piso como son vigueta y bovedilla, losa doble te y losas extruidas. Como éstos se colocan simplemente apoyados sobre trabes de soporte, no se tenía la necesidad de diseñar sistemas de conexión entre elementos. Sin embargo, con el paso del tiempo se fueron demostrando las ventajas de las estructuras prefabricadas sobre las tradicionales. Por ejemplo, un menor tiempo de ejecución de la obra y por lo tanto una recuperación más rápida de la inversión, claros más grandes con elementos esbeltos y obras más limpias durante su ejecución. Estas ventajas han hecho que, hoy día, las estructuras sean casi totalmente prefabricadas y que tengan suma importancia las conexiones entre los diferentes elementos que las forman.

### Características generales de las conexiones prefabricadas

El diseño correcto de una conexión es indispensable para que la estructura trabaje de acuerdo con el modelo físico y matemático con que se realizó el análisis estructural. A través de los años se ha resuelto este problema de conexión usando el ingenio y llegando a diferentes soluciones tales como ménsulas de concreto o de acero, las cuales pueden ser visibles por debajo de la trabe o se pueden disimular con ésta.; las trabes pueden estar simplemente apoyadas o se les puede dar continuidad por medio de pernos, soldadura o postensado (figura 1).

Pocas conexiones han resuelto el problema de una forma totalmente satisfactoria, ya que en cualquier tipo de conexión se busca simplificar las diferentes etapas de una obra, como son:

#### Fabricación

Que sea sencilla, es decir, que la fabricación de los diferentes elementos que la forman, como son trabes y columnas, no se complique con accesorios soldados a su acero principal tales como placas de acero, elementos de anclaje para postensado, etcétera.

Que no aumente la tipificación de columnas, es decir, que las columnas no sea muy diferentes geométricamente entre sí, ya que esto representa un mayor trabajo de gabinete además de que complica la coordinación entre la fabricación y el montaje de las piezas.

Que no requiera del empleo de muchos planos en obra para poder realizarse pues esto, además de requerir un mayor trabajo de gabinete, es poco práctico de realizar en planta y posteriormente en obra.

La fabricación de los moldes debe ser sencilla para evitar retrasos en su elaboración y que sean muy costosos. Además, no se debe requerir una gran cantidad de ellos ni deben requerir muchos cambios entre cada colado.

### Transporte

Debe poder realizarse de una forma eficiente, es decir, que se pueda transportar el mayor número de piezas por viaje, ya que esto reducirá el número total de fletes que se tienen que realizar y, en consecuencia, bajará el costo por este concepto.

No se deben requerir accesorios especiales para sujetar las piezas a las plataformas ya que son costosos y dificultan la carga y descarga de las piezas.

### Montaje

La maniobra de montaje de las diferentes piezas se debe poder realizar en una forma rápida y sencilla para evitar tiempos muertos de equipo, maquinaria y personal, lo que nos permitirá un sustancial ahorro en el tiempo de ejecución de la obra.

Se debe evitar el empleo de equipo y mano de obra especializada como son soldadores y personal de postensado, ya que esto eleva el costo de la obra y puede afectar el tiempo de ejecución en caso de no tener suficiente personal capacitado.

Hay que evitar o minimizar el empleo de soldadura de campo, ya que requiere de un estricto control de calidad, lleva más tiempo de ejecución y, además, su costo es muy elevado.

Debe requerir poco o nulo soporte temporal de los elementos, ya que esto retrasa los tiempos de ejecución.

La apariencia final de la conexión debe ser agradable a la vista, es decir, debemos tratar de ocultar los elementos de sujeción como son placas de acero, soldaduras, etcétera.

### Los principales tipos existentes

A través de los años, las conexiones en las estructuras prefabricadas se han resuelto, en forma global, en cuatro grandes grupos (IMCYC, 1966, 1976, 1981; PCI, 1988).

#### Con ménsula corta

Esta es una conexión cercana al paño de la columna. Uno de los principales problemas constructivos que se presentan ocurre en el momento de colar las columnas, cuando se requieren ménsulas en las cuatro direcciones, ya que debido a la gran concentración de acero en esa zona se requiere de soldadura tanto dentro de las piezas que se van a conectar como en la unión entre ellas (soldadura de

campo), lo que hace que sea una conexión poco dúctil (Cuevas y Robles, 1986). Como normalmente en una obra las columnas tienen diferente número y posición de las ménsulas, es necesario cortar los costados y el fondo de los moldes y taparlos cuando no se requieran. Lo anterior provoca que los tiempos de colado se retrasen y obliga a tener un mayor número de moldes, lo cual aumenta el costo de la obra. El transporte se vuelve menos eficiente para las columnas debido a que las ménsulas aumentan el ancho de las piezas, por lo cual el número de piezas que por geometría se pueden transportar por viaje es menor, aumentando el precio por este concepto. En la maniobra de montaje también se tienen algunos problemas adicionales cuando no se tienen ménsulas en forma asimétrica, ya que en el momento de izar las columnas para insertarlas en su posición en la cimentación, éstas se inclinan un poco por el desequilibrio de peso fuera de su eje de longitud. (figura 2).

### Con ménsula larga

Esta es una conexión alejada del paño de la columna que busca llevar la unión a una zona donde el momento es menor. presenta los mismos problemas que la anterior (Ménsula corta) aunque algunos en forma más severa. Cuando se tienen ménsulas largas en las cuatro direcciones se presenta un grave problema en el momento de realizar el colado de la columna, ya que las ménsulas que quedan hacia el fondo y hacia arriba son difíciles de realizar y los problemas de transporte y montaje son también mayores debido a que la geometría de las columnas las hace poco manejables. Todo lo anterior hace que los precios de fabricación, transporte y montaje de las piezas se incrementen aún más (figura 3).

### Con postensado

Este tipo de conexiones no tiene problemas de ductilidad; las columnas pueden o no estar provistas de ménsulas. Cuando tienen ménsulas presentan los problemas que anteriormente mencionamos. Sin embargo, cuando las columnas no cuentan con ménsulas de apoyo, las trabes tendrán que soportarse temporalmente por medio de apuntalamiento. Se debe tener mucho cuidado con la posición de los ductos y anclajes para el postensado durante el diseño y fabricación de las trabes y columnas, ya que éstos deben coincidir perfectamente en el momento de montar las piezas para que permitan el paso de los cables y se realice el postensado sin causar momentos adicionales a la estructura. Todo lo anterior, aunado al alto costo del postensado, incrementa el tiempo y costo final de la obra (figura 4).

### Solución propuesta

Este tipo de conexión proporciona un nodo que es el más parecido a los nodos monolíticos de las estructuras tradicionales. La fabricación de las columnas se simplifica en gran medida, ya que al no contar con ménsulas no es necesario cortar el fondo ni los costados de los moldes. Esto nos permite disminuir el número total de moldes necesarios al poder darles un mayor número de usos sin grandes cambios. No se requiere dejar ahogados en columnas ni trabes anclajes especiales ni elementos soldados al acero de refuerzo. El transporte se perfecciona al llevar una mayor cantidad de piezas por cada viaje, bajando los costos por este concepto. El montaje de las columnas se facilita al coincidir su eje longitudinal con el centro de gravedad, lo que evita inclinaciones de las piezas en el momento de izarlas. No es necesario el empleo de personal especializado para el armado y colado de los nodos, pudiéndose utilizar el mismo personal que se emplea en las construcciones tradicionales (figuras 5 y 6). Todo lo anterior permite obtener una mayor economía de tiempo y costo además de una mejor apariencia final a un bajo costo con respecto a los otros tipos de conexiones (figuras 5 y

6).

Existe una infinidad de tipos de conexiones, pero las anteriores son las más comúnmente utilizadas en el medio. En el cuadro 1 podemos apreciar una comparación de las principales características de las conexiones. Sin embargo, la necesidad de encontrar una conexión más eficiente, sobre todo ante los efectos sísmicos, nos llevó a desarrollar una conexión diferente, que nos permite tomar la eficiencia de una estructura prefabricada sin perder las bondades estructurales de una colada *in situ*. No debemos olvidar que el Reglamento de Construcciones del Distrito Federal considera que las estructuras prefabricadas deben tener desplazamientos menores que las estructuras coladas *in situ*, y esto se debe en parte a las conexiones. Todos los tipos de conexiones que hasta ahora se han estado utilizando son a base de pernos o soldadura y presentan un tipo de falla frágil, que es algo que se quiere evitar.

#### Descripción de la conexión propuesta

En una estructura prefabricada es deseable la continuidad de los elementos y que no tengan cambios bruscos de secciones y materiales, razón por la cual desarrollamos una conexión que se asemeja lo mejor posible al colado *in situ*. La conexión propuesta es una variante en el sistema de construcción y fabricación de los elementos prefabricados.

La preparación de los elementos se hace en la planta de producción, las traveses están provistas del acero positivo necesario de acuerdo con el diseño y pueden contar, si se desea, con el acero negativo; inmediatamente después del montaje de las traveses una cuadrilla de fierros comienza con el armado, cimbrado y colado de la conexión en obra, mientras se continúa con las maniobras de montaje.

Se deben tomar en cuenta ciertas consideraciones estructurales al utilizar este tipo de conexiones, ya que las primeras condiciones de apoyo y empotramiento de los elementos no son iguales a las condiciones finales. Las columnas tienen una parte hueca donde su rigidez, antes de colocarse la conexión, es considerablemente menor que la del resto de su sección; las traveses deben diseñarse para dos condiciones de apoyo, la primera simplemente apoyada y la segunda, con continuidad en la que formarán marcos ortogonales con las columnas.

Si se tiene una estructura de varios niveles, se debe revisar la primera etapa de montaje, cuando las columnas están empotradas en la cimentación y las traveses que están montadas se encuentran simplemente apoyadas, ante cargas accidentales tales como sismos, viento e incluso posibles golpes de otras piezas en el momento de montarlas, ya que en esta etapa las columnas trabajan en cantiliver y puede ser muy peligroso para la estabilidad de la estructura si se presentan desplazamientos grandes. También se recomienda en estos casos, en la medida de lo posible, colar los nodos de los niveles inferiores antes de continuar con el montaje de los niveles superiores.

#### Fabricación

Una de las principales ventajas es la sencillez de los moldes para fabricar las columnas y el poco trabajo que requieren para su habilitado entre cada colado, lo que hace que se perfeccionen sus usos con un considerable ahorro. Por otro lado, el no necesitar fijar ningún tipo de accesorio adicional, como son placas de acero o elementos para anclaje de postensado en los armados de traveses y columnas, agiliza la producción.

El colado de las columnas se realiza dejando zonas sin colar (huecas) en los diferentes niveles donde se conectarán las traveses, las que en adelante denominaremos "ventanas", en las cuales únicamente continuará el acero principal y si es necesario se colocarán varillas en forma de contraventeo en cada cara. El extremo inferior de las ventanas de las columnas, donde se apoyarán las traveses, debe tener una superficie lisa y nivelada para evitar concentración de esfuerzos al apoyar las traveses correspondientes, y se debe dejar un pequeño hueco rectangular en el centro de la columna que haga las veces de dentellón. El otro extremo de las ventanas debe terminar en forma de punta (pirámide invertida) con una inclinación de 30 ° para facilitar el colado del nodo y evitar que queden burbujas de aire atrapado, además de no presentar una superficie horizontal de contacto entre concretos de diferentes edades y evitar problemas de cortante.

También se recomienda dejar ahogado un ducto que vaya desde la punta hasta un costado superior de la columna, para permitir la salida de aire cuando se efectúe el colado del nodo correspondiente. El tamaño de la ventana está en función del peralte de las traveses que se insertarán, tomándose dos veces el mayor de los peraltes medidos desde la superficie lisa inferior hasta la punta de la parte superior.

