

# Hormigón

*Al día*

AÑO 2004

NÚMERO 31

NUEVO CONCEPTO EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN

## PREMIOS ICH 2003

Como es tradicional, el ICH entregó los premios anuales relacionados con el uso del hormigón, en tres categorías. Todos los galardonados son ejemplo de una actitud innovadora y de un trabajo «notable y singular», características importantes en la actual sociedad globalizada, que nos reta a actuar competitivamente.

El premio a la Trayectoria Profesional, es una distinción a quienes han dedicado parte de su vida al desarrollo tecnológico o difusión de la tecnología del hormigón. En esta oportunidad fue entregado al ingeniero civil estructural Carl Lüders Schwarzenberg, especialista en ingeniería antisísmica, en reconocimiento a su destacada trayectoria en investigación, docencia y contribución a la ingeniería en obras de hormigón armado. Con más de 40 años de docencia en la Universidad Católica, Lüders ha dirigido numerosas investigaciones sobre el comportamiento de la estructuras frente a vibraciones y es colaborador permanente en el estudio de normas del INN.

El premio al Desarrollo Tecnológico se otorga a empresas que apliquen tecnologías novedosas y de excelente calidad. Fue obtenido por el Consorcio FEBRAG S. A., por su importante aporte al desarrollo tecnológico en la construcción de la Central Ralco. El consorcio sobrellevó inteligentemente las dificultades iniciales del proyecto, conciliando a todos los involucrados, para luego implementar en la construcción tecnología de punta, demostrando siempre un alto nivel de calidad, seriedad y cumplimiento de los plazos. Con su trabajo responsable lograron construir en



De izq. a der.: Patrick Turner, Patricio Browne, Fernando Echeverría, Luis Bravo, Carl Lüders, Juan Pablo Covarrubias.

Chile la tercera represa más grande del mundo.

Finalmente, el premio a la Aplicación Tecnológica destaca obras importantes en donde el hormigón se justifique como un material noble, trascendente y de inconfundible belleza. Este año recayó en el Centro de Convenciones PABELLÓN DEL HORMIGÓN, en Espacio Riesco, por su innovador diseño arquitectónico y la interesante aplicación de tecnologías en la construcción con hormigón prefabricado. El reconocimiento fue entregado al arquitecto Patrick Turner, creador del diseño, único en el país por sus características dimensionales: 60 x 60 metros de planta libre, 12 metros de altura, estructurado con pilares inclinados y vigas atirantadas de 48 metros de luz, diseñado con elementos esbeltos de hormigón.

En la ceremonia de premiación, a la que asistieron más de 150 personas, expusieron Patricio Browne, presidente de FEBRAG y Patrick Turner, quienes mostraron diferentes detalles de las distintas etapas de diseño y construcción de la Central Ralco y del Pabellón del Hormigón, respectivamente. ◀



Instituto del Cemento  
y del Hormigón de Chile

### EN ESTE NÚMERO:

Premios ICH 2003	pág. 1
Viviendas industrializadas en albañinería y Hormigón	pág. 2
¿Cómo hormigear en clima frío?	pág. 3
Resistencia a la abrasión de pisos de Hormigón	pág. 4
Expo Hormigón ICH se ha transformado en un referente para Chile y la Región	pág. 7
Carlos Lüders S., Premio Trayectoria Profesional ICH 2003	pág. 10
ICH en Reconstrucción de la Alameda	pág. 12

**Representante Legal:** Juan Pablo Covarrubias T.

**Editor:** María Eugenia Seguel A.

**Colaboradores Permanentes:**

Augusto Holmberg F.

Cristian Masana P.

Renato Vargas S.

**Periodista:** Ximena Bacarreza R.

Instituto del Cemento y del Hormigón de Chile  
San Pío X 2455, Providencia, Santiago, Chile

Teléfono: (56-2) 2326777

Fax : (56-2) 2339765

E-mail: [ichmail@ich.cl](mailto:ichmail@ich.cl)

Página web: <http://www.ich.cl>

Permiso de Circulación según Resolución Exenta

N° 752 del 8 de Octubre de 1986.



ICH tiene una Sociedad  
Internacional con  
**American  
Concrete Institute**



Centro Certificado del  
**Instituto  
Panamericano  
de Carreteras**

## VIVIENDAS INDUSTRIALIZADAS EN ALBAÑILERÍA Y HORMIGÓN

Durante la primera semana de octubre del año pasado, se realizó en Santiago Expo Hormigón 2003, la exhibición tecnológica con demostraciones constructivas aplicadas en una obra real, que anualmente organiza el ICH. Los temas principales fueron albañilería y pavimentación, presentándose novedosas alternativas para incrementar la productividad en la construcción de viviendas de albañilería y de hormigón.

Ya en la Expo Hormigón 2002 se había exhibido una vivienda de paneles prefabricados de ferrocemento, construida en una semana, incluyendo fundaciones y losa, dejando en evidencia las posibilidades de la prefabricación liviana para lograr soluciones de bajo costo y elevada calidad. También se mostró el sistema Tilt Up, en que los muros perimetrales de la estructura son construidos en posición horizontal sobre la losa de piso previamente hormigonada y posteriormente son izados a su posición final. La aplicación estuvo orientada a estructuras industriales, aunque en nuestro país ya se está utilizando el Tilt Up en la construcción de viviendas. La facilidad con que se pueden hormigonar los muros en posición horizontal permite aumentar la velocidad de construcción, mejorar la calidad superficial e incorporar elementos de terminación en forma rápida y eficiente.

En la Expo Hormigón 2003 se presentaron tres nuevos sistemas para la construcción de viviendas industrializadas en albañilería y hormigón. Uno de ellos está compuesto por la utilización de moldajes especialmente diseñados para su uso en vivienda, con los cuales, a través de una adecuada programación, se puede construir un piso por día e incorporar aislación térmica en el interior de los moldes.

Otro de los sistemas mostrados fue el Dry Stack, la albañilería de bloques de hormigón sin mortero de junta, en el cual las unidades, producidas con tolerancias dimensionales muy bajas, se apilan y traban mecánicamente sin usar mortero de junta. Una vez levantados los muros, éstos se rellenan con hormigón fluido, lográndose un conjunto monolítico. Los rendimientos en este caso son supe-

riores a diez veces los obtenidos en una albañilería de bloques tradicional. A la vez, se elimina una de las actividades más críticas para la calidad de estas albañilerías como es la pega de los bloques.

La tercera demostración correspondió al sistema Coffor desarrollado en Suiza. Se trata de un nuevo concepto en moldajes que quedan incorporados dentro del hormigón, el que está compuesto por un armazón prefabricado de metal desplegado y perfiles delgados, los que permiten dar forma a la vivienda sin necesidad de moldajes adicionales. Posteriormente, se utiliza un hormigón fluido para llenar estos moldes y un estuco para la terminación de los muros.