La fabricación de las traveses portantes y de rigidez también se facilita ya que tampoco requieren ningún tipo de accesorio especial, lo que agiliza el habilitado de los armados dentro de los moldes. En caso de que el ancho de las traveses lo requiera, se les fabrica en sus extremos una "nariz" (reducción de su sección); en este punto debemos tener especial cuidado ya que el éxito de la conexión depende en gran parte del espacio con que se cuente para montarlas y conectarlas. En ambos extremos de las traveses, o en la nariz si es el caso, se dejarán ductos transversales de 1/2" de diámetro a una separación de 15 cm entre uno y otro aproximadamente. Estos ductos tienen la finalidad de que una vez montadas las traveses, nos permitan colocar unas varillas en forma de ganchos que abrazarán el acero principal de la columna y funcionarán como estribos de ésta. Se recomienda dejar dos líneas de ductos para no debilitar las traveses por cortante.

## Transporte

La principal ventaja de la conexión propuesta en esta etapa se tiene en las columnas. El transporte de éstas se vuelve más eficiente ya que, al no contar con ninguna ménsula, se pueden colocar juntas sobre la plataforma, además de que nos e necesita fabricar ningún tipo de accesorio especial para fijarlas sobre el tractocamión. De esta manera se pueden transportar una mayor cantidad de piezas por cada viaje y se reduce notoriamente el número total de fletes que se tienen que realizar para transportarlas, con el consecuente ahorro de tiempo y costo.

## Montaje

La maniobra de montaje de las diferentes piezas que forman la estructura es bastante ágil al emplear esta conexión. Al no tener que emplear una gran cantidad de planos explicativos para colocar las diferentes piezas prefabricadas, se simplifican los trabajos tanto en la elaboración del proyecto como en el campo. No es necesario el empleo de equipo y personal especializado, como sucede en las conexiones postensadas. Tampoco se requiere el empleo de apuntalamientos o soportes temporales de las traveses y/o columnas. Más importante aún, no necesitamos utilizar soldadura de campo que, además de presentar un tipo de falla frágil, requiere una estricta supervisión, es costosa y necesita más tiempo para realizarse, ya que normalmente se tienen que soldar las traveses a las columnas antes de poder montar las losas o sistemas de piso, lo que hace que el tiempo total de la maniobra

de montaje aumente.

Primero se insertan las columnas en los candeleros (huecos) previamente dejados en la cimentación y se fijan temporalmente con cuñas de madera. Posteriormente, se empotran por medio del colado de la junta entre columna y candelero con un mortero con estabilizador de volumen. Una vez que el colado de empotramiento ha alcanzado la resistencia de diseño, se procede a cortar las varillas de contraventeo de las "ventanas", si es que existieran.

Ahora las columnas se encuentran listas para recibir las trabes portantes y de rigidez; éstas se insertan inclinándolas lo que sea necesario hasta colocarlas en su lugar. La maniobra, que puede parecer complicada de realizar, no lo es sin embargo, y en la práctica se efectúa con bastante rapidez.

Una vez colocadas en su lugar las columnas y las trabes, se procede al armado de los nodos correspondientes. Esta actividad se traslapa con la maniobra de montaje de los demás elementos de la estructura para evitar tiempos muertos. El armado de los nodos consiste en lo siguiente: se conecta el acero positivo de las trabes por medio de estribos interiores, se habilita el acero negativo correspondiente de cada trabe, lo cual representa una ventaja ya que este acero es continuo y se sujeta por medio de estribos abiertos previamente ahogados en las trabes. Finalmente se colocan los ganchos que, pasando a través de los ductos dejados en las trabes, abrazan el acero principal de las columnas, haciendo la función de estribos. Una vez terminado el armado de los nodos se procede a su cimbrado y colado; si la geometría de las trabes lo permite, se pueden fabricar cimbras metálicas para agilizar el proceso y bajar los costos. para el colado se utiliza concreto de la misma resistencia que las columnas on estabilizador de volumen .

El montaje de las losas prefabricadas o el sistema de piso que se esté empleando se puede realizar antes o después del colado de los nodos, dependiendo del diseño de las trabes. Únicamente se recomienda colar los nodos de los niveles inferiores antes de montar las losas de los niveles superiores, por seguridad de la estructura.

#### Resultados obtenidos e innovaciones futuras

La utilización de la conexión columna-trabe para elementos prefabricados propuesta en este trabajo tiene muchas ventajas sobre las utilizadas hasta ahora en el mercado. Ventajas en la fabricación, el transporte, montaje, tiempo, costo y seguridad estructural, que la hacen una herramienta muy poderosa para el desarrollo y repunte de las estructuras prefabricadas en el futuro.

Las que siguen son algunas de las obras donde se ha empleado esta conexión con excelentes resultados: Centro Nacional de Metrología en Zanfandila, Querétaro, Megacomercial Mexicana en Tlatelolco, Distrito Federal, centro comercial Auchan en Coyoacán, Distrito Federal, y Laboratorios Syntex-Roche en Civac, Morelos.

Una de las innovaciones que se tienen en mente, en espera de su estudio, es la de colocar a través de todas las trabes un eje y, en el mismo nivel, un postensado centroidal que se ancle en las columnas extremas de cada marco, inyectando únicamente los cuartos centrales del claro de cada trabe y tensando cada cable con una fuerza menor al 50 por ciento de su capacidad. Lo que se busca con este postensado es que, cuando se presenten los desplazamientos debidos a un sismo, los cables tengan la suficiente capacidad de deformación para tomarlos y no romperse y así, al terminar el sismo, todos los elementos recobren su posición original, cerrándose las fisuras que se pudieran

presentar. Debe tomarse en cuenta que este postensado adicional aumentará considerablemente el precio de la conexión, por lo que únicamente se utilizaría en obras especiales, donde los desplazamientos laterales sean considerables.

Es de suma importancia mencionar que próximamente realizaremos junto con el Cenapred una serie de pruebas de laboratorio para estudiar el desempeño de la unión, lo cual nos permitirá contar con una gran cantidad de información adicional respecto al comportamiento de cada uno de los elementos que la forman. Lo anterior nos permitirá perfeccionar aún más la conexión y probablemente disminuir los tiempos de ejecución con el consecuente ahorro de tiempo y costo.

## Referencias

GONZÁLEZ CUEVAS, Oscar M. y Francisco Robles, "Aspectos fundamentales del concreto reforzado", 1986.

INSTITUTO MEXICANO DEL CEMENTO Y DEL CONCRETO, "Detalles de conexiones para edificios de concreto de elementos presforzados precolados", 1966.

———, "Diseño de conexiones de elementos prefabricados de concreto", 1976.

———, "Diseño de vigas de concreto presforzado", 1981.

*Memorias del X Congreso Nacional de Ingeniería Estructural*, "Conexión trabe-columna de elementos prefabricados sin pernos ni soldadura", Mérida, México, 1996, pp. 86-95.

NILSON, Arthur H., "Diseño de estructuras de concreto presforzado", 1982.

PRESTRESSED CONCRETE INSTITUTE, "Design and typical details of connections for precast and prestressed concrete", 1988.

El contenido de este artículo fue tomado de la *Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica* y se publica con la autorización de los autores.

Los ingenieros René Carranza y Raúl Martínez son respectivamente director general y gerente de proyectos de Servicios y Elementos Presforzados, S.A. de C.V.; el doctor Eduardo Reinoso es investigador del Instituto de Ingeniería de la UNAM.

Cuadro 1. Comparación de grupos de conexiones



## **Primer Foro Interamericano para la Promoción y el Desarrollo de los Pavimentos de Concreto Hidráulico**

Durante cuatro días, representantes de 19 países de América a los que se sumaron España y Portugal, se reunieron en la ciudad de México, convocados por la Ficem, en un encuentro que organizó el IMCYC. El objeto era intercambiar conocimientos y experiencias en torno a la promoción y el desarrollo de las nuevas tecnologías de pavimentos que abren un panorama prometedor a la industria del cemento y del concreto. Los resultados fueron sencillamente estupendos.

(TEXTO DEL ARTÍCULO:)

Por decisión de la Federación Interamericana del Cemento, México fue la sede del Primer Foro Interamericano para la Promoción y el Desarrollo de los Pavimentos de Concreto Hidráulico que se efectuó los días 27, 28, 29 y 30 de mayo en la ciudad capital.

El encuentro contó con la presencia de 362 asistentes, buena parte de los cuales provenían de otros países. Entre las delegaciones más numerosas se contaron las de Colombia, con 40 personas, la de Brasil con 26, la de Guatemala con 14, la de Argentina con 12 y la de El Salvador con 10.

El intercambio que se dio fue muy rico y fructífero, y como corolario se despertó el interés en la delegación brasileña para llevar a cabo el segundo foro en su país el próximo año. El IMCYC, por su parte, propuso un foro permanente sobre pavimentos de concreto en su página de Internet, iniciativa que fue muy bien acogida por los asistentes.

La inauguración de los trabajos

El Foro fue inaugurado por el Secretario de Comunicaciones y Transportes, licenciado Carlos Ruiz Sacristán, a quien acompañaron en el presidium el licenciado Luis Martínez Argüello, presidente del IMCYC, el ingeniero Omar Ortiz Ramírez, director general de Carreteras Federales, el ingeniero Manuel Rodríguez Morales, subsecretario de Infraestructura, el ingeniero Juan Manuel Orozco y Orozco, director general de Servicios Técnicos de la SCT, el ingeniero Héctor Velázquez Garza, tesorero del IMCYC, el ingeniero Daniel Méndez de la Peña, vicepresidente del IMCYC, el arquitecto Heraclio Esqueda Huidobro, director general del IMCYC y el ingeniero Luis Ramón Lignán, presidente del CICM.

En su discurso, el licenciado Ruiz Sacristán habló sobre el desarrollo de los pavimentos hidráulicos en México, las circunstancias que lo motivaron y los resultados que se han obtenido al presente.

Sobre los dos primeros aspectos dijo:

"En México, a diferencia de algunos países, el uso de los pavimentos de concreto hidráulico se generalizó hace pocos años.

"En 1920 se utilizó concreto hidráulico para la construcción del Camino al Desierto de los Leones, la avenida Reforma y otras vialidades de la ciudad de México. Sin embargo, fue en 1993 cuando en realidad se inició su uso generalizado para apoyar el desarrollo de la infraestructura carretera nacional.

"Por décadas, siendo México un país productor de petróleo, se aprovechó el subsidio que se otorgaba a los asfaltos para utilizar este material para la construcción de carreteras.

"En años recientes, debido a la eliminación de estos subsidios y gracias a la nueva tecnología que se ha desarrollado para la colocación del concreto hidráulico, se ha extendido el uso de este pavimento para la construcción y ampliación de nuestras carreteras, pues con ello obtenemos, en muchos casos, menores costos de conservación, ahorros en combustibles para vehículos pesados, el mejoramiento de las superficies de rodamiento y mayor seguridad.

"La creciente utilización del concreto hidráulico también se ha debido, sin duda, al empuje de sus promotores, entre los que destacan los organizadores de este importante Foro. De hecho, la gran labor de promoción y difusión tecnológica que los fabricantes de cemento realizaron en torno a los pavimentos de concreto hidráulico ha sido determinante para la adopción y el dominio de esta nueva tecnología.

"Nuestros ingenieros en vías terrestres, con todo y su gran experiencia en otros tipos de pavimento y del conocimiento mismo que tenían sobre los pavimentos de concreto hidráulico, carecían de la experiencia necesaria para organizar el apropiado aprovechamiento de las nuevas tecnologías que se estaban generando.

"En este campo, desde hace más de cinco años, la participación de Cementos Mexicanos y del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto ha sido decisiva. Los seminarios técnicos que han organizado y en los que han participado autoridades, proyectistas, constructores, fabricantes de cemento y de equipo, investigadores, así como especialistas en conservación de carreteras han coadyuvado —en mucho— a la generalización de los conocimientos necesarios para asegurar el buen manejo de la tecnología del concreto hidráulico en México.

"Gracias a este esfuerzo, nuestros ingenieros han alcanzado el conocimiento necesario y la familiaridad en el diseño, la construcción y la conservación de pavimentos de concreto hidráulico para aplicaciones en carreteras, lo que permite asegurar que esta tecnología habrá de seguirse utilizando de manera intensiva en nuestro país."

Al enunciar los resultados alcanzados, precisó:

"De la experiencia que hemos obtenido hasta la fecha, nos hemos dado cuenta de que en aquellas carreteras con altos aforos, el costo adicional que invertimos se compensa con los ahorros derivados de la disminución en los gastos de mantenimiento.

"También nos hemos dado cuenta de que la utilización del concreto hidráulico se ha traducido en mejoras significativas en la seguridad de los caminos.

"Asimismo, que el aprovechamiento de esta tecnología nos ha permitido construir y mejorar carreteras con una mayor vida útil.

"También aprendimos que en muchos países –como el nuestro– en donde se está haciendo un gran esfuerzo para construir más carreteras y en donde los gastos de conservación van aumentando, el utilizar concreto hidráulico es una solución parcial para resolver esta creciente necesidad de recursos.

"Es por ello que, desde 1993 –año en que se construyó el primer tramo nuevo en la carretera Yautepec-Jojutla en el estado de Morelos– en México se ha emprendido una importante labor de construcción de pavimentos de concreto hidráulico.

"Como resultado de esta labor, en la actualidad, la red carretera nacional cuenta con más de mil kilómetros de carriles equivalentes de concreto hidráulico en operación; se construyen otros 980 kilómetros de estos carriles; y se tiene previsto iniciar en este año 253 kilómetros de carriles equivalentes.

"Entre los tramos en operación más importantes destacan algunas secciones en la autopista Guadalajara-Tepic, así como tramos modernizados en la carretera Querétaro-San Luis Potosí, San Luis Potosí-Matehuala y Pirámides-Tulancingo.

"La utilización de esta técnica y del concreto hidráulico ha abarcado todo tipo de trabajos.

"Con concreto hidráulico se han construido y se están construyendo carreteras nuevas, como es el caso de la carretera Cárdenas-Agua Dulce en el estado de Tabasco.

"También, se ha repuesto el pavimento en uno de los tramos con mayor intensidad de uso de nuestra red carretera, como es el caso del tramo Palmillas-Querétaro.

"Asimismo, lo estamos utilizando para tramos en zonas turísticas, en los cuales el concreto hidráulico resalta los atractivos naturales del entorno, como es el caso de las carreteras Cancún-Tulum y la que va de Ixtapa a Zihuatanejo y al aeropuerto de esa ciudad."

En la parte final de su discurso, el Secretario aludió a los pavimentos asfálticos y a las razones de su empleo en nuestro país. Dijo:

"También continuamos utilizando pavimentos asfálticos. Debemos tener presente que el asfalto– así como el cemento– son materiales abundantes en nuestro país, y alrededor de los cuales se ha desarrollado todo un parque de maquinaria y tecnologías que tendremos que seguir aprovechando.

"Eso es quizá un punto fundamental que habrá de discutirse en este Foro. El saber en qué condiciones –de acuerdo con las características de cada país– debieran aprovecharse las ventajas de cada tecnología para beneficio de la infraestructura carretera de nuestras naciones.

"De lo que estoy seguro es que todos queremos mejores carreteras. Más seguras y más modernas. Que sean más resistentes y durables. Que cuenten con mejores superficies de rodamiento. Y que además requieran –por su calidad– menores recursos para su conservación y mantenimiento."

A continuación hizo uso de la palabra el licenciado Luis Martínez Argüello, quien dio la bienvenida a los asistentes en nombre del Instituto y de la Federación Interamericana del Cemento. Luego se refirió a los fines del Instituto mexicano del Cemento y del Concreto, a la tradición constructora de México y al papel que han cumplido el cemento y el concreto en la arquitectura e ingeniería mexicanas de la época moderna, así como a la perspectiva que abre a estos materiales la modernización de la infraestructura del transporte que conlleva el proceso de globalización que ha alcanzado a Latinoamérica.

Estas fueron sus palabras:

"El Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto es una asociación dedicada a la investigación, la enseñanza y la difusión de las técnicas de aplicación del cemento y del concreto. Fundado en 1923 gracias a la dinámica y activa participación de los fabricantes de cemento, sus objetivos fundamentales son los de servir como órgano de información y consulta a los profesionales de la construcción, así como promover y divulgar el uso más racional del cemento y del concreto, fomentando la creación de industrias basadas en la transformación de estos materiales. Esta misión es similar en el nivel interamericano para la Federación Interamericana del Cemento.

"México cuenta con una tradición constructora desde tiempo inmemorial; muestra de ello son las fantásticas construcciones legadas a los mexicanos por los olmecas, toltecas y mayas, zapotecas, mixtecas y aztecas. En esas obras, los cementantes fueron de uso común. Teotihuacán, Tajín, Palenque, Uxmal, Chichén Itzá, Tula, Montealbán y Mitla son sólo algunos ejemplos de este extraordinario legado que forma parte indiscutible de la cultura de los mexicanos. De igual manera, los mayas nos legaron un mensaje en su lengua que se traduce como "camino blanco"; los acteos eran caminos construidos con lajas de piedra blanca que comunicaban sus ciudades. Una de estas obras de infraestructura, de tres metros de ancho y cerca de cien kilómetros de largo, puede aún apreciarse partiendo de Cobá, conjunto arqueológico maya muy cercano a Cancún.

"En el México moderno, la arquitectura e ingeniería mexicanas se encuentran entre las primeras del mundo. En México, el cemento y el concreto son utilizados plenamente en todo tipo de construcciones y edificaciones. El polvo mágico, como conocemos al cemento, se transforma en esa maravillosa piedra moldeable que es el concreto y se convierte en nuestro permanente, silencioso y discreto compañero. Así, los mexicanos, al igual que todos los latinoamericanos, desde que nacemos vivimos acompañados de este material: el hospital en que nacemos, la casa en que vivimos, las escuelas y universidades en las que nos educamos, los estadios y teatros en que nos divertimos, los templos en los que oramos, la infraestructura de la que nos valemos para nuestra transportación, desarrollo y progreso, la fábrica y la oficina en la que trabajamos, todas ellas están construidas con concreto, material

que interviene en todo y poco nos damos cuenta, material de enorme valor en nuestra vida diaria. El uso de este material es similar en toda América Latina: la globalización, el progreso de nuestros países, la competitividad a la que nos vemos sometidos hoy día, requieren una mejora estructural y una modernización de nuestra infraestructura.

"Los pavimentos de concreto hidráulico son una excelente alternativa para ello, tanto en el nivel de carreteras como en el de pavimentos urbanos. En México hemos venido trabajando desde hace varios años en una colaboración muy estrecha con la Secretaría de Comunicaciones y Transportes para el desarrollo de caminos de altas especificaciones con pavimentos de concreto hidráulico. Gracias a la progresista actitud y plena apertura de las autoridades de esa Secretaría, se ha tenido la oportunidad de construir del año 1994 al día de hoy, el equivalente a 2 mil 600 kilómetros-carril aproximadamente.

"La tecnología de pavimentos de concreto hidráulico ha permitido a los responsables de la planeación, el diseño y la construcción de carreteras en nuestro país, contar con un material alternativo adicional, modificando así la costumbre de los últimos 60 años de pavimentar carreteras exclusivamente con asfalto. La competencia a la que se ve sometido el concreto es muy agresiva, pero no olvidemos que en innumerables países de todo el continente, aumenta día con día el número de kilómetros de pavimentos construidos con buen éxito con este material, con conocimiento, tecnología y, sobre todo, tenacidad.

"Todo es posible, en este Primer Foro Interamericano para la Promoción de Pavimentos de Concreto Hidráulico tendremos la oportunidad de conocer el progreso alcanzado en varios países de América Latina en este tipo de pavimentos. Sean ustedes bienvenidos a este evento con nuestros mejores deseos de que el mismo sea benéfico para su diaria actividad y diviértanse mucho en esta región de gente hospitalaria y progresista."

#### El intercambio de experiencias

La presentación de las ponencias elaboradas por los participantes de distintos países comenzó con el ingeniero Carlos Jofré Ibáñez, director técnico del Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, quien se refirió a las "Posibilidades del empleo del cemento para la rehabilitación de pavimentos existentes".

La exposición enfocó dos de las posibilidades ofrecidas por el cemento en la rehabilitación de pavimentos existentes: los refuerzos con concreto compactado y el reciclado, ambas de gran interés para carreteras sometidas a tránsito no demasiado elevado. Las dos técnicas tienen un costo reducido y permiten abrir casi inmediatamente a la circulación el pavimento rehabilitado.

En el primer caso, afirmó el ingeniero Jofré, el concreto puede ser fabricado en plantas de concreto convencional y extendido por empresas dedicadas habitualmente a la ejecución de pavimentos asfálticos. Por otra parte, los espesores dispuestos y el buen soporte que proporciona el pavimento existente permiten compactar con gran facilidad el concreto, obteniéndose como resultado final un material de resistencia incluso superior a la de un concreto vibrado con un contenido de cemento similar, y con una gran durabilidad.

En cuanto al reciclado con cemento de pavimentos agotados, afirmó el ponente que el mismo permite transformar estos últimos en estructuras resistentes, estables y homogéneas de una manera fácil, rápida y limpia. El consumo de agregados nuevos es prácticamente nulo, lo cual es de gran interés desde el punto de vista de la conservación de los recursos naturales.

El ingeniero Carlos A. Ossa Moreno, director ejecutivo del Instituto Colombiano de Productores de Cemento, expuso sobre "Nuevas Experiencias en la Promoción de Pavimentos de Concreto en Colombia".

Analizó una experiencia promocional muy amplia realizada en su país, los resultados obtenidos hasta el momento y las dificultades que se vislumbran hacia el futuro.

Señaló que, a diferencia de lo que sucede en Colombia, en el nivel mundial los pavimentos de concreto son ampliamente utilizados, y que hoy se cuenta con una tecnología muy evolucionada y ampliamente difundida, con innovaciones importantes que dan por resultado rendimientos constructivos diarios significativos, con propuestas y soluciones tecnológicas eficientes para resolver problemas tradicionales, estructurales o constructivos especiales de los mismos pavimentos rígidos, con materiales, aditivos y productos que dan al concreto la posibilidad de aportar soluciones a problemas que hace algunos años eran insolubles.

Hizo hincapié en que la propuesta promocional de los pavimentos de concreto está hecha con base en la más moderna tecnología, brindando todos los soportes necesarios para que entidades públicas, diseñadores, contratistas, concesionarios, agremiaciones, universidades, público en general comprendan que la industria colombiana del cemento está comprometida en la adaptación al país de esa tecnología y que quiere encontrar socios para hacerla una realidad en beneficio de todos.

Dicha propuesta se dirige a todos los relacionados con el tema vial: la entidad vial, los concesionarios, los contratistas, los diseñadores y la comunidad. Les ofrece estudiar los proyectos y presentar y discutir propuestas técnicas y económicas atractivas con base en los pavimentos de concreto.

Afirmó que la industria del cemento ha estudiado y puesto en práctica más de 25 formas de vincularse técnica y económicamente con los proyectos de pavimentación, para hacer realidad en el medio la más seria y competitiva alternativa de pavimentación existente en el mundo, para lo cual ha conformado un importante equipo de asesores comerciales y técnicos, se compromete a introducir en el país la más moderna tecnología de pavimentación y está dispuesta a brindar todo el soporte necesario.