**El interés del ICH por la industrialización nace del convencimiento de que es posible mejorar los estándares de productividad y calidad de las viviendas, y de que la industrialización de componentes y procesos es una herramienta imprescindible para esto. Sin embargo, confundir la industrialización con la entrega de unidades de vivienda completas, listas para armar, es minimizar las grandes potencialidades que la industrialización tiene para la construcción y para el país. Son muchas las actividades de una obra que son susceptibles de ser industrializadas.**

Inicialmente, la industrialización en el campo de la construcción tomó el camino de los grandes sistemas de prefabricación pesada, que tenían escasa flexibilidad al momento de diseñar las soluciones, aun cuando eran capaces de dar respuestas masivas a bajo costo. Otro de los caminos adoptados fue el desarrollo de tipologías estandarizadas, que también permitió el desarrollo de soluciones económicas y masivas. Pero, en ambos casos, el costo se pagó en el diseño de las viviendas, al permitirse sólo pequeñas variaciones respecto a la solución estandarizada.

Más recientemente, los esfuerzos en el campo de la industrialización se han orientado al desarrollo de componentes dentro de sistemas flexibles, capaces de adaptarse e integrarse con otros componentes, sin restringir el

diseño de manera innecesaria.

Ejemplos de industrialización en la construcción con hormigón hay varios, los que tal vez por su extensivo uso pasan desapercibidos. Uno de ellos es el hormigón premezclado: en este caso, la elaboración del hormigón se transfiere desde la construcción hasta una planta especializada, la cual lo suministra en los volúmenes y oportunidad que la obra lo requiere.

Otro ejemplo son los nuevos sistemas industrializados de moldajes. Ellos han permitido aumentar notablemente los rendimientos de la construcción con hormigón armado. También en este caso, una actividad realizada hasta hace no muy poco tiempo mayoritariamente en obra se ha externalizado y hoy es un proveedor externo el que entrega las soluciones de moldajes, que se han ido perfeccionando con el uso y la competencia. Lo mismo puede decirse del uso de fierro dimensionado y doblado, el que incluso ya está entregándose como armadura preensamblada.

Considerado desde este punto de vista, el proceso de industrialización contiene enormes potencialidades para el aumento de la eficiencia y la productividad en la construcción y para una reducción de los costos. En los casos mencionados, la industrialización se ha impuesto de manera natural por los beneficios evidentes que proporciona, sin necesidad de protecciones especiales.

Específicamente en las vivienda de albañilería y de hormigón, las alternativas de industrialización abarcan el espectro completo de enfoques disponibles, desde sistemas prefabricados en módulos tridimensionales, sistemas de paneles de hormigón, sistemas de moldajes, sistemas especiales como los mostrados en Expo Hormigón y, probablemente, una infinidad de otras soluciones que aún no conocemos. Esperamos que también ellas se impongan gracias a sus méritos de calidad y costo, y que sea la competencia en el mercado de la construcción la que en definitiva permita que cada una encuentre el espacio donde desarrollarse. ◀



# Recomendaciones

## ¿Cómo hormigonar en clima frío?

*Se puede hormigonar con cualquier temperatura ambiente si existe un procedimiento que asegure que el hormigón no se congele.*

Por lo tanto, nuestras recomendaciones para hormigonado en clima frío son:

1. La temperatura del hormigón fresco no debe bajar de 5°C una vez terminado de colocarse. Esto evita el riesgo de congelamiento, que es lo que importa.
2. En caso de hormigonar con temperaturas bajo 0°C, utilizar sistemas de curado que eviten la pérdida de calor de los hormigones, permitiendo elevar su temperatura gracias a su reacción exotérmica. El sistema de protección utilizado con mayor frecuencia es el de polietileno con burbujas, que cumple con una aislación térmica que permite utilizar el calor generado en la hidratación del cemento, aumentando la temperatura del hormigón y asegurando un buen curado en climas fríos.
3. Colocar la protección para el curado en la superficie del hormigón y sobre los moldajes laterales, o buscar alguna otra forma de aumentar el aislamiento térmico de los moldes. En moldajes con placas de madera la necesidad de aislamiento externo es menor, dado que la madera funciona como aislación térmica.

4. Mantener la protección hasta que el hormigón tenga una resistencia de 30 kg/cm<sup>2</sup>, sobre la cual no se produce daño por congelamiento del hormigón.
5. Cuando la temperatura mínima no baja de 0°C, no es necesario proteger el hormigón del congelamiento. Basta mantener el moldaje por el tiempo necesario para tener la resistencia necesaria para desmoldar.
6. La experiencia y la velocidad de pérdida de temperatura del hormigón en el tiempo indican que la temperatura aconsejable de fabricación del hormigón es de 10 °C. La forma más fácil de conseguirla es calentando el agua y protegiendo los áridos del congelamiento.

7. Tener gran cuidado de mantener una temperatura uniforme del hormigón fresco y un muy buen control de trabajabilidad del hormigón en cada camión.

Cuando se fabrica un hormigón en clima frío, es importante mantener una temperatura del hormigón lo más constante posible, por dos motivos:

- Con temperaturas bajo 10°C, la trabajabilidad del hormigón varía mucho con los cambios de temperatura.
- Los cambios en la temperatura del hormigón fresco al salir de la planta, hacen variar la cantidad de agua necesaria para lograr el asentamiento de cono de control, lo que modificará la resistencia de los hormigones y su trabajabilidad al llegar al frente de colocación.

al frente de colocación.

- La pérdida de calor por transporte en camiones tolva cubiertos es de aproximadamente 1°C por hora (ACI 306R-6); la pérdida de temperatura al descubierto es del doble, con una diferencia de 10°C entre la temperatura del hormigón y la temperatura ambiente.

# RESISTENCIA A LA ABRASIÓN DE PISOS DE HORMIGÓN: ¿QUÉ HAY DEBAJO DE LOS COMPONENTES DE CURADO?

- Un buen curado temprano produce una mejor resistencia a la abrasión.
- La resistencia a la abrasión debida a la presencia de componentes de curado/sellado se reduce con el tiempo y la exposición al tráfico normal.
- El uso de polietileno no es una propuesta práctica para pisos grandes.
- Expo Hormigón 2003 mostró la aplicación de un ensayo sobre losas terminadas.

En el Reino Unido se construyen al año alrededor de 6 millones de m<sup>2</sup> de losas de pisos industriales que consumen 1,5 millones de m<sup>3</sup> de hormigón. Este artículo presenta una investigación sobre la resistencia a la abrasión de estas losas curadas con diferentes tratamientos, calificándola de acuerdo a su comportamiento, en las categorías "Especial", AR1, AR2 Y AR3.