Bolivia estuvo representada por el ingeniero Marcelo Alfaro, quien es gerente técnico del Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón. Su ponencia, que se tituló "Carpeta de concreto sobre empedrado; economía en base a mano de obra y piedra natural", trató sobre una técnica que se está utilizando en ese país, especialmente en la ciudad de Cochabamba donde, a diferencia de pavimentos similares en otros países, se lanzó la idea de colocar y compactar los empedrados expresamente para realizar el posterior vaciado de la carpeta de hormigón, en

lugar de utilizar empedrados existentes como "capa base".

El ponente hizo una descripción de la técnica y de los estudios realizados y en proceso sobre la misma. Dijo que la adherencia piedra-hormigón ha sido probada mediante la extracción de probetas testigo (corazones). Afirmó que la técnica, correctamente utilizada, permite la reducción del volumen de hormigón necesario gracias a la incorporación de mano de obra y piedra natural o partida.

Consideró que en los países con problemas de desempleo, créditos condicionados al empleo de mayor cantidad de mano de obra y en zonas donde existe piedra en abundancia, puede ser una solución apropiada que requiere poca tecnología y significa un considerable ahorro de materiales y mayor empleo de mano de obra.

Concluyó que, a pesar del volumen de trabajo realizado hasta la fecha y lo alentador de los resultados obtenidos, éstos no dejan de ser experimentales por el poco tiempo transcurrido (de tres a cuatro años), y que no se ha considerado la adición de acero para barras pasajuntas o mallas antifisuras –aspectos que podrían ser interesantes para niveles de tránsito mayores o elevadas cargas por eje– debido al incremento del costo que supone.

Por Argentina, el ingeniero Marcelo Dalimier, del Instituto del Cemento Portland Argentino, expuso sobre "Pavimentación con equipos de alto rendimiento, la experiencia de la Ruta 127". En su intervención refirió la experiencia obtenida en el asesoramiento sobre el empleo de tales equipos en la construcción de los tramos de la Ruta Nacional 127 que unen las localidades de Federal, provincia de Entre Ríos y Empalme con la Ruta 14, provincia de Corrientes.

La ponencia analizó en forma comparada los resultados alcanzados con las diferentes alternativas de equipos que se utilizaron en distintos tramos. Discutió las consideraciones que se deben efectuar en el momento de la selección de un tipo particular de equipo, y también la determinación de la logística de obra necesaria para optimar su rendimiento. Incluyó la tecnología del hormigón y sus materiales componentes, así como el criterio adoptado en la dosificación de mezclas, con un breve análisis relativo a las especificaciones empleadas. Estableció un análisis comparativo de los beneficios económicos que derivan del empleo de equipos de alto rendimiento para la ejecución de pavimentos de hormigón.

La conclusión más relevante del informe fue que la tecnología en él descrita es muy confiable y que permite alcanzar óptimos resultados, pero debe encararse como una industria automatizada por distintos procesos y etapas constructivas, los que deben coordinarse en forma óptima para garantizar los resultados esperados de calidad, rendimiento y economía.

El ingeniero Eddy Bravo Trejos, director ejecutivo de la Industria Nacional del Cemento y Cementos del Pacífico, de Costa Rica, habló sobre "La promoción de las carreteras de concreto hidráulico en Costa Rica".

Después de aludir al estado de deterioro de las carreteras de su país, el ponente se refirió a un programa establecido por Cementos INCSA con el fin de promover la construcción de

pavimentos rígidos en las principales rutas del sistema vial costarricense. Dicho programa, que ha contado con el apoyo de la Asociación del Capítulo Costa Rica del American Concrete Institute (ACI), realizó un diagnóstico de los obstáculos existentes para la construcción de los pavimentos rígidos en el país. Algunas de las circunstancias importantes que se reconocieron entonces fueron: a) falta de capacitación y conocimiento en el personal del Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT), la entidad responsable de la red vial, b) extendido prejuicio de que las carreteras de concreto son muy caras, c) empresas constructoras bien equipadas y con conocimientos tecnológicos para construir en asfalto y con ninguna experiencia ni equipo para construir carreteras en concreto, d) compromisos políticos, aunados al estigma del alto costo inicial, que lleva a construir hoy más kilómetros de carreteras de asfalto a un precio inicial más barato y pasar la responsabilidad del mantenimiento a las siguientes administraciones, y e) licitación de carreteras sólo en asfalto, sin dar espacio al concreto.

En esas circunstancias, y luego de realizar un estudio del MOPT que reconoció la falta de capacitación del personal de distintas áreas en materia de pavimentos rígidos, se inició un programa de cursos gratuitos sobre el diseño y la construcción de pavimentos de concreto hidráulico, y sobre el impacto de los costos en el ciclo de vida, para todo el personal relacionado con carreteras. Fue el inicio de una labor de difusión y capacitación que ha estado apoyada por una serie de seminarios dictados por expertos de distintos países y la publicación de 29 documentos del ACI, Capítulo de Costa Rica.

Luego de mencionar otras acciones emprendidas, el ingeniero Bravo Trejos señaló como un paso fundamental para el futuro asegurar el asesoramiento técnico por medio de organismos o empresas con gran prestigio en la materia, para lograr una alta calidad en la puesta en obra del hormigón.

Brasil aportó su experiencia con la ponencia del ingeniero Márcio Rocha Pitta, asesor técnico de la presidencia de la Asociación Brasileira de cemento Portland. El tema fue la "Adecuación de la tecnología de los *whitetopping* a las condiciones brasileñas".

La ponencia trató sobre una investigación que se desarrolla en Brasil respecto a las características que deben tener los pavimentos de concreto del tipo *whitetopping* en ese país, de manera de adecuar la tecnología a las exigencias y particularidades de los pavimentos flexible allí construidos, y también a otras condiciones como son el clima y la flota vehicular. El producto final, que deberá estar disponible en julio-agosto de 1998, serán manuales de materiales, diseño, construcción, control de calidad, operación y seguimiento de los *whitetopping* en Brasil, más las correspondientes normas y especificaciones oficiales.

Señaló el expositor que los puntos principales de los trabajos se refieren a estudios de materiales (agregados, cementos, concretos, fibras, aditivos), medición de tensiones, deformaciones, desplazamientos y temperatura, evaluación de los efectos de diferentes niveles de tráfico en términos de fatiga y erosión y dimensiones de losa. Dijo también que el pavimento recibió instrumentación adecuada y se le aplica periódicamente el *Falling Weight Deffectometer*.

La ponencia presentó las bases de la investigación y los resultados parciales ya alcanzados.

A su turno, Portugal se hizo presente con la exposición del ingeniero Antonio Pinelo, representante de la Asociación Técnica de la Industria del Cemento, quien se refirió a la "Evolución en Portugal del empleo del concreto en carreteras".

El contenido de la ponencia incluyó los pavimentos carreteros antes de 1985, discriminando entre flexibles y rígidos; las modificaciones a la política de pavimentos en 1985, exponiendo la razones del cambio y las medidas relativas al proyecto y la construcción; la estructura del pavimento de concreto, analizando pavimentos rígidos, pavimentos semirrígidos, el tratamiento del suelo de cimentación (suelo-cemento) y cómo se comenzó (pavimentos rígidos), y por último, el proyecto de pavimentos de concreto, considerando el comportamiento y los mecanismos de falla, el tránsito (efecto de las sobrecargas), la capacidad de carga de la losa, las condiciones climáticas, las características de los materiales de las capas y el modelo de cálculo: condiciones de adherencia.

El ingeniero Rodrigo Biskupovic Abarzua, del Instituto Chileno del Cemento y el Hormigón, hizo una presentación que tituló "Software para la Evaluación de Pavimentos", donde expuso acerca de una nueva herramienta para simulación, evaluación y administración de pavimentos llamada *Pavement Evaluator*. Explicó que el sistema permite conocer el comportamiento en el tiempo de los pavimentos tanto de hormigón como de asfalto, estimando las intervenciones necesarias para mantener el camino en el periodo de vida útil para el que se ha diseñado, y entregando los flujos económicos del proyecto desde un punto de vista privado y social (considerando ingresos por peaje y estimando los consumos de recursos de los vehículos usuarios de la vía). Asimismo, permite conocer la vida remanente de los pavimentos previamente existentes y, de ser el caso, las actividades de conservación necesarias para su rehabilitación.

Por México hubo una serie de participaciones, que inició el licenciado Luis Martínez Argüello, director de Proyectos especiales de Cemex, con su ponencia sobre "Fundamentos de la promoción de los pavimentos de concreto hidráulico, caso México".

La exposición inició con algunas consideraciones generales sobre la construcción de la red principal de carreteras mexicanas y luego se centró en el desarrollo de los pavimentos de concreto hidráulico, cuyo inicio se ubicó en 1993 conjuntamente con una serie de acciones tales como selección de tecnología de punta, inversión en equipo y capacitación, servicio al constructor, además de una labor paralela dirigida al convencimiento de las autoridades en relación con los beneficios de los nuevos pavimentos. El concreto hidráulico se recomendaba para tramos mayores de 10 km, un tránsito vehicular mayor a 10 mil vehículos diarios y un tránsito pesado que superara 25 por ciento.

Se señalaron ciertas ventajas con que contaba la labor de promoción, como era el conocimiento de los mercados de cemento y de concreto. La industria tenía una presencia en el nivel nacional y estaba preparada para producir concreto en cualquier parte del país. Teniendo por delante un mercado virgen y aprovechable, se trataba de buscar la mejor forma

de iniciar con calidad para lograr la permanencia. Se estableció una buena relación con las autoridades, a quienes se brindó asesoría y soporte técnico, mostrando los beneficios a mediano plazo.

Se mencionó también algunas limitantes iniciales que hubo que enfrentar: la carencia de extendedoras y plantas de alto rendimiento, el desconocimiento de los métodos de diseño y la falta de conocimientos sobre la operación. La solución se procuró importando equipos de Estados Unidos y Europa, buscando capacitación técnica en Estados Unidos y Canadá, desarrollando una metodología propia y desarrollando proveedores en México. Se hizo hincapié en la necesidad de mantener altos estándares de calidad y garantizar la evolución y permanencia en el mercado. Para asegurarlo, se creó el Círculo de Calidad de los Pavimentos Rígidos, un organismo integrado por la AMIVT, la SCT, las empresas Cemex, ICA, Tribasa y Geosol, y el IMCYC.

La exposición aportó datos estadísticos y gráficas que ilustraron la evolución del número de plantas, de pavimentadoras y de empresas en el país entre 1993 y 1997, así como del volumen de concreto en carreteras, ampliándose los datos en este caso hasta 1998. Se presentó también la relación de proyectos de construcción de carreteras realizados entre 1993 y 1994, 1995 y 1996, 1997 y 1998, con datos de volumen de concreto empleado por año.

El ingeniero Omar Ortiz Ramírez, director general de Carreteras Federales de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, se refirió a "El uso de pavimentos de concreto hidráulico en la red carretera mexicana".

La ponencia se centró en los criterios que se han seguido para el proyecto y construcción de los pavimentos de concreto que en tramos de carreteras interurbanas se han realizado en México desde noviembre de 1993 hasta mayo del presente año.

Señaló que son dos los tipos de pavimento rígido que se han utilizado: de concreto con pasajuntas (JRCP), que constituye 92 por ciento de la longitud total, y de concreto simple (JCP), el resto. Se indicaron algunas características en cuanto a espaciamiento de las juntas, sellado plástico de las mismas, acotamientos, drenaje del pavimento y diseño de la mezcla de concreto.

Indicó que los criterios para seleccionar los tramos en que se construirán pavimentos de concreto son los siguientes: a) tránsito: se han elegido carreteras con volúmenes grandes de tránsito y porcentaje alto de vehículos pesados; b) topografía: se han preferido tramos en zonas sensiblemente planas o en lomerío suave; c) terreno natural: se ha limitado la colocación de este tipo de pavimentos sobre suelos blandos, cuando menos en la primera etapa; d) terracerías: debido a las normas vigentes, el cuerpo de las terracerías de cualquier carretera de primer orden se forma con materiales de buena calidad, con resistencia medida en la prueba de VRS saturada mayor al 15 por ciento y grados de compactación de 90 a 95 por ciento.

En cuanto a los procedimientos constructivos, dijo que, de acuerdo con las tendencias del

país, las empresas constructoras mexicanas han tomado la decisión de adquirir equipos de alto rendimiento para la pavimentación con losas de concreto, lo que ha facilitado el proceso constructivo.

Informó que, a la fecha, se tienen en operación o en construcción un total de 2,267 km-carril de pavimentos rígidos, y que el programa de los ejes troncales de 1998 al año 2000 contempla trabajar en casi 4,000 km de caminos que requieren reforzar su estructura o su alineamiento, por lo que al menos la mitad de ellos serán de concreto hidráulico.

El ingeniero Luis Miguel Aguirre Menchaca, presidente del Comité de Pavimentos Rígidos del IMCYC, expuso sobre "Avances del Comité de Pavimentos de Concreto del IMCYC".

Luego de referirse a las actividades que desarrolla el Comité de Pavimentos de Concreto creado por el IMCYC en 1996, expuso sobre la experiencia que en México se ha logrado acumular en el campo de los pavimentos de concreto hidráulico en aeropuertos.

Comparó los más de treinta años que lleva el desarrollo de los pavimentos hidráulicos en la red aeroportuaria con los cuatro que corresponden a la mayor parte de kilómetros de la red carretera construidos con dicha técnica.

Señaló que la red aeroportuaria mexicana se encuentra posiblemente entre las diez más extensas del mundo; que cuenta con 68 terminales aéreas de las cuales 57 son manejadas por el organismo descentralizado denominado Aeropuertos y Servicios Auxiliares (ASA). De la red ASA, en 10 aeropuertos los pavimentos se construyeron íntegramente con concreto hidráulico simple (pista, rodajes y plataforma principal) y en otros 14, sólo en forma parcial (generalmente plataforma, calles de rodaje y cabeceras de pista). En algunos casos se construyeron pistas con pavimento mixto. Sólo en un caso y a manera experimental, se utilizó en la plataforma principal y en las calles de rodaje, secciones de pavimento presforzado y reforzado (en Mexicali, Baja California).

Indicó que los métodos de diseño aplicados fueron básicamente los desarrollados hasta entonces (segundo lustro de los años sesenta) por la Portland Cement Association (PCA), matizados por la experiencia profesional de los ingenieros responsables de los proyectos. Y manifestó que el comportamiento ha sido en general ampliamente satisfactorio puesto que, con algunas variantes, los costos de mantenimiento y rehabilitación han resultado razonablemente moderados e incluso de muy baja cuantía.

El ingeniero Héctor Velázquez Garza, director general de Pavimentos Mexicanos de Concreto, habló sobre "Experiencias en la construcción de carreteras; pavimentos mexicanos de concreto".

Durante su exposición fue señalando aspectos importantes que se deben tener en cuenta durante la construcción de los pavimentos de concreto. Mencionó los siguientes: verificar la no reactividad de los agregados; localización de planta (minimizar acarrees); contar con una buena logística en planta para garantizar una producción diaria de 2, a 2,800 m<sup>3</sup> de concreto, la

cual implica 900 t de cemento, 550,000 l de agua, 2,100 m<sup>3</sup> de grava, 1,500 m<sup>3</sup> de arena y, por lo tanto, un fuerte movimiento de camiones para entrada de materiales y salidas del concreto. El tránsito total calculado para una producción de 2,800 m<sup>3</sup> en 10 horas incluye 4 pipas de cemento, 68 camiones de agregados, 429 acarreos de concreto, lo cual da un total de 501 vehículos-viajes, es decir, casi un vehículo por minuto.

Para el tendido de línea guía, dijo, se requiere precisión topográfica, que es importante para mantener espesores de proyecto y pieza fundamental para lograr un buen perfil. Comentó que es la parte más incomprendida de la operación.

En la colocación de pasajuntas recomendó engrasar previamente las pasajuntas y alinearlas y fijarlas adecuadamente a la base.

Hizo hincapié en evitar en lo posible los tiempos muertos, establecer un tramo suficiente para no tener que parar y lograr un avance promedio diario de 1.0 a 1.5 km. Se debe asegurar un suministro constante y continuo de concreto con resistencia y buena trabajabilidad, dijo.

Para el microtexturizado aconsejó humedecer constantemente el yute y evitar que se formen surcos en la superficie. Para el texturizado transversal, hay que conocer el momento exacto para entrar a texturizar y cumplir la especificación de 3 a 6 mm de penetración.

En el corte con disco, recomendó utilizar discos con diseño apropiado, realizar una señalización adecuada de juntas y hacer una buena distribución de juntas frías. Dijo que el corte anticipado ocasiona despostillamiento y el corte tardío, agrietamiento.

Para medir el perfil, aconsejó realizar mediciones de acuerdo con las normas y evitar penalizaciones, buscar calidad e incentivos.

Como conclusión general, afirmó que la calidad en la construcción es el aspecto más importante para que un camino opere adecuadamente durante toda su vida útil.

El ingeniero Salvador Aguilar Verduzco, gerente técnico de Marnhos hizo una exposición que tituló "Experiencias en la construcción de carreteras; Marnhos". Hizo una reseña de las obras ejecutadas por esa empresa, de las que se hallan en proceso y de las que están por iniciar, y se refirió especialmente a la autopista Palmillas-Querétaro. Los aspectos principales que trató fueron los criterios para la selección del equipo de pavimentos de concreto y para la selección de la ubicación de la planta en la producción del concreto, los puntos críticos en la producción del concreto premezclado en la planta central, la sub-base y los puntos críticos en el proceso constructivo de pavimentación, los tipos de juntas en el pavimento así como los tipos de corte, la aplicación de los materiales de sello y la colocación del sello en sitio, los tipos de texturizado y los requisitos de un buen curado. Hizo también una revisión de las actividades que deben hacerse en el inicio de la pavimentación y de los cuidados que deben tenerse en la instalación de la línea guía.

El ingeniero Marcos Ramírez Rivera, gerente técnico de Ventas del Grupo Cementos de

Chihuahua, división México, habló sobre "Experiencias mexicanas en la promoción y construcción de pavimentos urbanos, caso Chihuahua".

La ponencia se centró en un programa integral de promoción realizado en 1992 en el estado de Chihuahua con el objeto transformar las ciudades mediante la implantación de una nueva cultura de urbanización que contemplara nuevos esquemas de operación y construcción de vialidades urbanas.

El programa integral de promoción incluía las siguientes estrategias: 1) investigación de lugares con programas exitosos de pavimentación de concreto hidráulico; 2) conocimiento y divulgación de las ventajas de los pavimentos rígidos ante las personas que toman decisiones; 3) adaptación, promoción y aplicación de un programa exitoso de pavimentación; 4) apoyo de proyectos de planeación urbana; 5) investigación y aplicación de nuevas tecnologías; 6) promoción de pavimentos en fraccionamientos públicos y privados; 7) promoción de programas adicionales de vialidades, y 8) apoyos con precios promocionales de concreto.

En los marcos de aplicación del programa, dijo, se realizaron a partir de 1993 tramos de capa ultradelgada de concreto, con promedios de seis centímetros, que están actualmente en funcionamiento sin problemas. Comentó que actualmente se han concluido 20 mil m<sup>2</sup> de *whitetopping* ultradelgado en la ciudad de Delicias y que están en proceso 30 mil m<sup>2</sup> en la ciudad de Chihuahua, y entre finales de 1997 y principios de 1998 se realizaron otros 20 mil m<sup>2</sup> en la ciudad de Cuauhtémoc.

Afirmó que con el apoyo de todas las empresas participantes en los programas de pavimentación, tales como cementeras, concreteras y contratistas, se ha logrado un costo inicial muy competitivo con respecto a los pavimentos de asfalto.

Informó que el método constructivo utilizado para la construcción de pavimentos urbanos de concreto hidráulico en las principales ciudades del estado es el de franjas, sin acero de refuerzo y con juntas de control espaciadas de acuerdo con el espesor de la losa, recomendado por la PCA. Los espesores se han diseñado según el método de diseño de las AASHTO y se han verificado con base en el método de diseño de la PCA.

Se han construido en la ciudad de Chihuahua, dijo, un total de 3.4 millones de m<sup>2</sup> de pavimentos rígidos que representan un volumen total de concreto de 500,000 m<sup>3</sup>. En el municipio de Ciudad Juárez se tiene un avance de 2.5 millones de m<sup>2</sup> de pavimentos rígidos, que representan un volumen de 380,000 m<sup>3</sup> de concreto, y en el resto del estado se tienen 2.2 millones de m<sup>2</sup> de pavimento de concreto que representan 330,000 m<sup>3</sup> de concreto hidráulico.

Finalmente, la maestra en ingeniería Cecilia Olague Caballero, coordinadora de la maestría en Vías terrestres de la Universidad Autónoma de Chihuahua, presentó una ponencia elaborada junto con el ingeniero Pedro Castro Borges sobre "Evaluación de pavimentos de concreto hidráulico en base a criterios de durabilidad".

El punto de partida del estudio presentado es la consideración de que en México, las especificaciones de diseño y construcción que se aplican para los pavimentos de concreto no contemplan, por lo regular, la acción del ambiente sobre los pavimentos ni consideran los tipos de suelo que existen en la república y que podrían, en ambos casos, afectar su durabilidad.

En Estados Unidos y en Europa, los pavimentos de concreto son muy utilizados y han sido estudiadas en forma extensiva las características climatológicas y materiales, cosa que no se ha hecho en México, dicen los autores, quienes presentan su trabajo como una propuesta de metodología de evaluación que considera criterios de durabilidad.

Con base en el análisis efectuado sobre el estado de deterioro que presentan los pavimentos de concreto recientemente construidos en México, y considerando los parámetros de durabilidad mencionados, los autores proponen una metodología original para evaluar pavimentos de concreto hidráulico según criterios de durabilidad. Dicha metodología propone la evaluación tomando en cuenta cinco áreas básicas: materiales y concreto, procedimientos de construcción, tipos de carga, efectos ambientales y respuestas que provocan en el pavimento.