## Ensayos en laboratorio y en terreno

Recientemente se realizó un estudio según el estándar británico BS 8204: Parte 2: 1999, dividido en dos partes:

### 1 Pruebas de laboratorio:

- Resistencia a la abrasión a corto plazo (28 días) de muestras de laboratorio preparadas con 3 tipos de hormigón premezclado (C35, C40, y uno especial de alta resistencia).
- Comportamiento a largo plazo de las muestras de laboratorio preparadas con hormigón premezclado (C35 y C40) desde el punto de vista de la resistencia a la abrasión y de la absorción superficial inicial.
- Resistencia a la abrasión a corto plazo (28 días) de muestras de laboratorio preparadas por fabricantes de endurecedores aplicados por espolvoreado seco.

### 2 Tests de pisos industriales in-situ:

- Pisos construidos recientemente
- Pisos en servicio

En cada caso se hicieron tratamientos de curado diferentes en sets paralelos de muestras, ya sea utilizando cubiertas de polietileno o un componente de curado.

Durante la investigación, los expertos advirtieron que el ensayo de abrasión de pisos

industriales de hormigón con un componente de curado/sellado sobre la superficie, a menudo lleva a la sobre estimación de la resistencia a la abrasión.

## Desarrollo de criterios de comportamiento

El promedio estimado de profundidad de desgaste de las losas ensayadas no está relacionado únicamente con la profundidad de abrasión acelerada producida con el ensayo,

sino también con la intensidad del tráfico sobre las losas. Los valores obtenidos son una guía general, porque se atribuye más confianza al sistema de clasificación, que considera la edad, la intensidad del tráfico, el desempeño

Calidad de la losa	Profundidad de abrasión
Buena	<0,02 mm
Normal	0,20 - 0,40 mm
Pobre	>0,40 mm

Tabla 1. Clasificación de losas de pisos en ambiente industrial mediano.

Categorías BS 82	Carga	Tipo de Hormigón	Clasificación del Hormigón (N/mm <sup>2</sup> )	Cantidad Mínima de Cemento en Hormigón (kg/m <sup>3</sup> )	Profundidad Máxima de Desgaste (mm)
Especial	Abrasión Severa	Mezclas Especiales y Resinas	Mezclas Especiales y Terminaciones de Pale o de Rocío, Resinas, etc.		0,05
AR1	Muy Alta Abrasión	Cubiertas de Alta Resistencia			0,1
AR2	Alta Abrasión	Terminación directa del hormigón	C50	400	0,2
AR3	Moderada Abrasión	Terminación directa del hormigón	C40	325	0,4

Tabla 2. BS 8204: Part 2: Clasificación de la resistencia a la abrasión (AR) y profundidades límites de desgaste para el test de abrasión acelerado.

Tipo de Hormigón	Tipo de Curado	Promedio de profundidad desgaste (mm)	Clasificación
C35	PS	0,32	AR3
	CC	0,03	Especial
	PS+CC	0,03	Especial
	CCR	0,33	AR3
C40	PS	0,30	AR3
	CC	0,03	Especial
	PS+CC	0,03	Especial
	CCR	0,16	AR2
Alta Resistencia	PS	0,28	AR3
	CC	0,02	Especial
	PS+CC	Sin Muestra	-
	CCR	0,31	AR3

Tabla 3. Test de laboratorio en muestras preparadas usando hormigón premezclado

Tipo de Muestra	Tipo de Curado	Promedio de profundidad desgaste (mm)	Clasificación
Hormigón Simple - Control	PS CC	0,15 0,01	AR2 Especial
Terminación de Espolvoreado Seco Tipo 1	PS CC	0,04 0,01	Especial Especial
Terminación de Espolvoreado Seco Tipo 2	PS CC	0,05 0,01	Especial Especial
Terminación de Espolvoreado Seco Tipo 3	PS CC	0,05 0,01	Especial Especial
Terminación de Espolvoreado Seco Tipo 4	PS CC	0,17 0,03	AR2 Especial

Tabla 4. Test de laboratorio en pruebas preparadas por fabricantes de terminaciones con espolvoreado seco

Tipo de Hormigón	Tipo de Curado	Edad (días)	Promedio de profundidad desgaste (mm)	Tasa de absorción superficial después de 30 minutos (ml/m <sup>2</sup> /s)
C35	CC	28	0,03	0,0163
	PS		0,32	0,0400
	CC	90	0,05	0,0175
	PS		0,30	0,0326
	CC	180	0,08	0,0625
	PS		0,31	0,0388
C40	CC	28	0,03	0,0175
	PS		0,30	0,0575
	CC	90	0,02	0,0200
	PS		0,32	0,0363
	CC	180	0,06	0,0500
	PS		0,33	0,0338

Tabla 5. Resultados de test de laboratorio a largo plazo

Sitio	Tipo de Hormigón	Tipo de Curado	Promedio de profundidad de desgaste (mm)	Clasificación
A	Simple / C40	PS	0,28	AR3
		CC	0,04	Especial
		CCA	0,02	Especial
		CCR	0,43	No especificada
B	Simple / C40	PS	0,22	AR3
		CC	0,03	Especial
		CCA	0,01	Especial
		CCR	0,38	AR3
D	Simple / C40	PS	0,38	AR3
		CC	0,03	Especial
	Terminación de Espolvoreado Seco	PS	0,20	AR2
		CC	0,03	Especial
E	Terminación de Espolvoreado Seco	PS	0,19	AR2
		CC	0,03	Especial
F	Terminación de Espolvoreado Seco	PS	0,04	Especial
		CC	0,03	Especial

Tabla 6. Resumen de resultados de test en obra para losas de piso de hormigón construidas recientemente.

en general, etc. Muchas losas de piso están sujetas a tráfico industrial mediano, por eso estas categorías deben estar relacionadas con la profundidad de abrasión. (Ver tabla 1).

La tabla 1 presentar datos para evaluar el comportamiento a la abrasión de pisos de hormigón. Estos informes fueron perfeccionados para clasificar la resistencia a la abrasión de pisos con cargas demandantes, como se aprecia en la tabla 2.

Un buen desempeño en condiciones de abrasión severa, puede lograr profundidades de desgaste menores que 0,05 mm utilizando ruedas de rodado. Durante el ensayo, con

ruedas desbastadoras, se produjo desgaste más extenso –compatible con el desgaste logrado en servicio– y así demostró la necesidad de simular, para la investigación, la condición a la cual la losa será expuesta durante su vida útil. Un problema relacionado es que bajo cargas severas de prueba, las ruedas desbastadoras también se desgastan considerablemente y requieren reposición regular y costosa. Por eso, las ruedas de rodado, por lo general, continuarán siendo usadas en estas condiciones extremas.