Conclusiones de las mesas de trabajo. Al final de la sesión de cada día se hizo un resumen de las ponencias y se extrajeron las conclusiones de lo expuesto. Los participantes coincidieron en los siguientes puntos:

- . El reciclado con cemento es una técnica de gran interés para la rehabilitación de todo tipo de carreteras.
- . En los países con problemas de desempleo, créditos condicionados al empleo de mayor cantidad de mano de obra y en zonas donde abunda la piedra, la técnica de pavimentos de concreto sobre empedrado puede ser una solución apropiada porque requiere poca tecnología a la vez que implica un ahorro considerable de materiales y un mayor empleo de mano de obra.
- . En la red carretera mexicana, el advenimiento del concreto hidráulico como alternativa rentable ocurrió cuando se tomaron en cuenta los costos totales durante el ciclo de vida de los pavimentos.
- . En la promoción y el desarrollo de pavimentos de concreto hidráulico es necesario seguir un proceso que incluye:
  - a) dar a conocer a todas las partes las características y ventajas de los distintos tipos de pavimentos de concreto hidráulico;
  - b) facilitar las herramientas y la información para que los proyectos sean evaluados adecuadamente;
  - c) generar la promoción de estos pavimentos y, de ser necesario, las visitas a carreteras que los tengan para convencer sobre su comportamiento y bondades;
  - d) vencer los prejuicios y mitos generados en su contra;

- e) cuidar la calidad de los pavimentos que se tiendan para evitar malas experiencias que prevengan contra su empleo en otros proyectos;
- f) aprovechar la oportunidad que ofrece la renovación y adecuación de las carreteras para recibir las nuevas cargas e intensidades de tránsito y ofrecer caminos con mejores características tanto geométricas como estructurales empleando ventajosamente la alternativa del sobrecarpetado de concreto hidráulico (*whitetopping*);
- g) hacer un seguimiento de las obras realizadas para vigilar que se dé un mantenimiento adecuado y llene sus expectativas de vida de servicio, así como no olvidar realizar investigaciones que creen tecnologías adecuadas a cada país y región;
- h) crear las condiciones competitivas para que los constructores estén dispuestos a adquirir y operar los equipos de alto rendimiento;
- i) hacer de esta labor de promoción, investigación, ejecución y mejoramiento una área continua y permanente que permita a todas las partes seguir actualizándose, mejorando e incrementando la capacidad de ser más competitivos a través del tiempo.

Las mesas de consultoría y negocios. Después de las sesiones diarias de exposición de ponencias se reunieron las Mesas de Consultorías y Negocios, un espacio adicional donde los participantes tuvieron la oportunidad de expresar sus inquietudes y recibir de los consultores una orientación ecaminada a solucionar sus problemas particulares en materia de planeación, diseño, construcción, control de calidad y conservación de pavimentos de concreto hidráulico.

El interés que despertó este nuevo espacio motivó al IMCYC a tomar la decisión de continuar con el esfuerzo para seguir ofreciendo el servicio en los próximos foros

La exposición de productos de los proveedores

En el marco del Foro tuvo lugar la 5a. Expo Concreto '98 - Pavimentos, en la que participaron importantes proveedores nacionales y extranjeros de materiales, productos, equipos y servicios para la construcción, reparación, señalización y mantenimiento de los pavimentos de concreto hidráulico.

Los expositores fueron: American Highway, Cemex, Chem Rex, Distribuidora de Fibras para la Construcción, Dysides, Equipos de Ensaye y Control, Elvec, Fester, Fiber-As, Harry Mazal, IC Construcciones, Imocom, Intellicad, Maquinaria Ligera Equinter, MBT, Tribasa, Siderúrgica Tultitlán, Silos y Camiones y Volvo Trucks.

La oportunidad fue excelente tanto para los expositores como para quienes asistieron al Foro pues facilitó un encuentro benéfico para unos y otros. Del lado de las empresas participantes

tenemos algunas opiniones de sus representantes que recogimos en un recorrido por la muestra.

El director de Disides, Héctor Méndez Baeza, consideró: "Es un evento que ha logrado un gran éxito ya que contó con una enorme afluencia de gente de Centro y Sudamérica, lo cual es muy benéfico para nosotros porque nos abre un panorama muy importante de clientes. Nos permite mostrar lo que se hace actualmente en México con una tecnología muy desarrollada. Nuestra empresa fabrica un producto que se llama *Fibercrete*, que es una fibra de polipropileno 100 por ciento puro que se utiliza para evitar grietas en el concreto."

El ingeniero Rogelio Demay Serrano, representante de ventas de MBT México, dijo: "Nosotros somos una empresa con representatividad mundial y nos interesa la gente en todos los niveles. Consideramos muy interesante que este tipo de eventos se efectúe en el nivel regional."

Por Dow Corning, el ingeniero Rafael Ortiz manifestó: "Nosotros participamos en este evento porque sabíamos que venía gente involucrada en la construcción de carreteras y eso lo hace un ámbito muy especial para dar a conocer nuestra tecnología. Dow Corning es una empresa trasnacional que tiene representación en Europa, Asia, Centro y Sudamérica, Estados Unidos y México, por lo cual los productos que estamos promocionando en esta exposición son los mismos que los participantes del Foro pueden encontrar en otras partes del mundo. Para nosotros es una oportunidad de establecer contacto con ellos."

#### Las demostraciones técnicas en vivo

Mucho interés despertaron en el numeroso público que las presencié, las demostraciones en vivo de distintos procedimientos relacionados con los pavimentos de concreto hidráulico. Los asistentes pudieron observar cómo se realizan los trabajos en la vida real, qué actividades comprenden, cómo operan los equipos, cuáles son las técnicas que se emplean, etcétera. Todo supervisado por personal especializado de alto nivel.

El primer día se presentó un ejemplo de tendido de concreto simulando la construcción de un pavimento convencional. Los trabajos se realizaron bajo la conducción del ingeniero Pablo Garza Chapa, gerente nacional de Pavimentos Carreteros de Pavimentos Mexicanos del Concreto, una empresa del grupo Cemex.

Mediante el tendido del material con rodillo vibratorio se demostraron las actividades básicas que se realizan en la construcción de un pavimento de concreto para carreteras: colocación y tendido del concreto, vibrado, terminado, texturizado, curado, corte y sello.

El segundo día se mostró la construcción de un pavimento simulando la tecnología para la rehabilitación de pavimentos de asfalto con sobrecarpetas de concreto (*whitetopping*). La

coordinación estuvo a cargo del ingeniero Hugo Guerrero, quien es actualmente gerente nacional de Ingeniería y Proyectos de la Dirección de Pavimentos y Ventas Institucionales del Grupo Cemex.

Se hizo una demostración de las actividades básicas para la colocación de un pavimento delgado mediante el tendido de concreto con regla vibratoria. A la vez, se describieron ampliamente las características de este tipo de pavimento y sus aplicaciones.

El tercer día se presentó un ejemplo de la construcción de pavimentos estampados urbanos y residenciales. En esta ocasión fueron tres los coordinadores del Tecno Demo: el ingeniero Jorge Abel Chávez, director de IC Constructores y Equipos, el arquitecto Héctor Morales Puente, de Pisos Planos y Pavimentos, y el ingeniero Jeff Polvin, egresado del Instituto Politécnico Entroy de Nueva York.

Se mostró el proceso de tendido, la aplicación de químicos, el estampado y el sellado. También se realizó el tendido y pulido de un pavimento de concreto. A la vez, se dio una explicación de las funciones de cada uno de los equipos para pulido de pisos y de las especificaciones de calidad para la construcción de un piso plano.

Al final de las demostraciones, *Construcción y Tecnología* entrevistó a dos de los coordinadores, el ingeniero Hugo Guerrero y el ingeniero Pablo Garza Chapa. El primero se refirió a los objetivos de las demostraciones e hizo una breve reseña de las mismas. Dijo: "Una de las funciones de los Tecno Demos es mostrar las ventajas y los procedimientos constructivos del concreto. En el primer día mostramos la construcción de un pavimento tipo carretera, y aunque no pudimos emplear el equipo que se utiliza en la obra, hicimos una simulación de la tecnología de construcción para los pavimentos carreteros. El segundo día enfocamos el trabajo a los pavimentos urbanos, mostrando la rehabilitación de pavimentos tipo *whitetopping* con las tecnologías de construcción modernas, con colado en franjas, y el tercer día que fue hoy, hicimos una doble muestra que incluyó los pavimentos de piso pulido –una aplicación de tipo industrial pero que de alguna manera es importante para mostrar la tecnología a los constructores–, y el pavimento estampado, que se usa con fines decorativos pero tiene las cualidades de durabilidad y bajo costo de mantenimiento que da el concreto."

El ingeniero Pablo Garza Chapa, por su parte, realizó una breve evaluación de los Tecno Demos con estas palabras: "Se logró lo que buscábamos: mostrar el procedimiento constructivo en obra y, aunque fuera en pequeña escala, mostrar equipos de tecnología avanzada. Por cierto que estos últimos resultaron de mucho interés para los participantes, especialmente los de algunos países donde no se los conoce mucho porque no se utilizan. Contamos con la ventaja de que la gente respondió a la convocatoria y tuvimos una asistencia muy numerosa que ayudó a que todo saliera bien. En conclusión, se logró hacer un buen trabajo y el público quedó muy bien impresionado."

Al pedírsele su opinión respecto a las demostraciones, el ingeniero Marcos Ramírez Rivera, gerente técnico de ventas de Cementos de Chihuahua, división México, manifestó: "Creo que es muy importante mostrar las nuevas tecnologías, sobre todo para la gente que nunca las ha

visto. En cuanto a su realización, me parecieron de excelente calidad: tuvieron un orden muy preciso, hubo muchos técnicos que explicaron muy bien los temas. Espero que se sigan haciendo en otros eventos."

## La visita de obra

Al día siguiente de clausurados oficialmente los trabajos del Foro, los participantes pudieron asistir a una visita guiada de carácter técnico al tramo Palmillas-Querétaro de la carretera México-Querétaro, donde se está realizando la rehabilitación y ampliación de dos a tres carriles por sentido con *whitetopping*, 15 m de ancho de corona (tres carriles de 3.5 m, acotamiento exterior de 3.5 m, e interior de 1.5 m) y espesor de 30 cm de concreto MR 48 kg/cm<sup>2</sup>.

Los asistentes tuvieron la oportunidad de observar la ejecución de los trabajos y manifestaron opiniones muy favorables respecto a los mismos. Por ejemplo, el ingeniero René Cuenca Rodríguez, contratista de El Salvador, comentó al ser entrevistado: "La visita de campo a la carretera me pareció excelente, pudimos observar una producción grandísima con una muy eficiente organización, perfectamente controlada en sus aspectos técnicos".

El ingeniero José Manuel Chang, superintendente del proyecto Palmillas Querétaro por parte de Pavimentos Mexicanos, Grupo Cemex, proporcionó a *Construcción y Tecnología* alguna información técnica sobre la obra. Dijo que se trata de la primer autopista en México con un ancho de corona de 15 m, en razón del aforo vehicular que la transita. Explicó que en el tramo en que están trabajando, el proceso constructivo se realiza en dos etapas: una franja de 6.50 m con una máquina CMI SF350 del Grupo Cemex y la otra de 8.50 m con una máquina CMI6004 del grupo Marnhos, y que la elaboración del concreto la están haciendo en dos plantas de mezclado central, marca Rexcon de 12 yardas cúbicas, con un volumen de 9 m<sup>3</sup>. Agregó que la capacidad de producción de cada planta es de 35 bachadas de 9 m<sup>3</sup> por hora, lo cual da en teoría un rendimiento nominal de 3,600 m<sup>3</sup> de producción pico por turno y representa un avance de pavimentación que se ubica entre 1,400 y 1,300 unidades, dependiendo de la franja que se esté pavimentando.

## Las opiniones de los participantes

Durante el desarrollo del Foro se realizaron entrevistas breves con algunos de los participantes. Las preguntas giraron básicamente en torno a dos cuestiones: la perspectiva de los pavimentos de concreto y la opinión sobre el encuentro. Incluimos aquí algunas respuestas

que nos parecieron demostrativas del sentir del conjunto.

El ingeniero Miguel Ángel Galván Mateos, representante de Equipos e Instrumentos de Ensaye para la Ingeniería Civil y Medio Ambiente Controls, una empresa expositora en la Expo Concreto '98, dijo: "Yo pienso que este evento va a marcar la pauta de inicio en los cambios tecnológicos relativos a la construcción de carreteras. Estamos entrando en una nueva etapa tecnológica y las carreteras o los caminos asfálticos ya están pasando de moda por el alto costo en mantenimiento que suponen.

"Los caminos de concreto rodillado ofrecen mayor seguridad, un menor mantenimiento y una tecnología que, aunque cara en el inicio, a la larga resulta económica, sobre todo por los avances, que alcanzan un kilómetro por día. Además, conducen a un menor consumo de combustible porque suponen un menor tiempo de traslado, lo cual es importante dados los actuales niveles de contaminación ambiental." Y agregó: "Aquí estamos mostrando tecnología de punta en este tipo de construcción."

El ingeniero Carlos Jofré, ponente que representó a España, se refirió a la importancia de realizar reuniones de este tipo en Latinoamérica. Dijo: "Los viajes transatlánticos son muy gravosos. Creo que acercar la tecnología a un país vecino será siempre muy positivo; no tiene el mismo atractivo ver las técnicas en una publicación que poder conocerlas a través de una presentación en la que se destaquen sus puntos más importantes."

Hizo también comentarios muy elogiosos sobre el trabajo realizado en México: "Considero que es un país modelo en cuanto a la campaña de promoción que se ha emprendido en este tipo de pavimentos. Se han tocado, creo, todos los puntos: una concientización importante de parte de la administración, una difusión de las técnicas mediante un esfuerzo muy grande en la realización de cursos entre los técnicos mexicanos y, finalmente, las facilidades para el trabajo que se han dado al contratista, poniendo incluso a su disposición material especializado. Creo que el ejemplo de México debería ser imitado por la mayor cantidad posible de países."

El ingeniero Ricardo Platt García, presidente de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, manifestó: "Creo que el encuentro permitió conocer las características de estos pavimentos que presentan claramente una serie de ventajas, siempre y cuando tomemos en cuenta el costo de operación de la carretera. Desde mi punto de vista, fue un evento altamente técnico con una excelente organización, muy provechoso, en el cual se discutieron las distintas ventajas de los diferentes tipos de pavimentos, de las condiciones en las cuales cada uno de ellos resulta más económico, y creo que es provechoso para toda Latinoamérica, porque, según escuchábamos, prácticamente 48 por ciento de los asistentes son extranjeros. Este tipo de reuniones sirve mucho porque en ellas se da un franco intercambio de experiencias entre distintos países."

El ingeniero Marcos Ramírez Rivera, gerente técnico de ventas de Cementos de Chihuahua, división México, respondió de esta manera a una pregunta sobre la conveniencia de utilizar el concreto hidráulico en la infraestructura carretera: "La conveniencia de estos pavimentos para

toda Latinoamérica está en que ofrecen una larga vida de servicio con un costo inicial muy competitivo, además de dar seguridad al usuario, bajar los costos de mantenimiento y operación, sobre todo de los vehículos, lo cual resulta en un ahorro para los países."

En relación con la aceptación que están teniendo por parte del gobierno, dijo: "Yo creo que es una apertura muy grande, ya los técnicos de entidades municipales y federales –como es el caso de la SCT– se han centrado en el análisis de todo el ciclo de vida del proyecto y se han dado cuenta de que los pavimentos hidráulicos van a ahorrar dinero al país. Además, sabemos que al hacer la comparación por metro cuadrado entre un pavimento de este tipo y uno asfáltico, el primero tiene mucho menos materias contaminantes, lo cual es muy importante no sólo para el país sino también para el planeta."

Sobre el Foro, manifestó: "Me parece excelente el poder de convocatoria que tiene el IMCYC, que es una institución muy reconocida en Latinoamérica. Esto se ve en la gran asistencia de representantes de diversos países. También hay que mencionar la calidad de las ponencias. En lo personal, quiero manifestar que en Chihuahua estamos desarrollando una labor coincidente con los objetivos básicos de esta reunión: la búsqueda de estrategias para promocionar los pavimentos hidráulicos."



## De libros, revistas, memorias

### **"Evolución de la prefabricación para la edificación en España. Medio siglo de experiencia"**

Manuel Burón Maestro y David Fernández Ordóñez Hernández

*Informes de la Construcción*, vol. 48, núm. 448, marzo-abril de 1997, 15 pp.

Se han desarrollado, a lo largo de más de medio siglo de experiencia, todo tipo de soluciones prefabricadas aplicadas a la edificación. La evolución de las distintas soluciones constructivas prefabricadas para la edificación ha sido posible gracias a una mejora técnica constante y a una fructífera colaboración con arquitectos e ingenieros proyectistas y constructores. La prefabricación aporta una gran capacidad de generar nuevas soluciones técnicas e imaginativas para resolver los problemas arquitectónicos y constructivos de los edificios.

### **"Costos esperados de daños causados por sismos en contenidos de edificios"**

Rommel Burbano B. y Luis Esteva M.

*Memoria del XI Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica*, Veracruz, México, 1997, 9 pp.

Se desarrollan criterios para estimar montos de daños en equipos o contenidos de edificios con el propósito de establecer tarifas de aseguramiento contra daños por sismos. Estos contenidos tienen una masa despreciable en comparación con las de los pisos de las construcciones que los contienen, por lo que la interacción que se presenta entre dichos elementos y el sistema soportante es despreciable y las respuestas ante una excitación sísmica, tanto del sistema principal como del secundario, se obtienen de una forma independiente, para posteriormente determinar los montos de daños considerando diferentes modos de falla de los equipos.

### **"Aesthetics, part : Beauty is in the mind of the beholder"**

Richard W. Steiger

*Concrete International*, diciembre de 1996, 6 pp.

Se presenta una perspectiva histórica y un vocabulario de estética seguidos por normas (estrictamente para el observador del concreto) que se pueden utilizar como marco de referencia para una evaluación. Es extremadamente difícil establecer reglas firmes que puedan todas acordar sobre lo que se aplica igualmente a formas de arquitectura, estructuras, puentes, escultura y trabajos de acabado del concreto.

### **"Workability loss of high-strength concrete"**

Jouni Punkki, Jacek Golaszewski y Odd E. GjÆrv

*ACI Materials Journal*, vol. 93, septiembre-octubre de 1996, 5 pp.

Se presentan los resultados de un estudio experimental sobre pérdida de trabajabilidad del concreto de alta resistencia expresada en función de pérdida de revenimiento, lo cual no necesariamente refleja las propiedades de trabajabilidad cambiada. Aun para una pequeña pérdida de revenimiento, el concreto puede tener una pérdida considerable de trabajabilidad.

### **"Estado de desarrollo de los ladrillos de magnesia sin mineral de cromo para la industria cementera"**

H.-J. Klischat, G. Weibel, P. Bartha  
*Zement Kalk Gips* núm. 8, agosto de 1997.

Con ALMAGÒ A1 y MAGNUMÒ M1 se han desarrollado ladrillos para los hornos rotatorios de cemento cargados mecánica y termoquímicamente. Como potencial de optimización sirvieron las propiedades físicas del material, el módulo de elasticidad y el índice de sensibilidad a las tensiones, recurriéndose al elastificante para aumentar la resistencia a la corrosión. Con utilización de los nuevos tipos de ladrillos ALMAGÒ A1 y MAGNUMÒ M1 se puede esperar una duración más larga del revestimiento del horno.

### **"Prestressed anchorage for retaining structures"**

Donald A Bruce

*Memorias*, Simposio Internacional de Anclajes, CICM, septiembre de 1994, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Sociedad Mexicana de Mecánica de Rocas, Sociedad mexicana de Ingeniería de Túneles y Obras Subterráneas. 17 pp.

Los anclajes presforzados en suelos se han empleado en todo el mundo desde 1934. Una de sus principales aplicaciones se encuentra en estructuras de retención de suelos como muros de diafragma de concreto, pilotes tipo pantalla o paredes enterradas sujetas por pilotes intermitentes. Este artículo ilustra tales aplicaciones y proporciona datos básicos sobre las tecnologías de perforación e inyección típicamente empleadas. Se presta atención a los tópicos críticos de corrosión y protección anticorrosiva.

### **"Reliability approach to service life prediction of concrete exposed to marine environments"**

Mónica Prezzi, Philippe Geysenks y Paulo J. M. Monteiro  
*ACI Materials Journal*, vol. 93, noviembre-diciembre de 1996, 9 pp.

Durante su vida de diseño, las estructuras se sujetan a acciones o agentes externos que, con el tiempo, las alteran desde un estado seguro hasta un estado de falla. Uno de los procesos que pueden disparar el principio de la corrosión del acero embebido en concreto es el ingreso de iones de cloro que posiblemente alcanzan al refuerzo, lo que causa la ruptura de la película pasiva. En este artículo, se propone un método para la interpretación de resultados de pruebas de inmersión y la predicción de la duración en servicio de estructuras de concreto expuestas a

iones de cloro.



## Productos y equipos

### Prefabricación universal

Básicamente, la línea de prefabricación de elementos de concreto está diseñada para la producción de muros standard de bajo costo y muros huecos de peso ligero. Después de una conversión, también puede producir muros portantes reforzados, y losas huecas con armado convencional, no pretensadas. Asimismo, los elementos de concreto pueden utilizarse en la construcción de cercas, barreras acústicas e instalaciones paisajísticas.

Los requisitos de área para una planta de prefabricación son de 1,600 m<sup>2</sup>. El equipo produce bajos niveles de ruido y vibración, y bastan tres o cuatro personas para operarlo.

La maquinaria está diseñada de conformidad con los estándares establecidos por la directiva sobre maquinaria de la Unión Europea, y ostenta la marca CE.

La zanjadora de operación silenciosa

Provista de un motor diesel de 44 hp de operación silenciosa, y con el sistema de soporte de Quickcatch, la B-36B proporciona cambios rápidos a partir de su línea central para compensar posiciones de excavación. Las posiciones de desviación de su línea central le facilitan la acción de zanjar en cualquier tipo de terreno. La hoja se puede ajustar muy cerca de un edificio o límite para lograr la acción de zanjar lo más cerrada posible.

Trituradoras de reciclables

LINDNER ofrece la más completa gama de trituradores universales para procesamiento de llantas, barriles, maderas de desecho, virutas y escorias de troquelados, todo en un solo equipo. Este equipo viene en dos variantes: con una tolva de admisión para acabados finos con capacidades de 300 a 5,000 kg/h, y con dos tolvas de admisión de uso rudo o precompactador de volumen con capacidad hasta 20,000 kg/hora.

Informes: MASCHINENFABRIK LINDNER GmbH, Villacher Straá e 48, A-9800 Spittal, Austria.  
Tel.: ++43/4762/2742-0, fax: ++43/4762/2742-32.

Software para postensados

ADAPT-PT combina los desarrollos más recientes en el campo del concreto presforzado con las computadoras PC de hoy día para crear una herramienta excepcional para el profesional del diseño y la construcción. ADAPT-PT maneja con facilidad losas en una y dos direcciones, además de marcos de vigas. Con el empleo del método de marco equivalente, el programa responde automáticamente a la acción de placa biaxial de la losa y a las geometrías más complejas en losas aligeradas, viguetas, vigas de refuerzo y distribuciones irregulares de columnas, así como al cálculo de pérdidas de presfuerzo a corto y largo plazo en los tendones.



## Tecnología de punta en cimentaciones profundas

Ingeniero Sergio Hernández Rivera

Las dificultades que implicaba la perforación de suelos en los trabajos de cimentación profunda han dejado de ser problema en México gracias a la presencia de equipos altamente especializados que emplean avanzada tecnología.

El suelo difícil de la ciudad de Monterrey y sus alrededores hace que en las construcciones importantes se tenga que recurrir a la cimentación profunda. El sistema más eficiente y seguro para esto es el de pilas y/o pilotes colados en sitio, para el cual se realiza una perforación con equipo especial hasta el estrato firme, que por lo regular es la lutita predominante en la zona. Se coloca luego el armado dentro de la perforación y finalmente se vierte concreto en el mismo, dejando las preparaciones para continuar con la cimentación.