Se ensayaron 3 tipos de mezcla –C35, C40 y hormigón de alta resistencia –, con las que se construyeron losas de prueba de 2 x 1,5 x 0,1 m, que fueron cortadas cada una en 6 losas individuales de 1 x 0,5 x 0,1 m. La preparación fue idéntica en todos los casos hasta el curado. Unas losas fueron tratadas con componentes de curado (CC) y otras fueron cubiertas con polietileno (PS) durante 28 días. Antes de cumplirse este plazo, a los 25 días de la colocación, algunas de estas losas PS fueron rociadas con componentes de curado (PS+CC) y, por otro lado, a algunas losas CC se les retiró el componente de curado con un solvente diluyente estándar (CCR).

### Programa y resultados de pruebas en laboratorio

Adicionalmente, para esta investigación, fabricantes de productos para terminaciones con espolvoreado seco proporcionaron losas que habían usado 4 tipos diferentes de cubiertas: la mitad curadas con componentes de curado y la mitad curadas con láminas de polietileno.

Todos los ensayos acelerados de abrasión de corto plazo fueron realizados 28 días después de la colocación del hormigón, de acuerdo con el estándar británico BS 8204: Parte 2: 1999. Mientras que las pruebas a largo plazo se hicieron 3 y 6 meses después.

Las pruebas de absorción superficial inicial (ISAT) en las mezclas de hormigón C35 y C40 fueron medidos a 28 días, 3 y 6 meses, de acuerdo con el estándar BS 1881: Parte 5: 1970, para evaluar los cambios de la superficie de las losas de prueba.

La tabla 3 muestra que la profundidad media de desgaste para losas con componente de curado, CC, fue de 0,02-0,03 mm, clasificando la calidad de la superficie como “especial” de acuerdo con BS 8204, sin considerar cuán-

do fue aplicado el producto. En algunos casos, éste fue aplicado inmediatamente después de la terminación y en otros, 25 días después de colocado el hormigón. En contraste, la profundidad media de desgaste de las mismas losas curadas con polietileno, PS, fue de 0,28-0,32 mm, catalogando la calidad de la superficie como "AR3". Al remover el componente de curado/sellado (losa CCR) se obtuvo una mejor calidad de hormigón, siendo su comportamiento similar al de las losas PS.

El hormigón especial de alta resistencia no obtuvo buenos resultados sin el componente de curado, debido principalmente a la baja trabajabilidad, que produjo una terminación superficial pobre.

Las terminaciones con espolvoreado seco resultaron eficientes con o sin componente de curado/sellado y las losas pueden ser clasificadas como "especial" (ver tabla 4).

La presencia del componente de curado/sellado sobre una superficie de confección pobre, redujo significativamente la profundidad de la abrasión, tanto en el hormigón simple como en el hormigón terminado con espolvoreado seco.

Queda claro que para hormigón simple y terminaciones de espolvoreado seco, la presencia de componentes de curado/sellado sobre la superficie genera resultados engañosos, particularmente con relación al comportamiento en el tiempo.

Los resultados de laboratorio a largo plazo para las pruebas aceleradas de abrasión y las de absorción superficial inicial (tabla 5) indican que la película superficial del componente de curado/sellado puede degradarse con el tiempo. Esto quedó demostrado por las mayores profundidades de desgaste y porcentajes más altos de absorción en las muestras con componentes de curado/sellado, comparadas con las muestras curadas con polietileno. Para confirmarlo, muestras adicionales están siendo expuestas a luz ultravioleta para test de largo plazo hasta 18 meses.

### **Pruebas en terreno de pisos nuevos y en servicio**

Para este experimento, se utilizaron 5 losas industriales recién construidas (A, B, D, E y F)

y dos más antiguas, en servicio (C y G). En las A y B, algunas secciones del piso fueran curadas con componentes de curado/sellado (CC) y otras, con capas de polietileno (PS). 25 días después de la colocación del hormigón, una parte de la losa curada con polietileno fue rociada con componente de curado/sellado (losa CCA). Por otra parte, en algunas de las losas tratadas con componente de curado se utilizó solvente para remover el producto (losa CCR).

En las losas D, E, y F, se usaron sólo 2 secciones: una con PS y una con CC.

Los pisos industriales más antiguos, C y G, habían sido expuestos a tráfico normal por 18 meses. En cada uno se hizo la prueba acelerada de abrasión en dos áreas separadas:

1. Área de tráfico normal de carga.
2. Áreas no expuestas a ningún tipo de tráfico, bajo estanterías o escaleras.

Los resultados de los tests acelerados de abrasión in situ para losas recientemente construidas están resumidos en la tabla 6. Bajo el test de abrasión, todas las losas CCA (losas con PS y rociadas a los 25 días con CC) fueron clasificadas como "especial", de acuerdo con BS 8204. Sin embargo, sin el componente de curado/sellado, la categoría es reducida significativamente a "AR2/AR3".

Removiendo el componente de curado/sellado parece reducirse la resistencia a la abrasión, comparado con el curado con PS, pero aplicando el diluyente puede haberse producido una superficie más áspera para dar este resultado. Los resultados para las losas de pisos industriales de hormigón construidas recientemente son generalmente consistentes y confirman los informes de laboratorio.

La tabla 7 resume los resultados de tests de abrasión en losas de hormigón en servicio, C y G. Claramente, donde la losa de piso había sido normalmente traficada, la profundidad de desgaste fue significativamente mayor que donde la superficie de hormigón no había sido traficada. Eso implica que, una vez que el componente de curado superficial ha sido removido por degradación o desgaste, el comportamiento de la losa depende exclusivamente de la calidad del hormigón residual. Los resultados de las losas en servicio indican que la eficiencia del componente de curado/sellado se reduce con el tiempo y con el tipo de exposición.

### **Discusión general y conclusiones**

- El componente de curado/sellado forma una película superficial responsable principalmente de resistir las fuerzas de abrasión. Una vez que esta capa es traspasada, las fuerzas de abrasión son resistidas exclusivamente por la base de hormigón.
- La resistencia a la abrasión debida a la presencia de componentes de curado/sellado se reduce con el tiempo y la exposición al tráfico normal. En una situación industrial, el efecto fue significativamente bajo después de 18 meses de servicio.
- Un buen curado temprano produce una mejor resistencia a la abrasión, y la efectividad de los productos de curado/sellado es valiosa en este aspecto.
- El uso de polietileno no es una propuesta práctica para pisos grandes.
- El uso de componentes de curado/sellado presentan una estrategia efectiva de curado.
- En los tests de laboratorio pueden darse resultados inexactos, debido a que la película superficial del componente de curado/sellado produce una superficie más lisa que puede reducir las fuerzas de fricción entre ella y las ruedas de rodado de la máquina de prueba acelerada de resistencia a la abrasión. Se obtiene una clasificación de la losa significativamente más alta, especialmente con respecto al comportamiento en el tiempo.
- La remoción del componente de curado/sellado puede influir los resultados de las pruebas aceleradas de abrasión, aunque producirán resultados más exactos.