Sin embargo, no cualquier equipo de perforación puede realizar estos trabajos en los tiempos tan reducidos que requieren los programas de construcción, ya que en la región predominan estratos muy difíciles de perforar como son los limos arcillosos, arcillas calichosas, arcillas limo-arenosas con gravas y boleas grandes, almendrilla, lutita, etcétera. A todo esto se agrega la presencia del nivel freático, que complica bastante el lograr la profundidad especificada.

Con los equipos tradicionales para cimentación profunda, cuando se presenta el nivel freático dentro del rango de excavación de la pila se tiene que recurrir al empleo de materiales de difícil manejo como son la bentonita (utilizada tradicionalmente durante muchos años) o los polímeros que se emplean actualmente tales como el Super Mud (soil stabilizing fluid), etcétera. Ambos procedimientos tienen el gran inconveniente de necesitar toda una instalación de almacén, laboratorio, mezcla, líneas de conducción, bombeos, etcétera, que complican sobremanera el proceso y requieren además espacios que la mayor parte de las veces no están disponibles dentro del área de trabajo.

Preocupado por esta situación, el personal técnico de nuestra empresa estudió, proyectó y llevó a la realización práctica una serie de aditamentos para el equipo de perforación: distintos tipos de brocas, cucharas, coronas y tubería de ademe de uso rudo (que puede resistir grandes presiones) rescatable, que se utiliza con agilidad extraordinaria a la hora de la perforación, permitiendo barrenos casi verticales (menos de 0.5 por ciento de desvío) acabados completamente sanos, sin socavaciones de ninguna especie (pérdidas de suelo), colocación del acero de refuerzo perfectamente limpio (sin contaminarse con la bentonita ni con el polímero) y equidistante del barreno, y limpieza absoluta del concreto colocado al no tener éste que contaminarse con las sustancias extrañas que utilizan los sistemas tradicionales (bentonita o polímero).

Estas innovaciones tecnológicas solamente se pudieron adecuar a los equipos modernos de alto rendimiento que tienen un torque (fuerza de rotación) y un pull down (empuje de penetración) superior a 123 KN-M y 200 KN.

En algunas ocasiones se ha tenido que hacer una excavación posterior a la construcción de las pilas y/o pilotes que ha dejado éstos al descubierto en su longitud utilizable, lo cual ha permitido comprobar su perfecta verticalidad y sus acabados. Ello ha demostrado que nuestro procedimiento es, gracias a las herramientas especializadas, el método más confiable para este tipo de trabajo, como lo confirmó en alguna ocasión el Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto, que durante más de 34 años nos ha estado comunicando a través de los artículos de la revista *Construcción y Tecnología*, las novedades y avances en esta área de la construcción.

Hoy podemos decir que en la república mexicana se cuenta ya con los equipos y la tecnología más modernos en el nivel mundial para la perforación de pilas para cimentación.

Las grandes compañías constructoras regiomontanas han utilizado los servicios especializados de nuestra empresa para la construcción de las obras más importantes de la región, entre las que se pueden mencionar la Plaza 400 Años y Museo de Historia Mexicana - Proyecto Santa Lucía; la estación Cuauhtémoc y Fundadores de la línea II del Metrorrey; la planta Hylsa Nogalar, Nueva Acería y colada continua; las ampliaciones Planta Cartepillar y Nippodense; Teksid de México, Planta Gris y Aluminio, y los talleres de mantenimiento mayor Línea II del Metrorrey en San Bernabé.

Todos estos trabajos requieren personal muy especializado ya que la cimentación debe estar perfecta porque en ella radica toda la responsabilidad de la obra. Los equipos altamente especializados con avanzada tecnología de que se dispone proporcionan la eficiencia requerida para cualquier terreno en las grandes construcciones de nuestro país.

El ingeniero Sergio Hernández Rivera es .....en Rivera Construcciones, S.A. de C.V.



# El hombre y la vivienda

Isaura González Gottdiener

**PRESENTACIÓN:** El tema de la vivienda es inagotable por tratarse de la morada humana. Inventada y recreada ininidad de veces, presenta múltiples facetas cuya esencia principal no ha sido alterada ya que su función será siempre la misma: dar cobijo al ser humano satisfaciendo sus necesidades primarias.

Vivienda y ciudad

La vivienda no es un problema exclusivo de la arquitectura; de hecho, está condicionada por una serie de factores que atienden intereses principalmente de orden político y económico imbuidos de un espíritu de labor social donde se discute todo menos su incidencia en la fisonomía de las ciudades. La explosión demográfica ha sido causa del crecimiento acelerado de éstas y ha intensificado la necesidad de resolver el problema de dotar de techo a la población, lo que ha resultado en una serie de propuestas tipificadas que no toman en cuenta la relación de lo construido con el contexto. La vivienda conforma la ciudad, lo mismo puede enriquecerla que deformarla; recordar esta condición básica debe ser la pauta que marque su planeación para frenar el deterioro de nuestro entorno.

Ante el caos mundial que viven los asentamientos humanos, la preocupación por encontrar vías de solución a este problema cobra cada vez una atención mayor por parte de las diversas disciplinas humanas. Debido al fracaso de los modelos industrializados que proliferaron con el estilo internacional, el estudio de las condiciones contextuales capta día con día la atención de quienes participan en la elaboración de los proyectos de planificación donde el porcentaje de uso destinado al hábitat es de los de mayor peso. El análisis de la sociedad en cuestión marca la pauta a seguir en la realización de dichos proyectos. Así, en el sudeste asiático arquitectos de renombre internacional como Rem Koolhaas y César Pelli buscan soluciones verticales ante la falta de superficie para construir mientras en Berlín el área que ocupara el muro se transforma en inmuebles que aún guardan una relación de escala con el hombre y en Latinoamérica seguimos apegados a la tierra, siendo nuestras ciudades básicamente horizontales.

Otro lastre que dejó el movimiento moderno es la zonificación y unifuncionalidad de las partes que conforman el rompecabezas urbano. Esto ha generado la desarticulación de los barrios en componentes individuales de vivienda, comercio, oficinas, lo que ha ocasionado una pérdida de identidad ya que la convivencia comunitaria se ha relegado a un segundo plano. Retomar la idea de los barrios multifuncionales evita que en ciertas horas del día queden zonas de la ciudad desiertas donde proliferan vicios que constituyen verdaderos peligros para los habitantes.

Evolución: riesgos y ventajas

En el diseño de la casa, las tendencias estéticas en boga junto con la tecnología del momento han sido recursos inspiradores en su concepción a lo largo de la historia de la humanidad. En un principio iban directamente relacionados con las características de cada cultura, hasta llegar a la importación y no siempre feliz adaptación de modelos de desarrollo en los que la persona común ha quedado al margen de las decisiones que darán forma a su vivienda. Ejemplos de la casa ideal encontramos descritos desde antes del famoso tratado de Vitrubio; la transformación de las sociedades ha dado origen a conceptos que han revolucionado las formas de vivir de la gente, sobre todo en este siglo en que el vertiginoso avance de la tecnología ha cambiado los mecanismos de vida del ser humano de manera radical. Este avance ha traído consigo una serie de contrastes que cada vez son más marcados en las sociedades ya que la tecnología no es asequible para todas las economías. De ahí que la importación de tipologías no sea el camino indicado para seguir en materia de vivienda, sino la búsqueda de soluciones adecuadas para cada región particular. Desde luego existen similitudes entre las diversas culturas; el estudio de la historia de la humanidad así lo constata, poniendo de manifiesto entonces que el problema no radica en el hecho de que se quieran aplicar modelos exitosos para un sitio determinado en otro lugar, sino en la falta de un análisis concienzudo de si el modelo en cuestión es indicado para el sitio donde se pretende emplear.

## El arquitecto y la vivienda

El tema de la vivienda no se restringe desde luego a la cuestión social vista desde el aspecto político-económico; es mucho más que eso. Es reflexionar acerca de la evolución conceptual que se ha dado en los esquemas de la casa habitación ya sea uni o plurifamiliar a lo largo de la historia de la arquitectura. La casa ideal ha sido y será, mientras el hombre exista, motivo de preocupación para el arquitecto, el constructor en jefe según la etimología de la palabra. Desde que habitara las cavernas, el ser humano tiene necesidad de identidad con su entorno inmediato; en él encuentra reposo y abrigo; nace, crece, ama, juega: es el sitio donde aflora su intimidad. De su relación con este entorno depende en mucho su comportamiento; entonces esta relación debe ser sana.

Exponer cuáles son las características con que debe cumplir la vivienda es pretender encasillar el comportamiento humano en un estereoscopio. Por fortuna para cada identidad particular existe una o varias respuestas de las que se han nutrido otras estableciéndose un proceso evolutivo en el que encontramos magníficos ejemplos que forman parte de nuestro acervo cultural. Patios alrededor de los cuales se organizan los espacios; paños acristalados donde el paisaje penetra al interior; máquinas para vivir; gruesos muros pintados de color. Conceptos unidos a la tradición o plenamente identificados con una corriente estética o con nombres que forman parte del glosario arquitectónico: modernismo, eclecticismo, clasicismo, Barragán, Le Corbusier; Frank Lloyd Wright, Tadao Ando, Rem Koolhaas y tantos más.

Abordar el proyecto de una casa es un ejercicio de aprendizaje en donde no sólo el conocimiento y entendimiento del acervo cultural es importante sino que uno mismo debe proyectarse en los espacios diseñados para vivirlos en la imaginación y así sentir si se está cumpliendo con la esencia que debe poseer el espacio habitable. Recordar los valores

fundamentales de la vivienda antes que pretender encontrar nuevos caminos es un acto de humildad del que fructificarán trazos cargados de humanidad. En el diseño de una casa no deben atenderse modas pasajeras donde la sensibilidad queda ahogada bajo la ostentación que pretende irradiar un poder económico; imágenes que atentan contra la armonía del entorno ya de por sí tan deteriorado. Finalmente, la evolución de la vivienda está marcada por la evolución humana del mismo modo que la evolución de la arquitectura.. Somos el resultado de este proceso.

### Búsqueda de soluciones

Comprender que evolución no es sinónimo de crecimiento debe llevarnos a buscar soluciones en este caso relativas a la vivienda que no expandan de manera incontrolable la mancha urbana. En nuestras ciudades existen gran cantidad de espacios desaprovechados que pueden ser utilizados para proponer habitación de todos los niveles. Buscar soluciones acordes con nuestra economía sin caer en romanticismos tradicionalistas puede dar por resultado propuestas interesantes de indiscutible contemporaneidad.

La obra de Daniel Álvarez y Alberto Kalach es buen ejemplo de esto. Apasionados de la ciudad –dice Teodoro González de León– ellos entienden la arquitectura como puntos de referencia en la red que articula el espacio urbano. En su búsqueda existe un profundo análisis de este espacio del que han surgido tanto propuestas utópicas como otras que se han tomado reales.

Muestra de ello son los edificios construidos en las calles de Fresas, Holbein; Adolfo Prieto y Rodin. Del estudio de una zona particular que abarca las colonias del Valle, Mixcoac y Nochebuena surgieron estos proyectos que aprovechan espacios aparentemente inútiles, que en el caso del edificio Rodin fueron generados por la irrupción de los ejes viales o en el edificio Holbein la estrechez del lote condicionaba su funcionalidad.

Pertenecientes a una joven generación, Kalach y Álvarez utilizan materiales derivados de procesos industriales como son el acero, el vidrio y el concreto, con los que articulan espacios donde, a observación de Aaron Betski, se aprecia lo mismo la influencia del racionalismo europeo que la poesía de los trazos de Barragán, contribuyendo con ello no sólo a solucionar espacios de vivienda económicamente viables y estéticamente bellos, sino a repensar la organización de la ciudad.