### **Por primera vez en Chile, en Expo Hormigón ICH 2003**

Durante la última Expo Hormigón, se realizó una demostración del ensayo de resistencia a la abrasión, con un equipo traído especialmente desde Inglaterra por el ingeniero civil y PhD. Massud Sadegzadeh, experto en medición de desgaste de pisos de la Universidad de Aston, Inglaterra. La prueba se aplicó sobre losas de pisos industriales terminadas, a las que se aplicaron distintos endurecedores.

La incorporación de este ensayo en la industria de la construcción chilena de pisos permitirá fijar estándares de eficiencia y calidad a los pisos industriales. ▲

# EXPO HORMIGÓN ICH SE HA TRANSFORMADO EN UN REFERENTE PARA CHILE Y LA REGIÓN

*El creciente atractivo de Expo Hormigón se debe principalmente a que es la única feria tecnológica que permite al público visitar y conocer las tecnologías, aplicadas en una obra real. El ICH ha tenido la visión y el acierto de elegir, entre distintos avances que hay a nivel mundial, aquellos que pueden ser implementados en nuestro país.*

*En Expo Hormigón ICH 2003 se mostraron estándares de calidad factibles de ser incorporados en el nuevo sistema de especificaciones técnicas en Chile.*

Entre el 1º y 4 de octubre de 2003 se realizó en Espacio Riesco la 4ª Feria Internacional EXPO HORMIGÓN ICH, centrada en el tema "Albañilería y Pavimentos de Hormigón". En esta ocasión, se inauguró el nuevo recinto de exhibiciones "Pabellón del Hormigón", una estructura de 60 x 60 m de planta libre, de 12 m de altura, completamente prefabricada, estructurada con pilares inclinados y vigas atirantadas de 48 m de luz, diseñada con elementos esbeltos de hormigón. Durante la EXPO y frente al público asistente se realizó el montaje de la 5ª y última viga de la estructura.

Como años anteriores, en la Expo Hormigón ICH 2003 participaron expertos internacionales, dictando 20 charlas y asesorando el trabajo en terreno, con experiencia, máquinas y equipos de última generación.

En la inauguración participaron altas autoridades nacionales y extranjeras, entre ellas el Vice-Ministro de Obras Públicas de El Salvador, y delegaciones de empresarios y profesionales de Argentina, Colombia, El Salvador, Guatemala, Ecuador y Uruguay.

El presidente de la Cámara Chilena de la Construcción, Fernando Echeverría, destacó el papel protagónico del ICH en investigación y en la introducción en Chile de tecnología de punta de excelente calidad, con innovadores sistemas constructivos, maquinarias, equipos y materiales.

Por otro lado, Héctor López, en representación del MINVU, opinó que la Expo Hormigón ICH se ha transformado en un importante referente para Chile y la región, porque permite ver tecnología para construcciones privadas y para obras públicas, además de ser una instancia para capacitar a los profesionales y retoolimentar la industria de la construcción.

Estuvieron presentes autoridades técnicas de los SERVIU de todas las regiones, visitando las obras y asistiendo a las charlas que se ofrecieron.

## SISTEMAS CONSTRUCTIVOS Y HERRAMIENTAS DE ÚLTIMA GENERACIÓN

### *Pavimentación en Av. El Salto.*

Una de las novedades vistas en la Expo Hormigón ICH fue la pavimentación en un día, de un tramo de avenida El Salto, entregado al uso público en 19 horas. El hormigón utilizado fue un HF 4,8-80(40)5 que da una resistencia de diseño de 5,2 MPa. Se utilizó polietileno con burbujas colocado una vez realizado el corte, para acelerar el endurecimiento, lo que dio una resistencia más que suficiente para entregar al tráfico a las 19 horas. Se utilizó tren pavimentador sin platacheros detrás y un nuevo sistema de cortes con sierra delgada de 2 mm de espesor, inventado en Chile, que permite dejar los cortes sin sellar. Se obtuvo un pavimento muy suave con IRI menor a 1,5 y se comprobó que es posible cumplir con una alta productividad. El avance del tren fue de 120 metros por hora en un ancho de 7 metros.



El 27 de octubre se realizó la inauguración oficial del pavimento de hormigón de 800 mt de largo por 7 m de ancho, que corresponde a de la primera etapa de pavimentación y remodelación de Av. El Salto, en la comuna de Huechuraba. Esta obra demuestra que habiendo una buena coordinación entre las partes, las cosas se pueden hacer rápido y bien y se puede innovar en beneficio del país. El ICH se alegra de haber contribuido con esta obra en del desarrollo urbano de una comuna emergente.

En la inauguración estuvieron presentes autoridades de la Municipalidad de Huechuraba, de Espacio Riesco y del ICH, siendo amenizada por la orquesta comunal de estudiantes.



*En la foto (de izq. a der.) Daniel Pineda y Cristián Masana del ICH, Patricia Ramírez, Jefa SECPLAN Huechuraba, María Carolina Plaza, Alcaldesa de la I. Municipalidad de Huechuraba, Francisco Fernández, ICAFAL, y Jorge Andaur, Ingeniería Civil Vicente.*





### Muro de albañilería postensada

Albañiles norteamericanos levantaron el primer muro de albañilería postensada en Chile y construyeron el primer piso de una vivienda de bloques de hormigón, mostrando las diferencias que existen con los sistemas constructivos chilenos. El rendimiento mostrado por los albañiles americanos superó en más de cinco veces el rendimiento típico de albañiles chilenos. Los morteros de pega utilizados fueron distintos. El rendimiento requiere de morteros y herramientas adecuadas y diferentes. En el ICH se encuentra un set de herramientas traídas especialmente para utilizar en la Expo, las que permiten mejorar la productividad.



En la foto aparecen los albañiles norteamericanos: Eliseo Roacho, Dennis Withosky y Raúl Montano, junto a Juan Pablo Covarrubias y a un albañil chileno.



### Vivienda de dos pisos con sistema industrializado de moldajes

También se construyó una segunda vivienda de dos pisos con un sistema industrializado de

moldajes, en los que se incorporó aislación térmica. Se utilizó hormigón autocompactante para ahorrar tiempo y mano de obra. Se vio que con este sistema se puede construir un piso al día.



### Pavimentos de adoquines con sistemas drenantes

Se construyeron 150 m<sup>2</sup> de pavimentos de adoquines con sistemas drenantes que permiten la infiltración del agua al terreno disminuyendo el escurrimiento superficial. Estos pavimentos son ideales para zonas de tránsito de vehículos livianos, tránsito peatonal y estacionamientos.



### Muro para estudio de fisuramiento

Se construyó un muro de 20 metros de largo para estudio de fisuramiento del hormigón y para mostrar la forma de preparar moldajes para hormigón a la vista.



### Montaje última viga del Pabellón del Hormigón

Se montó la última viga prefabricada de hormigón de 48 m. en el pabellón de 60 m. de luz libre, del nuevo salón de exhibiciones "Pabellón del Hormigón".



### Uniones híbridas en prefabricados

Se incorporaron los pilares y las vigas del 4º piso del edificio de hormigón prefabricado con unión híbrida. Este es un sistema de alta capacidad sísmica con el que se puede montar un piso diario de un edificio en altura.



### Ensayo de resistencia a la abrasión

Se realizó el ensayo de resistencia a la abrasión, con un equipo traído especialmente desde Inglaterra, en losas de pisos industriales con distintos endurecedores. La incorporación de este ensayo permite recibir por calidad los pisos industriales, cuyas medidas se efectúan en terreno, sobre la losa terminada. Este es un nuevo avance para las especificaciones técnicas por comportamiento y con menos conflictos.



### Concurso "Placa ICH"

Una de las actividades que causó más expectativa en Expo Hormigón ICH fue el concurso que se realizó para estudiantes, con el fin de motivarlos en el desarrollo tecnológico del hormigón:

El ICH invitó a participar en el concurso "Placa ICH", que consistía básicamente en el diseño y construcción de una placa de hormigón que llevara inscrito el logotipo e isotipo del ICH.

Participaron 24 proyectos, compuestos por más de 90 estudiantes de las siguientes entidades educacionales: Liceo Felipe Cortés El Mellón, Liceo Industrial Rafael Donoso Carrasco, Liceo Industrial Oscar Corona Barahona, Universidad Técnica Federico Santa María Sede Talcahuano, Universidad de Valparaíso, DUOC UC, INACAP – Sede Santiago y Sede Iquique, Pontificia Universidad Católica de Chile, Universidad de la Serena, Liceo Politécnico Andrés Bello, Liceo Industrial Hernán Valenzue-

la Leyton, Liceo Industrial Víctor Bezanilla Salinas, Universidad de Santiago de Chile, Instituto Profesional del Valle Central, Instituto Profesional Aiep, Universidad de la Frontera.

El jurado estuvo compuesto por Patricio Downey, Cemento Polpaico; Jaime Reyes, Cementos Bío Bío; Renato Vargas, ICH; Soledad Linier, Empresas Melón; Teodoro Smidth y Jay Shilstone, de USA.



Con el primer lugar se distinguió a los estudiantes de INACAP, Sede Iquique, a cargo del Profesor Fernando Farías y el grupo estuvo compuesto por los estudiantes de Construcción Civil: Gerardo Moraga, Héctor Reyes, Carlos Araya, Manuel Rojas y Humberto González.



El segundo lugar lo obtuvieron los estudiantes de la Universidad de Valparaíso, Escuela de Construcción Civil, a cargo del profesor Gastón Soto, cuyos integrantes fueron: Karim Lues, Leonardo Garrido, Ulises Russ, Pablo Fuentes, Flavio Fuentealba.



El tercer lugar se entregó al grupo de estudiantes del Liceo Industrial Víctor Bezanilla Salinas, compuesto por su profesor guía Juan Osorio y los integrantes Jonathan Garrido, Luis Pacheco y Carlos Godoy.



Se otorgaron además cuatro menciones honoríficas a los estudiantes de la Universidad Técnica Federico Santa María, de la Universidad de la Frontera y a dos grupos de la P. Universidad Católica de Chile. ◀

# Noticias

## ICH PREPARA PRÓXIMA EXPO HORMIGÓN ICH 2004

Se está organizando la 5ª Versión de EXPO HORMIGÓN ICH, en el tema "Vivienda Industrializada y Albañilería de Ladrillos". Este año se presentará un enfoque distinto basado principalmente en mostrar en forma clara los detalles constructivos que conducen a obtener una mayor calidad y productividad en las obras. Se darán a conocer la experiencia de versiones anteriores de EXPO HORMIGÓN ICH y las novedades tecnológicas en temas como pisos industriales, moldajes, prefabricados, pavimentos, entre otros.

La exposición se llevará a cabo desde el miércoles 29 de septiembre al 02 de octubre de 2004, en Espacio Riesco.

Mayor información disponible a partir del mes abril en [www.expohormigon.cl](http://www.expohormigon.cl)

# Carl Lüders Schwarzenberg

## Premio “Trayectoria Profesional” ICH 2003:

*“Si nosotros no investigamos, la innovación va a venir de afuera.”*

Ingeniero civil de la Universidad Católica y diplomado en “Análisis de Vibraciones”, en la Technische Hochschule de Darmstadt, Alemania, Carl Lüders ha entregado más de 40 años a la docencia y a la investigación en la UC, aportando su experiencia y preparando a los nuevos profesionales. Paralelamente acaba de crear la empresa SIRVE “Sistemas Innovativos para la Reducción de Vibraciones en Estructuras”, junto a Juan Carlos de la Llera.

Desde el tema de la memoria de título, “Desarrollo de un Proyecto de Laboratorio de Ingeniería Antisísmica de Dinámica de Estructuras para la UC”, su especialidad ha sido siempre la ingeniería antisísmica. Dentro de ella, ha dedicado por lo menos 15 años a la aislación sísmica.

*“Suponiendo que se va a producir un movimiento que no podemos impedir, la ingeniería antisísmica estudia cómo podemos construir en forma segura y económica sobre ese tipo de suelo, para sobrevivir a ese movimiento sin problemas.”*

Carl Lüders Schwarzenberg descendiente de alemanes por ambos lados, aunque su madre ya es tercera generación en Chile. Su hermano mayor, Rolf, es ingeniero comercial, y el menor, Hans, es médico. Está casado hace 38 años y tiene 4 hijos.

Desde que era estudiante del Colegio Alemán, siempre se interesó en los procesos científicos y en la investigación. En este marco, reconoce que podría haber estudiado cualquier cosa, porque en

todas partes se encuentran desafíos y cosas que resolver y que innovar.

*“Si yo hubiera tenido que estudiar medicina, también podría haber sido feliz como médico; o como economista... Cuando entré a la universidad, mi idea era estudiar ingeniería y después arquitectura, para complementarla. Pero cuando terminé ingeniería me di cuenta que a lo único que podía dedicarme era a una fracción, a una pequeña parte de la ingeniería, ni siquiera a la ingeniería en toda su amplitud.”*

También le hubiera gustado estudiar filosofía, por todo lo que tiene que ver con el razonamiento. *“Es todo lo mismo. Al final de cuentas, todo se junta.”*

Lo que sí es seguro es que nunca podría haber sido literato: *“Me aburre la lectura, que es siempre tan extendida. Para poder decir algo, los autores se demoran 20 páginas. Algo que podrían decir en dos fra-*



*ses, ¿para qué tan largo? Esas cosas me aburren tremendamente. Quieren crear todo un ambiente y que la luz y que el sol y que donde están, en vez de ir directamente y decir qué está pasando.”*

Durante muchos años, Lüders ha sido colaborador del INN (Instituto Nacional de Normalización) y ha participado en la redacción de la nueva norma antisísmica chilena. *“Es una instancia muy importante, tanto en hormigón armado como en el diseño antisísmico de edificios residenciales, de edificios industriales, de albañilería.”*

**¿En qué nivel de desarrollo de la ingeniería antisísmica está Chile comparado con Japón, Estados Unidos u otros países?**

*“Estamos en muy buen nivel, en general, por varias razones: todos los profesores chilenos están formados afuera, las publicaciones son generalmente de nivel internacional y tenemos normas relativamente buenas y actuales. Creo que los niveles de desarrollo de la ingeniería antisísmica en los diferentes países son muy parecidos. Hoy, con Internet, los contactos internacionales son muy fluidos”*

**En los terremotos en Chile, ha habido menos muertos que en otros países; ¿se debe a que el suelo es más firme o a que la ingeniería es mejor?**

*“Yo creo que porque probablemente la ingeniería es mejor. Hay muchas víctimas en zonas en que la construcción es muy mala. A nosotros nos ayudó mucho el terremoto de Chillán, del año 39, porque de ahí en adelante, se acabaron las construcciones de*

adobe. En la construcción pequeña aparecieron todas las albañilerías confinadas con pilares y cadenas, que tienen un comportamiento extraordinariamente bueno. Ahí se produjo el gran salto. Luego, como consecuencia del terremoto de 1960, en Valdivia, se incentivó fuertemente la necesidad de tener una norma de diseño antisísmico de edificios, la que salió oficializada el año 72, aunque ya estaba vigente en cierta forma, porque sus bases se habían empezado a utilizar inmediatamente después del terremoto del 60. Los profesionales se interesaron mucho en todo lo que era ingeniería antisísmica y se pusieron a nivel mundial. Las construcciones nuestras tenían una gran ventaja por estar estructuradas en base a muros, que dan una seguridad muy importante comparativamente a las estructuras de marco que vimos en México y en EE. UU, porque pueden sufrir daños importantes, pero no colapso, lo que es elemental cuando hay vidas humanas que proteger.”

### ¿La principal preocupación de la ingeniería estructural es el comportamiento frente a los sismos?

“Depende. La ingeniería estructural también debe preocuparse de innovar. No nos podemos quedar en donde estamos. No podemos quedarnos satisfechos con lo que se ha logrado. Una de las tareas que debemos reforzar es la búsqueda de cosas nuevas que, por un lado, abaraten costos y aumenten la velocidad de la construcción y, por otro, aumenten la seguridad. Y eso se puede hacer. En eso se ha hecho poco acá en Chile.

Los programas FONDEF y FONTEC de CORFO, que dan financiamiento para la investigación en diferentes campos, se han aprovechado poco en la construcción. En Chile ésta todavía se mantiene más o menos tradicional y yo creo que puede sufrir una revolución importante que, si no la hacemos nosotros, va a venir de afuera. De alguna forma habría que alentar a las empresas constructoras a que traten de buscar sistemas nuevos de construcción.

“Hoy en día, las investigaciones se hacen a través de instituciones. ¿Por qué las empresas constructoras no investigan? Los fabricantes de materiales son distintos, ellos están más interesados en innovar. Pero las empresas constructoras, especialmente en todo lo que es prefabricación, pueden hacer avances importantísimos. No tenemos que esperar que éstos vengan de afuera.”

### ¿Es segura la construcción prefabricada?

“Si se hace bien, es absolutamente segura. Decir lo contrario es una disculpa. Hay que investigar un poquito más, ensayar y verificar que los prefabricados funcionen bien, y después hay que hacer control de calidad durante la construcción. En eso podemos mejorar mucho. Creo que la prefabricación es una de las cosas que deberíamos incentivar en forma muy, muy fuerte. Han aparecido ya algunos sistemas, por ejemplo, las uniones híbridas, que permiten incluso mejorar la disipación de energía.

“Nosotros tenemos la posibilidad de innovar. Si las empresas constructoras aprovechan las capacidades de investigación de las universidades, de las instituciones como el ICH y otras más la ayuda los programas FONTEC y FONDEF, yo creo que están dadas todas las condiciones para que nosotros desarrollemos sistemas absolutamente seguros y novedosos, sin tener que copiarlos del extranjero y pagar royalty. Al contrario, podríamos cobrar royalty a otros países subdesarrollados.”

### ¿Qué estaría trabando este desarrollo?

“No hay nada que lo esté trabando, simplemente la falta de imaginación. Cuando uno tiene una empresa constructora con suficiente trabajo y buenos márgenes de utilidad, tiende a pensar: ‘¿para qué voy a buscar cosas nuevas que naturalmente tienen incertidumbre?’ Es una forma de espíritu. Es evidente que en un momento dado esa empresa se va a quedar atrás y va a

quedar afuera, porque entrará otra gente con los sistemas nuevos, especialmente ahora con los tratados de libre comercio. Si quieren mantenerse siempre arriba y en la punta, tienen que investigar e invertir en investigación. Pero para eso la gente tiene que pensar de una forma distinta. Las empresas constructoras están preocupadas principalmente de mejorar los rendimientos, de reducir los costos. No están buscando innovación tecnológica, no es una de las prioridades de ellos, porque creo que así se lo han enseñado. Existen todos estos programas de MBA, de todo tipo, que están más enfocados a los sistemas de reducción de costos e incremento de la eficiencia, que a la innovación tecnológica. Pero como ya dije, en Chile tenemos todas las herramientas para hacer investigación.

### ¿Qué es lo que aún no logra materializar?

“Lo que más me preocupa actualmente es el hecho de no haber conseguido aún interesar a las empresas constructoras en buscar cosas y sistemas innovativos en construcción. Ahora estamos tratando de hacer algo en aislación sísmica, pero es bien difícil, porque la gente no quiere correr el riesgo de hacer cosas nuevas, a menos que sean muchísimo más económicas que las que ellos están haciendo. Cuando se trata de una tecnología que tiene ir evolucionando para llegar a ser más económicas y corren algún riesgo, entonces no quieren invertir. No estoy seguro de que hayamos vendido bien la idea. Es una de las cosas que hay que hacer en el futuro próximo, porque hay muchas cosas listas para partir. Es necesario entusiasmar a las empresas constructoras para que participen con algunos proyectos. Que no piensen que su aporte es una ayuda a los investigadores, sino por el contrario, una inversión para su propia empresa. Actualmente los que tenemos que empujar la investigación somos nosotros y no ellos. En el extranjero, en cambio, las empresas tienen normalmente sus propios laboratorios.”

# ICH en Reconstrucción de la Alameda

Para el ICH ha sido gratificante poder contribuir al desarrollo del país con soluciones técnicas de primer nivel. En este caso, se trata de la reconstrucción de parte de la Avenida Bernardo O'Higgins, necesaria para el proyecto TransSantiago que debería mejorar en forma considerable el sistema de locomoción colectiva.

El ICH se ha preocupado de estar al día en las tecnologías más avanzadas en el mundo y tener contacto permanente con los técnicos más importantes en cada materia. En la reunión anual del TRB (Transportation Research Board) en Enero del 2004, en que se juntaron este año 12 mil profesionales de todo el mundo, Juan Pablo Covarrubias, gerente del ICH, intercambió opiniones con estos técnicos y se pudieron afinar los detalles del proyecto.

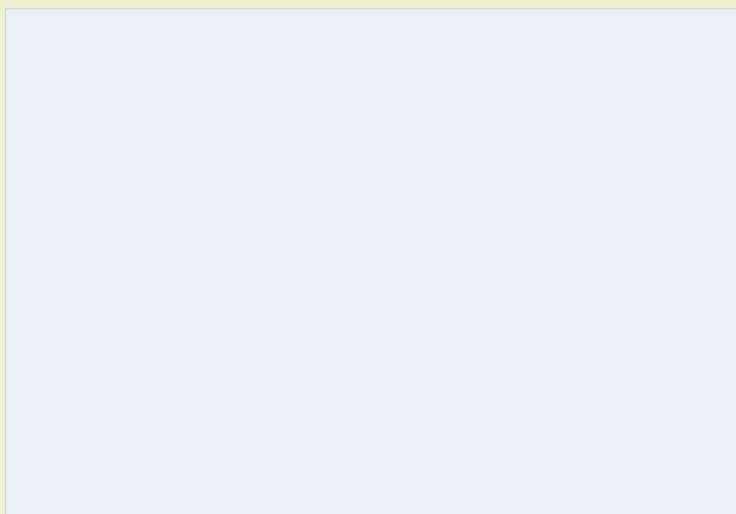
## Cuatro Técnicas Diferentes

En la Alameda existían cuatro tipos de pavimentos: hormigón con recapado asfáltico, losas antiguas de hormigón, adoquines con recapado asfáltico y pavimento de asfalto sin hormigón. En cada caso se utilizó una técnica diferente de reconstrucción.

**1 Recapado adherido de hormigón sobre hormigón.** Esta técnica consiste en colocar una capa delgada de hormigón sobre losas antiguas de hormigón. En el caso de la Alameda, primero se debieron sacar los 10 cm. de espesor del asfalto, más 2 cm. de hormigón del pavimento antiguo. Para esto se utilizó una fresadora, que por medio de un tambor con dientes de titanio demuele el material superficial, cargándolo inmediatamente en un camión mediante correas transportadoras. Las razones para eliminar la capa superficial de hormigón es retirar todo el material impregnado con aceites y goma de neumáticos, y dejar una superficie rugosa para mejorar la adherencia del hormigón nuevo sobre el antiguo. Este es el aspecto más importante para conseguir un buen resultado.

Es necesario que las losas antiguas estén estructuralmente sanas y no tengan muchas grietas. Por ello, en la Alameda se realizó una auscultación previa a los trabajos, que demostró que no existía gran cantidad de grietas reflejadas en la capa de asfalto, lo que hizo presumir que las losas del pavimento antiguo se encontraban en las condiciones requeridas.

Los detalles de esta alternativa: tener una superficie del hormigón antiguo sana, limpia y rugosa; contar con un hormigón fresco con



génea del hormigón nuevo, muy necesaria para asegurar la adherencia y lograr una superficie con buena lisura, IRI inferior a 2 m/km. Se utilizó hormigón normal HF 4,8 (48 kg/cm<sup>2</sup> de resistencia a la flexotracción a los 28 días) con 80% de nivel de confianza. Esto corresponde a un hormigón de 5,2 MPa de resistencia media.

suficiente mortero para conseguir una buena compactación y eliminación del aire atrapado en la interfaz entre ambos hormigones; evitar el alabeo para que los bordes de las losas no se suelten y se rompan.

Se debe tener en cuenta que la capa de hormigón nuevo es de aproximadamente 12 cm. de espesor. Además de esto la carpeta nueva debe cortarse en toda su profundidad en los bordes de las losas antiguas. Si no se realiza este corte es posible que se despegue en los bordes al tratar de tomar las fuerzas de traspaso de carga entre losas. Esta carpeta es muy delgada para soportar estos esfuerzos.

Para conseguir la adherencia necesaria, de 1,4 MPa a tracción, se utilizó un puente de adherencia de mortero con látex colocado mediante escobillado, para asegurar la eliminación del aire en la interfaz, inmediatamente antes que el hormigón. Se debe evitar que este mortero se seque antes de colocar el hormigón.

Para evitar el alabeo se realizó un corte de pequeños tramos dentro de la superficie de cada losa, entre los cortes de toda la profundidad en los bordes. Estos cortes son de 3 cm. de profundidad para cortar las tensiones producidas por retracción de la fibra superior del hormigón. Los cortes se ejecutaron con una sierra de corte con diamantes de 2 mm. de espesor que fue mostrada en Expo Hormigón ICH - 2003. Dado su poco espesor, no requirieron sello para evitar el ingreso de partículas que dañan el canto de las juntas. Para impedir la entrada del agua en las juntas de las losas antiguas, se selló en forma tradicional.

La construcción se hizo con tren pavimentador para asegurar una compactación homo-

En el trabajo se utilizaron frazadas para aumentar la temperatura del hormigón y lograr una alta resistencia a temprana edad, y para evitar altos gradientes térmicos en los primeros días, mejorando las condiciones de adherencia. Las resistencias logradas con las frazadas permitirían abrir la avenida al tráfico a las 24 horas, tiempo en que se estima que la resistencia a la compresión del hormigón es mayor a 200 kg/cm<sup>2</sup>. Se debe tener presente que el hormigón nuevo, al estar en la superficie del hormigón antiguo, estará sometido a tensiones de compresión.

Antes de colocar las frazadas, se puso una membrana de curado sobre la superficie inmediatamente después del platacheo, o de la terminación del tren pavimentador, la que se repasó en la zona de corte de las juntas una vez realizado.

- 2 Recapado de hormigón sobre pavimento de adoquines.** El procedimiento consistió en sacar el asfalto de la carpeta existente, limpiar los adoquines para eliminar trazas de aceite y neumáticos y sobre ellos, colocar el puente de adherencia de mortero con látex. El resto del proceso fue similar al recapado indicado anteriormente.
- 3 Rehabilitación del pavimento de hormigón existente (RPH).** Se trata de prácticas de reparación de daños menores existentes y de la aplicación de la tecnología de Diamond Grinding o cepillado para dejar una superficie lisa, con IRI menor a 2 m/km. Se sellaron las juntas y grietas.
- 4 Pavimento de hormigón.** Ésta fue la última solución constructiva para los tramos antiguos asfaltados. Se retiró el asfalto y se pavimentó con hormigón en todo el espesor. ◀